



SÜT VE TEREYAĞINDA AFLATOKSİN M1 ARANMASI

Mohammed Nooruldeen Saeed HIZO

**2022
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA TOKSİKOLOJİSİ**

**Tez Danışmanları
Prof. Dr. Hasan SOLMAZ
Dr. Öğr. Üyesi Miraç UÇKUN**

SÜT VE TEREYAĞINDA AFLATOKSİN M1 ARANMASI

Mohammed Nooruldeen Saeed HIZO

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Gıda Toksikolojisi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanları
Prof. Dr. Hasan SOLMAZ
Dr. Öğr. Üyesi Miraç UÇKUN**

**KARABÜK
Eylül 2022**

Mohammed Nooruldeen Saeed HIZO tarafından hazırlanan “SÜT VE TEREYAĞINDA AFLATOKSİN M1 ARANMASI” başlıklı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Tez Danışmanı, Gıda Toksikolojisi

Dr. Öğr.Üyesi Miraç UÇKUN

Eş Danışman, Biyoloji Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından ile Gıda Toksikolojisinde yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 01/09/2022

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Hasan SOLMAZ (KBÜ)

.....

Üye : Prof. Dr. Mehmet ÖZDEMİR (KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Mukadderat GÖKMEN (BÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, yüksek lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Mohammed Nooruldeen Saeed HIZO

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SÜT VE TEREYAĞINDA AFLATOKSİN M1 ARANMASI

Mohammed Nooruldeen Saeed HIZO

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Toksikolojisi Anabilim Dalı

Tez Danışmanları

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Miraç UÇKUN

Eylül 2022, 45 sayfa

Bu çalışmada, 2022 ilkbahar mevsiminde, Türkiye ve Irak'taki bazı yerleşim yerlerinde tüketime sunulan inek, koyun, keçi, manda çiğ sütlerinde ve inek tereyağında aflatoksin M1 (AFM1) varlığı araştırıldı. Yasal mevzuat dikkate alınarak insan sağlığı yönünden tehlike oluşturup oluşturmadığı belirlendi. Sütlerdeki toksin içerikleri yerleşim yerleri arasında karşılaştırma yapıldı. Çalışmada, 60 adet çiğ koyun sütü, 50 adet çiğ inek sütü, 30 adet çiğ manda sütü, 30 adet çiğ keçi sütü ve 40 tereyağı örneği toplanarak ELISA yöntemi ile analizleri yapıldı. Koyun sütü Ankara (Ayaş ve Hasanoğlan Köyü) ve keçi sütü Ankara (Ayaş) örneklerindeki AFM1 düzeyi koyun sütü Musul (Telefer- Musul-Karakoyun Köyü-Aljazira) ve keçi sütü Musul (Telefer- Musul) AFM1 düzeyine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu, ancak Avrupa Birliği ve Türk Gıda Kodeksi (TGK) limitini aşmadığı görüldü. Manda sütü (Musul) ve inek tereyağı (Musul-Karakoyun Köyü)

örneklerindeki AFM1 düzeyi manda sütü (Kayseri) ve inek tereyağı Ankara (Ayaş-Elmadağ-Akçaali ve Mamak-Bayındır) AFM1 düzeyine göre istatistiksel olarak önemli bir düzeyde yüksek olduğu görüldü. Manda sütü Musul (%100) ve inek tereyağı Musul-Karakoyun köyü (%80) AFM1 düzeyi yüksek bulundu ve Türk Gıda Kodeksi limitini aştığı görüldü. Ankara inek sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin Musul'daki AFM1 düzeyine göre nisbi oranda yüksek olmasına rağmen, istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı gözlemlendi ($p>0,05$). Sonuç olarak, inek sütü örneklerinde Ankara (Bala-Hasanoğlan Köyü-Bayındır) (%37) ve Musul (Karakoyun Köyü-Telefer) (%25) AFM1 düzeyi yüksek seviyede bulundu ve TGK limitini aştığı görüldü. Bu örneklerde tespit edilen AFM1 varlığının halk sağlığı açısından önemli olduğu ve bu nedenle bu bölgede üretilen sütlerin sistematik olarak kontrol edilmesi gerektiği kanaatine varıldı. Bu çalışmada kaydedilen yüksek AFM1 konsantrasyonu seviyeleri, yemlerin depolanması sırasında mantar etkenleri ile kontaminasyon sonucu etkenlerin üreyerek toksin salgılamaları ile ileri gelmektedir. Yüksek seviyedeki AFM1 konsantrasyonunun insanlarda kanserojen olduğu, hayvan sağlığını olumsuz etkilediği, büyüme bozukluğuna ve bağışıklık baskılanmasına neden olabilmektedir. Bu riskleri önlemek için yemlerin depolanması konusunda hayvanların sütünde aflatoksin olasılığını azaltacak önlemler alınmalıdır. İyi tarım uygulamaları ile alınacak temel önlemler ile bu tür problemler kontrol edilebilir.

Anahtar Sözcükler : Aflatoksin, Süt, Tereyağı, ELISA.

Bilim Kodu : 10105.07

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

SEARCHFOR AFLATOXINS M1 IN MILK AND-BUTTER

Mohammed Nooruldeen Saeed HIZO

Karabük University

The Institute of Graduate Studies

Department of Food Toxicology

Thesis Advisors

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

Assist. Prof. Dr. Miraç UÇKUN

September 2022, 45 pages

In this study, the presence of aflatoxin M1 (AFM1) was investigated in the raw milk of cow, sheep, goat, buffalo and cow butter available for consumption in some settlements of Turkey and Iraq in the spring of 2022. Considering the legal regulations, it was determined whether it poses a danger to human health or not. Toxin contents in milk were compared between settlements . In this study, 60 raw sheep milk, 50 raw cow milk, 30 raw buffalo milk, 30 raw goat milk and 40 butter samples were collected and analyzed using ELISA method. It was observed that the AFM1 levels in sheep milk samples from Ankara (Ayash and Hasanoghlan Village) and goat milk samples from Ankara (Ayash) were statistically significantly higher than AFM1 levels in sheep milk samples from Mosul (Telefer, Mosul, Karakoyun village – Al-Jazira). However, it did not exceed the limit of the European Union and

Turkish Food Codex (TGK). It was noticed that the AFM1 levels in buffalo milk samples from Mosul and cow butter samples from Karakoyun village in Mosul were statistically significantly higher than AFM1 levels in buffalo milk samples from Kayseri and cow butter samples from Ankara (Ayash, Elmadagh, Akchaali and Mamak Bayindir). The high levels of AFM1 in Buffalo milk samples from Mosul (100%) and Cow butter samples from Mosul (Karakoyun village) (80%) showed a significant increase and exceeded the Turkish Food Codex limit. Although the level of AFM1 in cow milk samples from Ankara was relatively higher than the level of AFM1 in the samples from Mosul, it was observed that there was no statistically significant difference ($p>0.05$). As a result, AFM1 levels were found to be high in cow milk samples from Ankara (Bala, Hasanoghlan village and Bayindir) (37%) and Mosul (Karakoyun village and Telefer) (25%), and exceeded the TGK limit. It was concluded that the presence of AFM1 detected in these samples is important for public health and therefore milk should be systematically controlled. The high levels of AFM1 concentration recorded in this study are due to the growth and secretion of toxins by the agents as a result of contamination with fungal agents during the storage of feeds. High AFM1 concentration is carcinogenic in humans. It is known that it adversely affects animal health, causing growth disorder and immunosuppression. In order to prevent these risks, precautions should be taken to reduce the possibility of aflatoxin in the milk of animals in the storage of feeds. Such problems can be controlled with basic precautions to be taken with good agricultural practices.

Key Words : Aflatoxin, Milk, Butter, ELISA

Science Code : 10105.07

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasında insan yaőamının en önemli besinlerinden olan süt araőtırılmıőtır. Türkiye ve Irak'ın bazı yerleşim yerlerinde dar alanda süt ve süt ürünlerinde AFM1 aranması yapılmıő ve literatüre katkıda bulunulmuőtur.

Bu çalışmanın gerçekleőtirilmesinde öncelikle tez konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulunduran, değerli bilgilerini benimle paylaőan, her konuda yardımcı olan ve bunu yaparken güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen, gelecekteki mesleki hayatıma değerli bilgileriyle katkıda bulunan kıymetli danıőmanım Prof. Dr. Hasan SOLMAZ'a teőekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalıőmalarında ve tez yazımında bana yardımcı olan, değerli bilgilerini benimle paylaőan, uzak yoldan gelen, Adıyaman Üniversitesi'nin kıymetli hocaları tez ikinci danıőmanım Dr. Öğr. Üyesi Miraç UÇKUN'a ve Doç. Dr. Aysel ALKAN UÇKUN'a sonsuz teşekkür ederim. Tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili anneme, babama, kardeőime ve çekirdek aileme teőekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu alıőmayı KBUBAP-22-41-021 nolu proje ile destekleyen Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Kordinatörlüğüne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| KABUL..... | ii |
| ÖZET..... | iv |
| ABSTRACT..... | vi |
| TEŞEKKÜR..... | viii |
| İÇİNDEKİLER | ix |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | xiii |
| | |
| BÖLÜM 1 | 1 |
| GİRİŞ | 1 |
| | |
| BÖLÜM 2 | 4 |
| GENEL BİLGİLER | 4 |
| 2.1. SÜT ÖZELLİKLERİ VE BİLEŞİMİ..... | 4 |
| 2.2. MİKOTOKSİNLER | 5 |
| 2.3. AFLATOKSİNLER | 9 |
| 2.3.1. Aflatoksinlerin Sağlık Üzerine Etkisi..... | 10 |
| 2.3.2. Aflatoksin M1 ile İlgili Yasal Düzenlemeler..... | 11 |
| | |
| BÖLÜM 3 | 13 |
| GEREÇ VE YÖNTEM | 13 |
| 3.1. SÜT ÖRNEKLERİNİN TEMİNİ..... | 13 |
| 3.2. SÜT ÖRNEKLERİNİN AFLATOKSİN M1 ANALİZINE HAZIRLANMASI | 15 |
| 3.3. AFLATOKSİN M1'İN ELISA YÖNTEMİYLE TESPİTİ..... | 16 |
| 3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER..... | 18 |

| | |
|-------------------------|----|
| BÖLÜM 4 | 19 |
| BULGULAR | 19 |
| | |
| BÖLÜM 5 | 30 |
| TARTIŞMA | 30 |
| | |
| BÖLÜM 6 | 37 |
| SONUÇ VE ÖNERİLER | 37 |
| | |
| KAYNAKLAR | 38 |
| | |
| ÖZGEÇMİŞ | 45 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| Şekil 2.1. Sütün besin bileşenleri. | 4 |
| Şekil 2.2. Mikotoksinlerin insanlara bulaşma yolları..... | 6 |
| Şekil 2.3. Mikotoksin azaltma stratejileri..... | 7 |
| Şekil 2.4. Yem ve besin zincirinde mikotoksin maruziyeti riski..... | 9 |
| Şekil 2.5. Aflatoksin B1 ve Aflatoksin M1' in Kimyasal Yapısı | 12 |
| Şekil 3.1. AFM1 standartlarının konsantrasyonları (ppt) AFM1 standartları için kalibrasyon eğrisi (0-100 ppt). | 14 |
| Şekil 3.2. Kombine süt ve tereyağı örnekleri. | 15 |
| Şekil 3.3. Santrifüj (NUVE NF 1200R Türkiye)..... | 15 |
| Şekil 3.4. ELISA test kiti (Ürün No.: 10002120)..... | 17 |
| Şekil 3.5. Sonuçların okunması. | 17 |
| Şekil 4.1. Örnekleme noktalarına göre koyun sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri. | 24 |
| Şekil 4.2. Örnekleme noktalarına göre inek sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri. | 26 |
| Şekil 4.3. Örnekleme noktalarına göre manda sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri. | 27 |
| Şekil 4.4. Örnekleme noktalarına göre keçi sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri. | 27 |
| Şekil 4.5. Örnekleme noktalarına göre inek tereyağı sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri. | 28 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| Çizelge 2.1. Dünya’da ve Türkiye’de süt ve tereyağı üretim miktarları | 5 |
| Çizelge 3.1. AFM1 analizinde kullanılan standartların absorbands değerlerine göre elde edilen referans aralıkları..... | 14 |
| Çizelge 4.1. Çiğ süt ve tereyağı örneklerinde aflatoksin M1 konsantrasyonu ve dağılımı. | 21 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

| | |
|------|--------------------|
| °C | : santigrat derece |
| AFM1 | : aflatoksin M1 |
| AFB1 | : aflatoksin B1 |
| AFB2 | : aflatoksin B2 |
| AFG1 | : aflatoksin G1 |
| AFG2 | : aflatoksin G2 |
| FB1 | : fumonisin B1 |
| FB2 | : fumonisin B2 |
| g | : gram |
| kg | : kilogram |
| L | : litre |
| mg | : miligram |
| ml | : mililitre |
| µg | : mikrogram |
| µl | : mikrolitre |

KISALTMALAR

Dk : dakika

DON : trikotesenler deoksinivalenol

ELISA : enzyme linked immuno sorbent assay

HPLC : yüksek performanslı sıvı kromatografisi

LCMS : sıvı kromatografi-kütle spektrometresi

LFIA : immünoansörler ve lateral immünoassay

NIV : nivalenol

TGK : Türk Gıda Kodeksi

TLC : ince tabaka kromatografisi

UV : ultraviyole

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Süt, yaşamın ilk yıllarından itibaren insan sağlığının gelişmesi ve korunması için gerekli birçok besin maddesini içeren, besleyiciliği yüksek bir besindir. Ancak bilimsel araştırmalar, sütün aynı zamanda çevresel ve gıda kirleticilerinin taşıyıcısı olabileceğini ve bunların sağlık üzerindeki olası olumsuz etkilerini de göstermiştir. Sütte bulunan mikroorganizmalar ve metabolitleri, doğum yapan memelilerin sıvılarına ve dokularına geçerek sağlıklarına zarar verebilmektedir [2]. Süt ve süt ürünleri insanlar için temel besinlerdir. Ancak, sütün elde edildiği hayvanların bulunduğu çevresel şartlara, beslenmelerinde kullanılan yem kalitesine, sağım koşullarına ve sağım sonrası sütün işleme sürecine bağlı olarak veteriner ilaçları, pestisit, mikotoksin, ağır metal, GDO ürünleri ve dioksin benzeri kimyasalların kalıntıları ile kontamine olabilirler. Bu gibi nedelerden dolayı süt ve süt ürünleri insan sağlığı açısından risk taşıyabilirler. [38]. Yenilebilir hayvan kaynaklı ürünler arasında en yüksek aflatoksin içeriğine sahip süt ve süt ürünleridir. Süt, yetişkinlere göre daha hassas olan çocukların beslenmesinde de bol miktarda tüketilmektedir. Bu nedenle süt ve süt ürünlerinde bulunan aflatoksinler halk sağlığını tehdit eden önemli sorunlardan biridir [4]. Gıdaların aflatoksin ile kontaminasyonu üç yolla gerçekleşir: Doğrudan, dolaylı ve yeniden yerleşim.

Doğrudan kontaminasyon, gıdada mikotoksin üreten küf oluştuğunda ve üreyen küfler mikotoksin oluşturduğunda meydana gelir. Dolaylı kontaminasyon, mikotoksinler ham maddeler veya yardımcı maddeler ile kontamine olduğunda ve gıda üretiminde kullanıldığında meydana gelir. Röle kontaminasyonu (röle kalıntısı); AFB1 ile kontamine yemle beslenen emziren hayvanlar, vücutlarına giren ve AFM1 şeklinde süte geçen bu toksinleri metabolize ettiğinde ortaya çıkar [57]. Süt ve süt ürünleri, aflatoksin M1 gibi sağlığı tehdit eden elementleri insan diyetine sokma potansiyeline sahiptir [22]. Toksin, AFB1'in ilk alımından 12-24 saat sonra sütte tespit edilebilir. AFB1 uygulaması durdurulduğunda, sütteki AFM1 konsantrasyonu 72 saat sonra tespit edilecek seviyeden düşer [8].

Aflatoksinler, akut zehirlenmeden (aflatoksikoz), hepatosellüler karsinomdan, çocuklarda büyüme bozukluğundan ve immünoşpresyondan sorumludur. Gerçekten de, sütün insan diyetindeki, özellikle bebek beslenmesindeki temel rolü nedeniyle, sütün ürünlerinde AFM1 bulunması, gıda güvenliği ve halk sağlığı için önemli bir tehlike olarak kabul edilmektedir [54].

Tarımsal ürünlerin mikotoksin kontaminasyonu insan sağlığı için ciddi bir tehdittir. Tehditlerden biri de mantarlardır. Mantarlar insan sağlığında önemli bir rol oynayan en büyük ikinci ökaryot grubudur. Mantarların çevrede ve besin zincirinde yaygın olarak bulunması, onları insanlar için tehlikeli hale getirir [15]. İnsan ve hayvan tüketimine yönelik tarım ürünleri, mikotoksinler adı verilen ikincil toksik mantar metabolitleri ile kontamine olabilir. Kirlenme hasattan önce veya hasat sırasında veya uygun şekilde depolanmadıklarında (yani yetersiz sıcaklık ve nem koşulları) meydana gelebilir. Hayvan yemlerinden elde edilen mikotoksinler, insan tüketimi için gıda üretiminde kullanılan hammadde olan hayvan dokularına veya sıvılarına ulaşabilmektedir. Kirlenmiş gıda ve yemler, insanlarda ve hayvanlarda çeşitli sağlık sorunlarına ve ekonomik kayıplara neden olabilir. Aynı substratta farklı mikotoksinlerin aynı anda ortaya çıkması muhtemeldir. Bunun nedeni, bir tür mantarın birkaç mikotoksin üretebilmesi ve sıklıkla istila edilmiş bir substratın çeşitli küf türleri içermesidir. Tek bir üründe birkaç mikotoksinin birlikte ortaya çıkması durumunda, katkı maddesi veya sinerjiktoksik etkiler beklenebilir [35].

Aflatoksinler her yerde bulunur ve diğer gıda ve tarım ürünlerinin yanı sıra tahıllar, kabuklu yemişler, sütün ürünleri de dahil olmak üzere çeşitli gıda ürünlerinde bulunur. Küresel gıda mahsullerinin yaklaşık %60 ile %80'inin mikotoksinlerle kontamine olduğu öne sürülmektedir. Yine de bu rakamlar şaşırtıcıdır. Dünya nüfusunun büyük bir kısmı, aflatoksin ve bir dizi başka mikotoksine maruz kalmayla ilişkili risklerle karşı karşıyadır. Gıda bozulmasıyla ilgili yazılı insan hastalıkları ve ölüm kayıtları, mikotoksinlerin, belki de insanların gıda için ekin üretimine dahil olmaya başlamasından bu yana, uzun bir süre boyunca insanları rahatsız ettiğini öne sürmektedir [9].

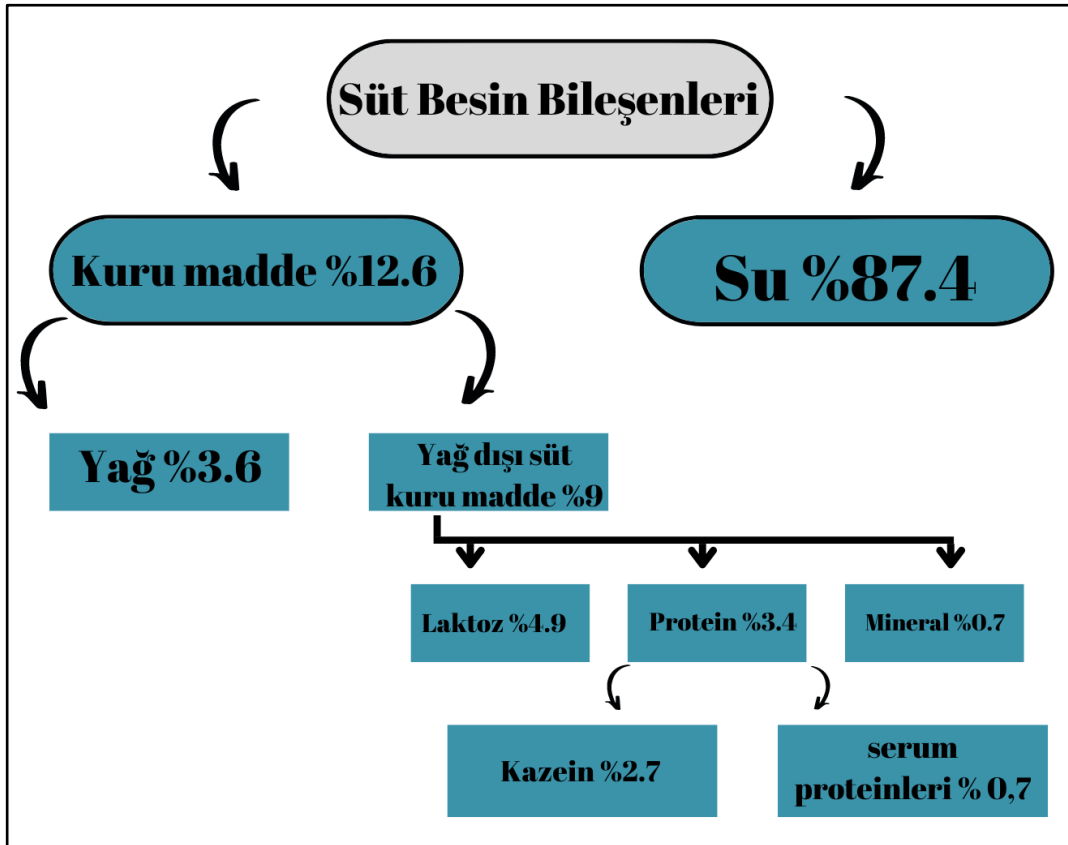
Süt, tüketilmesi gereken insan besin zincirinin önemli bir bileşeni olduğundan, sütte AFM1'in varlığı kritik bir halk sağlığı sorunu olabilir. Özellikle emziren anneler, bebekler ve yaşlılar tarafından süt ve süt ürünlerinde bulunan aflatoksin M1 (AFM1) miktarı çok önemlidir. AFM1, süt ve süt ürünlerinde nispeten stabildir. Çünkü yüksek sıcaklıklarda pastörizasyon ve sterilizasyon gibi işleme prosedürleriyle veya tuz ilavesi gibi yok edilmez. AFM1'in toksisitesi ana bileşiminden daha az olmasına rağmen, bazı çalışmalar, AFM1 maruziyeti ile artan risk arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir. DNA hasarı, gen mutasyonu ve hücre transformasyonu. aflatoksinlerin ciddi sağlık tehdit edici etkileri nedeniyle, birçok gelişmiş ülke gıda maddelerinde maksimum AFM1 konsantrasyonları belirlerken, çoğu gelişmekte olan ülke hala ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) ve Avrupa dahil olmak üzere düzenleyici kurumlar tarafından belirlenen yasal kısıtlamalara, izin verilen maksimum AFM1 seviyelerine güvenmektedir [44, 55]. Avrupa Topluluğuna (Avrupa Komisyonu) ve Codex Alimentarius Komisyonuna (CAC) göre, Süt ve süt ürünlerinde maksimum AFM1 seviyesi 50 ng/L'yi geçmemelidir [5]. Aflatoksin kontaminasyonunun yaygın olarak görülmesi ve zararlı etkileri nedeniyle sütte aflatoksin M1'in saptanması ve ölçülmesine ihtiyaç vardır. Mevcut çalışma bu bakış açısıyla tasarlanmıştır. Bu çalışma, süt ve tereyağı örneklerinde kontaminasyona bağlı olarak AFM1 miktarının Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen limit değerlere uygunluğunun bulunması ve insan sağlığı yönünden tehlike oluşturup oluşturmadığına yardımcı olacaktır [52].

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. SÜT ÖZELLİKLERİ VE BİLEŞİMİ

Süt ve süt ürünlerinin insan beslenmesinde önemli olduğu bilinmekte ve günlük olarak tüketilmektedir [21]. Süt, yağ ve sudan oluşan bir emülsiyon olarak tanımlanabilir [40]. Protein ve vitaminleri diğer gıdalara göre daha yeterli düzeylerde bulundurmaktadır. Ayrıca, mineraller (özellikle kalsiyum) ve antioksidanlar içerir.



Şekil 2.1. Sütün besin bileşenleri [41].

Çizelge 2.1. Dünya’da ve Türkiye’de süt ve tereyağı üretim miktarları (bazı yıllarda) (ton) [42]

| Süt üretimi | 1990-1994 | 1995-1999 | 2000-2004 | 2005-2009 | 2010 | % |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|------|
| Dünya | 532636846.80 | 553680356.40 | 603631238.40 | 681912716.20 | 723143305 | 100 |
| Türkiye | 10220742 | 10298399 | 9797734.60 | 12034995.40 | 13605594 | 1.88 |
| Tereyağı üretimi | 1990-1994 | 1995-1999 | 2000-2004 | 2005-2009 | 2010 | % |
| Dünya | 7192576.20 | 6877335.40 | 7915554.20 | 8724121.80 | 9067011 | 100 |
| Türkiye | 124398.40 | 122447.20 | 115536.80 | 138471.60 | 155922 | 1.72 |

Tüm bu faydalarına ek olarak, süt aynı zamanda çevresel ve gıda kontaminantlarını taşıyıcı olabilir, bu yüzden vücutta çeşitli fizyolojik değişikliklere neden olabilir. Sütteki zararlı mikroorganizmalar ve metabolitler, doğum yapan memelilerin sıvılarına ve dokularına geçerek tüketicilerin sağlıklarına zarar verebilir [22]. İnsanlar, bu mantarlarla kontamine olmuş süt ve süt ürünlerini tüketerek aflatoksinlere maruz kalabilir [30]. Sütte bulunan zararlı mikotoksinler *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* gibi mantarlar tarafından üretilen ikincil metabolitleridir. Ayrıca bu mikotoksinlerin kanserojen etkileri de vardır [31].

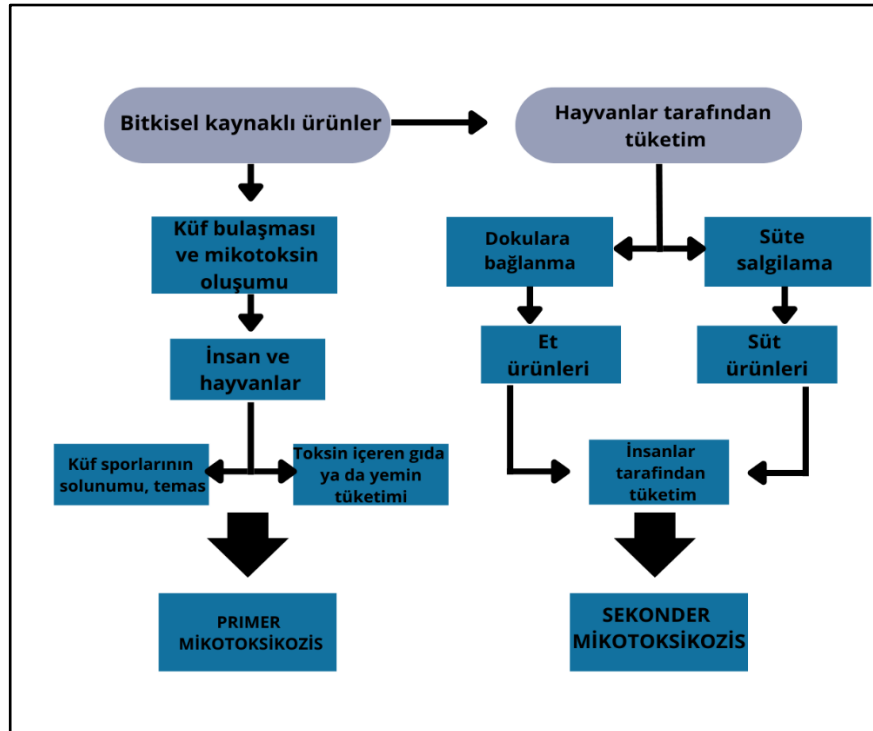
2.2. MİKOTOKSİNLER

Yem, yem hammaddeleri ve tarımsal gıdada mantarların neden olduğu küf gelişimi ürünlerde renk, koku, tat ve görünüm değişiklikleri ekonomik değerini düşürür. Küflenme ürünlerde sadece bozulmaya yol açmaz, aynı zamanda önemli toksik (zehirli) maddelerin yani mikotoksinlerin üremesine neden olur [80]. Mikotoksin terimi, mantar anlamına gelen "Mykes" ve zehir anlamına gelen "toksikon" kelimelerinden türetilmiştir. Mikotoksinler, genellikle *Fusarium*, *Penicillium* ve *Aspergillus* olmak üzere bir grup mantar cinsi tarafından sentezlenen ikincil metabolitlerdir [20.7]. Genellikle sağlık için tehlikelidirler yüksek düzeyde nem içeren gıda ve yemlerde bulunmaktadır [24].

Mikotoksinler, kanserojen, genotoksik, teratojenik, nefrotoksik ve hepatotoksik etkilerle birçok gıdayı enfekte edebilen bazı mantar türleri tarafından üretilen

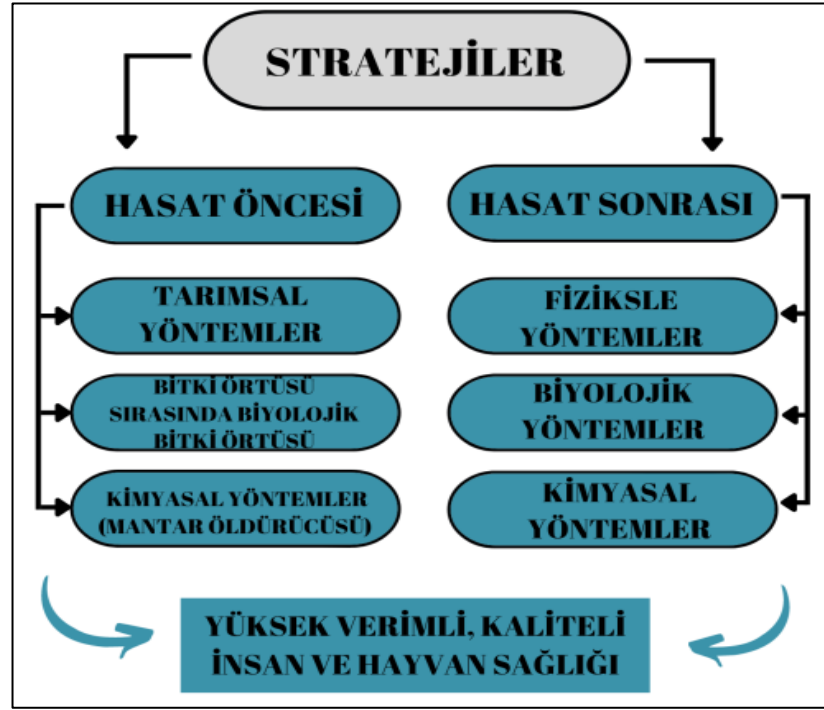
biyolojik kökenli ikincil metabolitlerdir. Mikotoksinler, hasat öncesi tarlada veya hasat sonrası uygun olmayan depolama koşullarında toksin üreten mantarların gelişmesi ile tarım ürünlerinde ortaya çıkmaktadır. Mikotoksinlerin oluşumunda bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler etkilidir [3]. 100'den fazla mantar türü tarafından 400'den fazla toksik metabolit türetilir [16]. Aflatoksinler en yaygın mikotoksinlerdir ve 20'den daha fazla türü bulunmaktadır, ancak en toksik olanı AFB1 olarak bilinir [32].

Mikotoksinler mısır, tahıl, soya fasülyesi, sorgum ve yer fıstığı gibi diğer gıda ve yem bitkilerinde tarlada, olgunlaşma ve nakliye sırasında birikebilmekte ve gıdalar üzerinde toksik küf oluşturabilmektedir [21.23]. Mikotoksin enfeksiyonu, kronik toksisitesi nedeniyle hemen fark edilmez, ancak insan ve hayvan sağlığı ile ekonomi açısından büyük kayıplara neden olur [18]. Mikotoksinler, gıdanın fiziksel değerleri (pH, nem, su aktivitesi gibi) değişse bile küfe göre daha dirençlidir. Mikotoksin potansiyeli küfün türüne, besin bileşimine ve çevresel faktörlere bağlıdır [19].



Şekil 2.2. Mikotoksinlerin insanlara bulaşma yolları [37].

Tahıl hastalıklarının mantar başlarının gelişimini ve tahılın mikotoksinlerle kontaminasyonunu azaltmak için hasat öncesi ve sonrası çeşitli yöntemlerin kullanılması, sürdürülebilir tarım ve güvenli gıda üretiminin önemli bir bileşenidir. Uygulanan stratejiler, tarımsal, fiziksel ve biyolojik tedaviler dahil olmak üzere, kimyasal ve kimyasal olmayan yöntemler kullanılmaktadır. Biyolojik yöntemler, mantar patojenlerinin büyümesini engelleyerek ve tahıllardaki mikotoksinleri azaltarak biyolojik kontrol unsuru olarak bitki korumada özel bir yere sahiptir. Literatüre göre, iyi tarım uygulamaları, tahılların mikotoksin kontaminasyonunu kontrol etmek için en iyi savunma hattıdır. Çeşitli stratejiler, sütteki AFM1 kontaminasyon seviyelerini azaltabilir. Farklı stratejiler, sütteki AFM1 kontaminasyon seviyelerinin azalmasına yol açabilir [43.45].



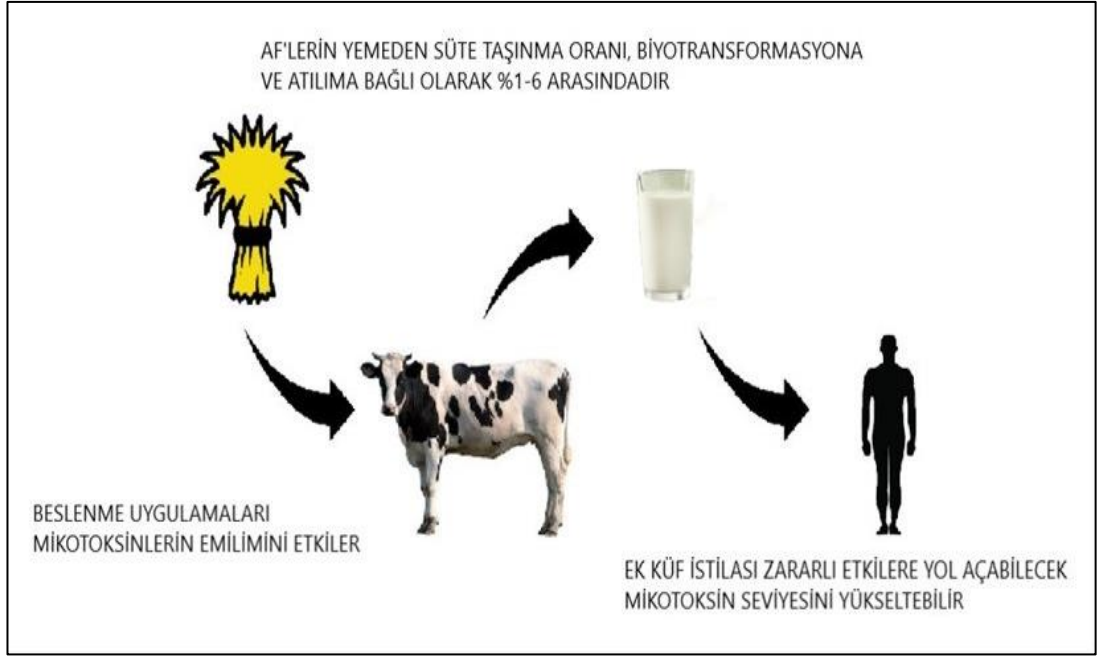
Şekil 2.3. Mikotoksin azaltma stratejileri [43].

Bununla birlikte, hava koşullarındaki dalgalanmalar sürekli olarak ortaya çıkabilir ve bitkileri *Fusarium spp.* enfeksiyonuna karşı koruma yöntemlerinin etkinliğini sürekli olarak azaltır [14]. Mikotoksin kirliliği, gelişmiş ülkeler de dahil olmak üzere tüm dünyada önemli bir sorundur. Ek olarak, mikotoksinlerin ekonomik etkisi, tarım piyasaları üzerindeki bir başka küresel endişe kaynağıdır [1]. Süt ürünlerinde

mikotoksin kontaminasyonu endişesi 1960'larda, hayvan rumeninde üretilen ve sütte salgılanan bir aflatoksin B1 (AFB1) metaboliti olan aflatoksin M1 (AFM1) tarafından bildirilen ilk kontaminasyon vakası ile başlamıştır. Bu nedenle sütteki varlığı, hatta küçük miktarlarda, süt endüstrileri ve süt ürünleri tüketicileri için gerçek bir endişe yaratır ve süte salgılanan bir aflatoksin B1(AFB1) metaboliti olan aflatoksin M1(AFMI) tarafından bildirilen ilk kontaminasyon vakası ile başlamıştır. 1960'larda, AFB1 ile kontamine olmuş yem alımı nispeten yüksekti, süt üretimi düşüktü ve analitik yöntemler zayıftı. AFM1'in biyotransformasyon hızı, hayvanlar ve diyet, sindirim hızı, sindirim oranı, hayvan sağlığı, biyotransformasyon kapasitesi karaciğer ve süt hayvanı üretimi gibi beslenme ve fizyolojik dahil olmak üzere diğer faktörler arasında farklılık göstermiştir [34.45].

Kimyasal ve biyokimyasal kontaminasyonla ilgili son araştırmalar, gıda ürünlerindeki kimyasal kalıntılar ve doğal kirleticiler konusunda farkındalığı arttırmıştır. Mikotoksinlerin toksik etkileri arasında, akut toksisite ve kanserojenite ile birlikte, hayvanlarda ve insanlarda farklı kontaminasyon seviyelerinde meydana gelen mutajenite ve teratojenite yer alır. Önemli mikotoksinler arasında aflatoksinler (AFB1, AFB2, AFG1, AFG2, AFM1), fumonisinler (FB1, FB 2), trikotesenler deoksinivalenol (DON), nivalenol (NIV), T-2 ve HT-2 toksinleri ve okratoksin bulunmaktadır [36].

Aflatoksin M1 (AFM1), emziren hayvanların aflatoksin B1 içeren yemleri tüketmesinden sonra karaciğerde metabolize olarak dönüşerek süt ile atılmaktadır. Literatür incelemelerinde, aflatoksinin suda çözünür özelliği ve kazeine olan afinitesi nedeniyle tereyağında diğer süt ürünlerine göre daha az bulunduğu bildirilmektedir. AFM1 ile kontamine olmuş kremadan tereyağı üretimi sırasında mikotoksinlerin çoğunun yıkama suyuna geçtiği bildirilmiştir [44].



Şekil 2.4. Yem ve besin zincirinde mikotoksin maruziyeti riski [39].

2.3. AFLATOKSİNLER

Aflatoksinler, hayvanlar ve insanlar üzerindeki kanserojen ve hepatotoksik etkileri nedeniyle en önemli mikotoksinler olarak kabul edilir. Aflatoksinler başta *Aspergillus flavus*, *Aspergillus nomius* ve *Aspergillus parasiticus* türlerine ait olanlar olmak üzere *Aspergillus* cinsindeki bazı mantar türleri tarafından sentezlenen toksik, ikincil metabolitlerdir [2]. Aflatoksin (AF) ilk olarak 1960 yılında İngiltere'de "turkey X" adı verilen gizemli bir hastalığın 100.000 hindiyi öldürmesiyle keşfedilmiştir [13]. Aflatoksinler, dünya çapında tüketicileri ve çiftçileri etkileyen önemli olumsuz sağlık ve ekonomik sorunlardan sorumlu oldukları için küresel bir halk sağlığı ve ekonomik endişe kaynağıdır [9].

Çeşitli aflatoksin türleri arasında, gıda maddelerinin doğal kontaminantları olarak en sık rastlananları aflatoksinler B1 (AFB1), B2 (AFB2), G1 (AFG1) ve G2 (AFG2)'dir. AFB1 en yüksek toksisiteye sahipken, bu toksin ayrıca Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından 1. Grup kanserojen olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca AFM1 ve AFM2 sırasıyla AFB1 ve AFB2'nin hepatik biyotransformasyonu ile üretilir ve hayvanların idrarı ve sütü yoluyla atılabilir [2].

AFM1, süt ve süt ürünlerinde de standarttan daha yüksek tespit edilmiştir. Bu, birçok gelişmekte olan ülke insanının aflatoksin kontaminasyonu tehlikesiyle karşı karşıya olduğunu göstermektedir (25). Aflatoksin, ince tabaka kromatografisi (TLC), yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC), sıvı kromatografi-kütle spektrometrisi (LCMS), enzime bağlı immünosorbent tahlili (ELISA) ve immün sensörler dahil olmak üzere çeşitli yöntemlerle nicel olarak tespit edilebilir. Enzim bağlantılı immünosorbent testi (ELISA), immünosensörler ve lateral immünoassay (LFIA) dahil olmak üzere immünoassay yöntemleri, yüksek hassasiyet, basitlik ve yerinde izleme yeteneği gibi gelişmiş nitelikleri nedeniyle gıda analizi için tercih edilmiştir [12.17].

Aflatoksinler, diğer birçok heterosiklik bileşik gibi floresandır ve floresan özellikleri ile ayırt edilirler. Ultraviyole (UV) ışık altında yaydıkları floresansa dayalı olarak mavi floresans verenler AFB1 ve AFB2, yeşil-sarı floresans verenler ise AFG1 ve AFG2 olarak adlandırılmıştır [6]. Oluşturdukları toksik etki gücüne göre sıralama AFB1 > AFG1 > AFB2 > AFG2 şeklindedir [13].

2.3.1. Aflatoksinlerin Sağlık zerine Etkisi

İnsanların aflatoksinlere diyetle maruz kalması dünya çapında ciddi sağlık sorunlarına neden olur ve etkisi genellikle kümülatif olsa da bazı durumlarda lme yol açabilir. Akut hepatosellüler karsinom, karaciğer kanserine neden olduğu bilinmektedir. Küresel olarak, aflatoksinin her yıl %4,6 ila %28,2 hepatosellüler karsinomun nedeninden sorumlu olduğu bildirilmiş ve aflatoksinlerin dünyanın tropikal ve subtropikal bölgelerindeki az gelişmiş ülkelerde daha yaygın olduğu bulunmuştur [56].

Aflatoksinler, başlangıçta toksik olarak sınıflandırılan ilk mikotoksinlerdir. İnsan ve hayvan sağlığı üzerindeki tehlikeli etkilerinden dolayı en yaygın mikotoksinlerdir. Aflatoksinler, hayvanlar, evcil hayvanlar ve insanlar dahil olmak üzere canlılarda karaciğer hastalığı, çeşitli kanamalar (bağırsak, böbrek vb.) ve bağışıklık sisteminin baskılanması gibi çeşitli hastalıklarla ilişkilendirilmiştir ve etkileri dünyada bilinen

en etkili kanserojenler arasındadır [11.27]. Hayvanlarda yemden kaynaklı bir bulaşmanın sonucu olarak, özellikle ilk embriyonik aşamada, doğum kusurlarına, fetal anormalliklere ve bir tür düşüklere yol açarlar [22].

Aflatoksinler aynı zamanda hepatotoksiktir veya hayvanlarda karaciğer hasarına neden olur; aflatoksin B1 bunlardan en güçlüsüdür. Duyarlılık, cins, tür, yaş, doz, maruz kalma süresi ve beslenme durumuna göre değişmektedir. Aflatoksinler, üretimin azalmasına neden olabilir (süt, yumurta, kilo artışı vb.) ve aynı zamanda, bağışıklık sistemini baskılayıcı, kanserojen, teratojenik ve mutajeniktirler [26].

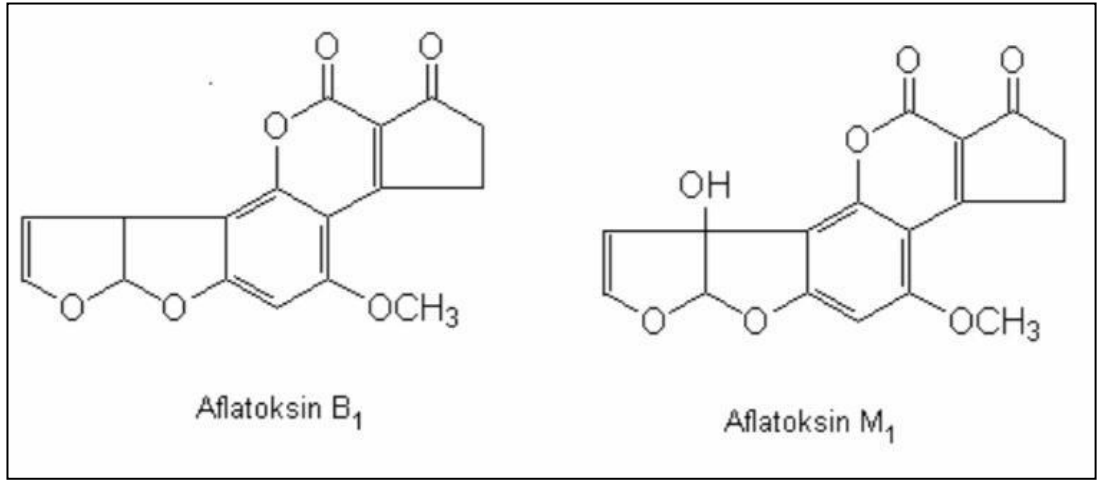
2.3.2. Aflatoksin M1 ile İlgili Yasal Düzenlemeler

AFM1, AFB1 ile kontamine olmuş gıdalarla beslenen hayvanların sütüyle salgılanan ve insanlarda bazı olumsuz sağlık etkilerine neden olabilen bir toksindir [2]. Çeşitli çalışmalar, soğuk mevsimlerde, besinlerdeki değişikliklere atfedilen, ılık mevsimler olarak sütte daha yüksek AFM1 içeriğine işaret etmektedir. Ayrıca, daha yüksek AFM1 seviyeleri, kış aylarında yaza kıyasla daha yüksek nem ve yağıştan kaynaklanabilir, bu da mantar gelişimine yol açmaktadır [10].

AFM1'in kaynağını çiftçilerden süt ürünleri şirketlerine kadar kontrol etmek için çeşitli çabalar sarf edilmiştir. Ancak AFM1, pişirme, sterilizasyon ve dondurma gibi normal gıda işleme yöntemlerinden etkilenmez ve bu nedenle süt ve süt ürünlerinde ortaya çıkmaktadır [17]. AFB1, çiftlik hayvanlarında biyotransformasyondan geçer ve AFM1'in kazeine bağlanabileceği süte atılabilen AFM1 gibi farklı metabolitler üretilir. Sindirimden sonra, AFM1, kazein-AFM1 komplekslerinden salınır. AFM1 ile kontamine olmuş yüksek miktarda süt ürünlerinin tüketimi akut mikotoksikoza yol açabilmektedir [39]. İnsan ve hayvan sütü, bebek maması, süt tozu, peynir ve yoğurttan Aflatoksin M1 (AFM1) oluşumu sağlık için risk oluşturmaktadır.

En güçlü toksik aflatoksin olarak kabul edilen aflatoksin B1, monohidroksi türevi AFM1'i oluşturmak üzere metabolize edilir. Sütte ifade edilen bu metabolize, nispeten stabildir ve ısı işlemler veya pastörizasyon ile elimine edilmez ve bu nedenle ciddi bir sağlık sorunu teşkil etmektedir [36]. AFM1, aflatoksin B1 kontaminasyonundan 12-24 saat sonra saptanabilir ve konsantrasyonu 72 saat içinde

saptanamaz bir düzeye düşmektedir [30]. Bu oran hayvana, laktasyon dönemine ve süt miktarına göre değişiklik gösterebilir. Ayrıca AFM1'in ısıl işlem görmüş sütteki sıklığı çiğ süttten daha yüksektir çünkü AFM1 ile kontamine olmuş çiğ süt, çok düşük miktarlarda bile eklendiği işleme tanklarındaki tüm sütü kontamine edebilmektedir [29]. AFM1 kalıntısı, çiğ ve işlenmiş sütte kalabilecek kadar stabildir. Bu nedenle süt toksinleri olarak bilinirler. İnsanlar, kontamine süt ve süt ürünlerini tüketmek yoluyla AFM1'e maruz kalırlar. Hem insanlarda hem de hayvanlarda aflatoksin maruz kalma, gelişimsel bozukluklara ve bağışıklık baskılanmasına neden olmaktadır [30].



Şekil 2.5. Aflatoxin B1 ve Aflatoxin M1' in Kimyasal Yapısı [28].

BÖLÜM 3

GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. SÜT ÖRNEKLERİNİN TEMİNİ

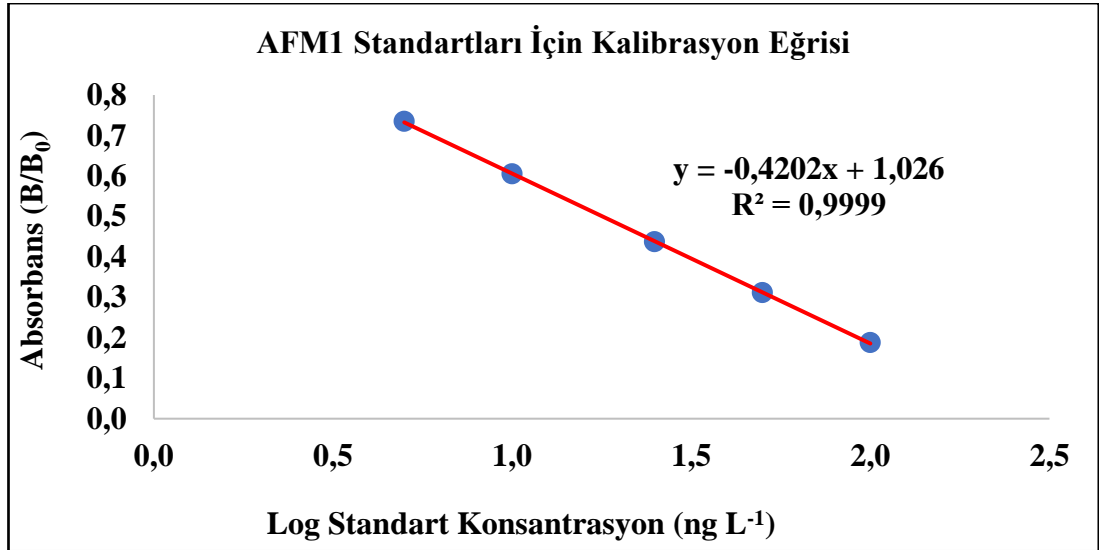
Bu çalışmada, 60 adet çiğ koyun sütü, 50 adet çiğ inek sütü, 30 adet çiğ manda sütü, 30 adet çiğ keçi sütü ve 40 adet inek tereyağı örnekleri, 2022 yılı ilkbahar döneminde, Türkiye (Ankara, Bursa, Kayseri) ve Irak'ta (Musul) bulunan mandıralardan süt örnekleri için en az 50 mL, tereyağı örnekleri için ise en az 100 g olacak şekilde steril kapaklı falkon tüpler içinde, +4°C'lik soğuk zincirde laboratuvara getirildi ve -17°C'de buzdolabında muhafaza edilerek en kısa sürede analiz edildi. Süt örneklerinde AFM1 varlığı ve düzeyi kompetitif ELISA(Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) yöntemi ile ROMER LABS tarafından verilen prosedüre göre AgraQuant® Aflatoksin M1, High Sensitivity 10002120 Elisa Test Kiti kullanılarak tespit edildi. Kullanılan test kitinin ölçme limiti 5 ppt ve geri alma oranı süt için ortalama %95'tir. Sonuçların değerlendirilmesi, ROMER LABS tarafından hazırlanan "Spreadsheet" adlı bilgisayar paket programı kullanılarak yapıldı. Bu paket programın değerlendirme prensibi aşağıdaki gibidir.

Standart ve örnekler için elde edilen absorbans değerlerinin ortalama değerleri, sıfır standardın absorbans değeri ile bölünür ve sıfır standart, 1'e eşit hale getirilir. Standartlar için hesaplanan değerler, semilogaritmik grafik kağıdı üzerine ng/ L (ppt) cinsinden AFM1 konsantrasyonuna karşı koordinatlar sistemine girilerek standart eğri ve bu standart eğriye ait denklem elde edilir. Bu denklem üzerinden analiz edilen her bir örneğin AFM1 konsantrasyonu ng/L cinsinden hesaplanır.

Ekstraksiyonu yapılan tereyağı örnekleri için dilüsyon faktörü 5 olarak belirlendi.

Çizelge 3.1. AFM1 analizinde kullanılan standartların absorbans değerlerine göre elde edilen referans aralıkları.

| Standart | Standart Konsantrasyonları (ng/L) | Ortalama Absorbans Değeri | Log Konsantrasyonları | B/Bo |
|----------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------|
| 1 | 0 | 0.786 | | 1.000 |
| 2 | 5 | 0.577 | 0.699 | 0.734 |
| 3 | 10 | 0.475 | 1.000 | 0.605 |
| 4 | 25 | 0.344 | 1.398 | 0.437 |
| 5 | 50 | 0.245 | 1.699 | 0.311 |
| 6 | 100 | 0.147 | 2.000 | 0.188 |



Şekil 3.1. AFM1 standartlarının konsantrasyonları (ppt) AFM1 standartları için kalibrasyon eğrisi (0-100 ppt).



Şekil 3.2. Kombine süt ve tereyağı örnekleri.

3.2. SÜT ÖRNEKLERİNİN AFLATOKSİN M1 ANALİZİNE HAZIRLANMASI

Homojen olarak karıştırılmış her bir süt örneğinden 5 ml süt alınarak 10°C’de, 3500 devirde 10 dakika süreyle santrifüje edildikten sonra tüpün üstündeki yağ tabakası pastör pipeti ile çekilerek alındı. Yağı alınmış bu süt teste direkt olarak kullanıldı [47].



Şekil 3.3. Santrifüj (NUVE NF 1200R Türkiye).

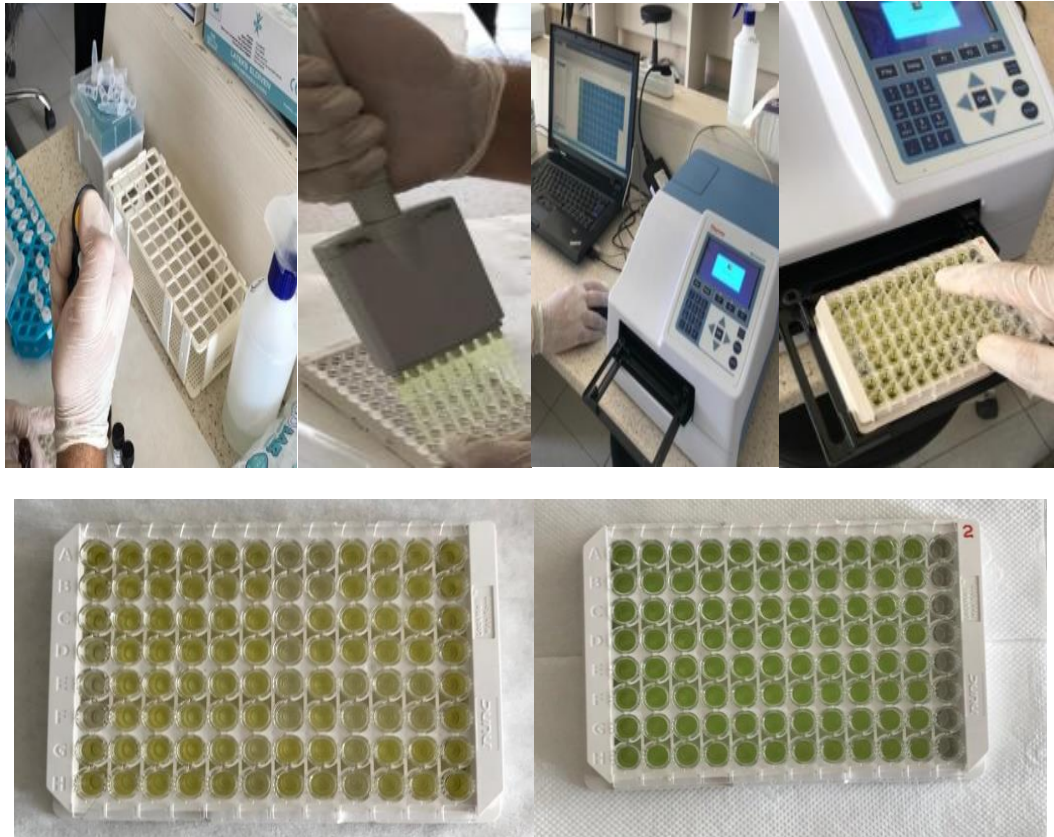
3.3. AFTALOKSİN M1'İN ELISA YÖNTEMİYLE TESPİTİ

ELISA'nın gıdalarda aflatoksin M1 analizi için güvenilir bir yöntem olduğu rapor edilmiştir [40]. Çalışmada, analiz edilen tereyağı örneklerinin ekstraksiyon prosedürü kullanılan test kitindeki (ROMER LABSAgraQuant® Aflatoksin M1, High Sensitivity 10002120) üretici firma talimatlarına göre gerçekleştirildi. Özetle, 37°C'ye ayarlanmış su banyosunda (Nüve®, BM401, Türkiye) eritilen 5 gr yağ örneğine 25 mL (%70'lik) metanol ilave edilerek 40°C'de sıcak su banyosunda inkübe edildi. Daha sonra, karışım yavaşça oda sıcaklığında 10 dakika karıştırarak ekstrakte edildi. Eksrakt filtre (Whatman No:1, 125 mm) kağıdından süzüldü ve 5 mL süzölmüş çözeltiliye 15 mL damıtılmış su ve 0,25 mL Tween-20 ilavesinden sonra 2 dakika homojenize edildi. Homojenizasyon işleminden sonra, bu karışım tekrar filtre (Whatman No:1, 125 mm) edildi ve elde edilen elüentin 100 µL'si AFM1 analizi için testte kullanıldı. Örneklerin analiz edilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi için standart solüsyonlar (0, 5, 10, 25, 50 ve 100 ppt konsantrasyonda AFM1 içeren solüsyonlar) ve hazırlanan süt örnekleri için yeterli sayıda kuyucuk hesaplandı.

Standart solüsyonların ve hazırlanan örneklerin her birinden otomatik pipet ile 100 µl alınarak kuyucuklara aktarıldı ve oda ısısında (20-25°C) ve karanlık ortamda 45 dakika bekletildi. Daha sonra kuyucuklardaki sıvı boşaltılıp, kuyucuklara 8 uçlu otomatik pipet yardımıyla 300 µl yıkama solüsyonu eklenerek beş defa yıkandı. Yıkanan her bir kuyucuğa 8 uçlu otomatik pipet yardımıyla 100 µl enzim konjugat solüsyonu ilave edildi ve tekrar oda ısısında (20-25°C) ve karanlıkta 15 dakika bekletildikten sonra 96 kuyucuklu plaka yıkama solüsyonu ile beş defa yıkandı. Her bir kuyucuğa sırayla 100 µl substrat 8 uçlu pipet yardımıyla pipetlendikten sonra nazikçe karıştırıldı ve 15 dakika oda ısısında ve karanlıkta bekletildi. Son olarak her bir kuyucuğa 100 µl stop solüsyonu ilave edilerek iyice karıştırıldı ve ELISA okuyucuda (Thermo Scientific™ Multiskan™ FC Microplate) 450 nm'de 60 dakika içinde okutularak sonuçlar RomerLabsSpreadsheet ile değerlendirildi.



Şekil 3.4. ELISA test kiti (Ürün No.: 10002120).



Şekil 3.5. Sonuçların okunması.

3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

Analizler sonucunda farklı örnekleme noktalarından elde edilen veriler arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir ilişki olup olmadığını ortaya koymak için varyans analizi (Tukey) ve t-testinden yararlanıldı [47]. Analizlerde SPSS 24.0 paket programı kullanıldı.

BÖLÜM 4

BULGULAR

Örnekleme noktalarından temin edilen ve analizi yapılan toplam çığ koyun sütü örneklerinde AFM1 miktarları 1.07 – 20.62 ng L⁻¹ arasında olup, ortalama 4.94±0.48ng L⁻¹ olarak bulundu. Analiz sonuçlarına göre 60 çığ koyun sütü örneğinin tamamı çığ süt tebliğine uygunluk arz etmektedir. Bununla birlikte, 60 çığ koyun sütü örneğinden 41 tanesindeki (%68) AFM1 konsantrasyonunun <5ng L⁻¹'nin altında, 19 tane (%32) çığ süt örneğindeki AFM1 konsantrasyonunun ise 5-50 ng L⁻¹ arasında olduğu tespit edildi. Çığ koyun sütü örneklerinde maksimum limit olan 50ng L⁻¹ üzerinde AFM1'e rastlanmadı.

Örnekleme noktalarından temin edilen ve analizi yapılan toplam çığ inek sütü örneklerinde AFM1 miktarları 5.30 – 86.71ng L⁻¹ arasında olup, ortalama 37.50±3.39 ng L⁻¹ olarak bulundu. Analiz sonuçlarına göre 50 çığ inek sütü örneğinden 34 tanesindeki (%68) AFM1 konsantrasyonunun (5-50 ng L⁻¹ konsantrasyonlar arasında) maksimum limit değer olan 50 ng L⁻¹'nin altında olması nedeniyle çığ süt tebliğine uygunluk arz etmektedir. 50 çığ inek sütü örneğinden 16 tanesindeki (%37) AFM1 konsantrasyonunun ise maksimum limitin üzerinde çıktığı tespit edildi.

Örnekleme noktalarından temin edilen ve analizi yapılan toplam manda sütü örneklerinde AFM1 miktarları 5.50 – 95.60 ng L⁻¹ arasında olup, ortalama 35.52±7.32 ng L⁻¹ olarak bulundu. Analiz sonuçlarına göre 30 çığ manda sütü örneğinden 20 tanesindeki (%67) AFM1 konsantrasyonunun (5-50 ng L⁻¹ konsantrasyonlar arasında) maksimum limit değer olan 50ng L⁻¹'nin altında olması nedeniyle çığ süt tebliğine uygunluk arz etmektedir. Elli çığ manda sütü örneğinden 10 tanesindeki (%33) AFM1 konsantrasyonu ise maksimum limitin üzerinde bulundu.

Örnekleme noktalarından temin edilen ve analizi yapılan toplam çığ keçi sütü örneklerinde AFM1 miktarları 1.31 – 14.99 ng L⁻¹ arasında olup, ortalama 6.89±0.87ng L⁻¹ olarak bulundu. Analiz sonuçlarına göre 30 çığ keçi sütü örneğinin tamamı çığ süt tebliğine uygunluk arz etmektedir. Bununla birlikte, 30 çığ keçi sütü örneğinden 15 tanesindeki (%50) AFM1 konsantrasyonunun <5ng L⁻¹'nin altında, 15 tane (%50) çığ süt örneğindeki AFM1 konsantrasyonunun ise 5-50 ng L⁻¹ arasında olduğu tespit edildi. Çığ keçi sütü örneklerinde maksimum limit olan 50 ng L⁻¹ üzerinde AFM1'e rastlanmadı.

Örnekleme noktalarından temin edilen ve analizi yapılan toplam inek tereyağı örneklerinde AFM1 miktarları 5.76 – 51.75 ng L⁻¹ arasında olup, ortalama 26.86±2.53 ng L⁻¹ olarak bulundu. Analiz sonuçlarına göre, 40 inek tereyağı örneğinden 32 tanesindeki (%80) AFM1 konsantrasyonu (5-50 ng L⁻¹ konsantrasyonlar arasında) maksimum limit değer olan 50ng L⁻¹'nin altında olması nedeniyle çığ süt tebliğine uygunluk arz etmektedir. Kırk inek tereyağı örneğinden 8 tanesindeki (%20) AFM1 konsantrasyonu ise maksimum limitin üzerinde çıkmıştır.

Çizelge 4.1. Çiğ süt ve tereyağı örneklerinde aflatoksin M1 konsantrasyonu ve dağılımı.

| Analiz Edilen Örnek | Ülke | Örnekleme Noktaları | Konsantrasyon AFM1 (ng L ⁻¹) | | | Örneklerdeki AFM1 dağılımı/(%) | | | | Pozitif n | Limiti Aşan n |
|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|---|--------------|--------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | Ortalama | Min. | Maks. | Örnek Tipi | | | | | |
| | | | | | | TE | < 5 | 5-50 | > 50 | | |
| Koyun Sütü (n=60) | Türkiye (n=20) | Ankara-Ayaş | 11.23±1.40 | 6.40 | 20.62 | - | - | 10 (%100) | - | 10 (%100) | - |
| | | Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan Köyü | 6.74±0.47 | 4.28 | 10.09 | - | 1 (%10) | 9 (%90) | - | 10 (%100) | - |
| | TÜRKİYE | | 8.98±0.88 | 4.28 | 20.62 | - | 1 (%5) | 19 (%95) | - | 20 (%100) | - |
| | Irak (n=40) | Telefer | 2.65±0.29 | 1.52 | 3.76 | - | 10 (%100) | - | - | 10 (%100) | - |
| | | Musul | 2.29±0.32 | 1.07 | 3.78 | - | 10 (%100) | - | - | 10 (%100) | - |
| | | Musul-Karakoyun Köyü | 3.08±0.13 | 2.63 | 3.65 | - | 10 (%100) | - | - | 10 (%100) | - |
| | | Musul-Aljazira | 3.63±0.17 | 2.60 | 4.70 | - | 10 (%100) | - | - | 10 (%100) | - |
| | IRAK | | 2.91±0.14 | 1.07 | 4.70 | - | 40 (%100) | - | - | 40 (%100) | - |
| | TOPLAM | | 4.94±0.48 | 1.07 | 20.62 | - | 41 (%68) | 19 (%32) | - | 60 (%100) | - |
| | İnek Sütü (n=50) | Türkiye (n=30) | Ankara-Bala | 15.23±0.49 | 12.88 | 17.42 | - | - | 10 (%100) | - | 10 (%100) |
| Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan Köyü | | | 70.44±3.20 | 53.58 | 86.71 | - | - | - | 10 (%100) | 10 (%100) | 10 (%100) |
| Ankara-Mamak-Bayındır | | | 43.01±1.31 | 38.08 | 51.08 | - | - | 9 (%90) | 1 (%10) | 10 (%100) | 1 (%10) |
| TÜRKİYE | | 42.89±4.33 | 12.88 | 86.71 | - | - | 19 (%63) | 11 (%37) | 30 (%100) | 11 (%37) | |
| Irak (n=20) | | Musul-Karakoyun Köyü | 50.41±3.08 | 38.30 | 65.89 | - | - | 5 (%50) | 5 (%50) | 10 (%100) | 5 (%50) |
| | | Telefer | 8.40±0.69 | 5.30 | 12.40 | - | - | 10 (%100) | - | 10 (%100) | - |
| IRAK | | 29.40±5.06 | 5.30 | 65.89 | - | - | 15 (%75) | 5 (%25) | 20 (%100) | 5 (%50) | |
| TOPLAM | | 37.50±3.39 | 5.30 | 86.71 | - | - | 34 (%68) | 16(%37) | 50 (%100) | 16(%37) | |

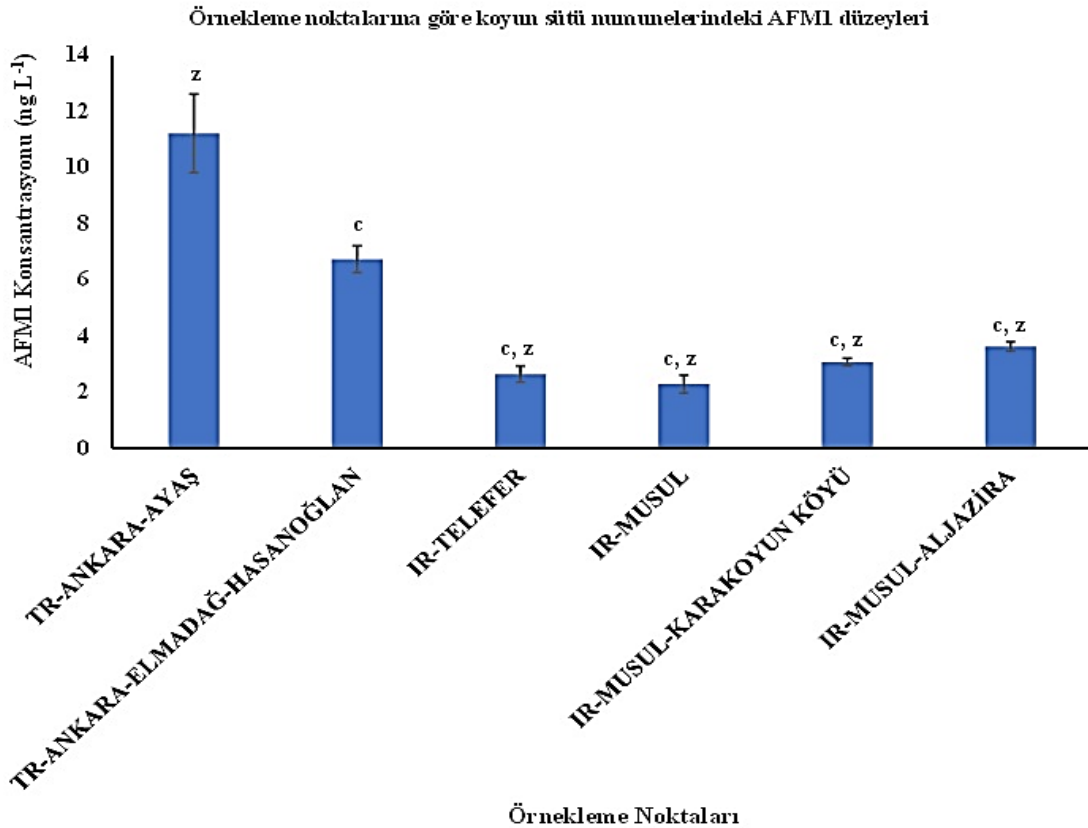
Çizelge 4.1. (devam) Çiğ süt ve tereyağı örneklerinde aflatoksin M1 konsantrasyonu ve dağılımı.

| Analiz Edilen Örnek | Ülke | Örnekleme Noktaları | Konsantrasyon AFM1 (ng L ⁻¹) | | | Örneklerdeki AFM1 dağılımı/(%) | | | | Pozitif n | Limiti Aşan n |
|----------------------|-------------------|---------------------|---|-------------------|--------------|--------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | Ortalama | Min. | Maks. | Örnek Tipi | | | | | |
| | | | | | | TE | < 5 | 5-50 | > 50 | | |
| Manda Sütü (n=30) | Türkiye (n=20) | Kayseri | 6.44±0.64 | 5.50 | 7.18 | - | - | 10 (%100) | - | 10 (%100) | - |
| | | Bursa | 8.94±2.00 | 7.34 | 12.34 | - | - | 10 (%100) | - | 10 (%100) | - |
| | TÜRKİYE | | 7.69±1.94 | 5.50 | 12.34 | - | - | 20 (%100) | - | 20 (%100) | - |
| | Irak (n=10) | Musul | 91.19±2.80 | 87.78 | 95.60 | - | - | - | 10 (%100) | 10 (%100) | 10 (%100) |
| | | IRAK | | 91.19±2.80 | 87.78 | 95.60 | - | - | - | 10 (%100) | 10 (%100) |
| | TOPLAM | | 35.52±7.32 | 5.50 | 95.60 | - | - | 20 (%67) | 10 (%33) | 30 (%100) | 10 (%33) |
| Keçi Sütü (n=30) | Türkiye (n=10) | Ankara-Ayaş | 12.72±0.44 | 11.09 | 14.99 | - | - | 10 (%100) | - | 10 (%100) | - |
| | | TÜRKİYE | | 12.72±0.44 | 11.09 | 14.99 | - | - | 10 (%100) | - | 10 (%100) |
| | Irak (n=20) | Musul | 1.94±0.12 | 1.31 | 2.57 | - | 10 (%100) | - | - | 10 (%100) | - |
| | | Telefer | 6.01±0.76 | 3.52 | 8.48 | - | 5 (%50) | 5 (%50) | - | 10 (%100) | - |
| | IRAK | | 3.98±0.60 | 1.31 | 8.48 | - | 15(%75) | 5 (%25) | - | 20 (%100) | - |
| | TOPLAM | | 6.89±0.87 | 1.31 | 14.99 | - | 15 (%50) | 15 (%50) | - | 30 (%100) | - |

Çizelge 4.1. (devam) Çiğ süt ve tereyağı örneklerinde aflatoksin M1 konsantrasyonu ve dağılımı.

| Analiz Edilen Örnek | Ülke | Örnekleme Noktaları | Konsantrasyon AFM1 (ng L ⁻¹) | | | Örneklerdeki AFM1 dağılımı/(%) | | | | Pozitif n | Limiti Aşan n | |
|-------------------------|-------------------|------------------------|---|-------------------|--------------|--------------------------------|------------|------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|
| | | | Ortalama | Min. | Maks. | TE | Örnek Tipi | | | | | |
| | | | | | | | < 5 | 5-50 | > 50 | | | |
| İnek Tereyağı (n=40) | Türkiye (n=30) | Ankara-Ayaş | 16.36±3.65 | 5.76 | 44.41 | - | - | 10 (%100) | - | 10 (%100) | - | |
| | | Ankara-Elmadağ-Akçaali | 23.30±2.30 | 14.02 | 34.04 | - | - | 10 (%100) | - | 10 (%100) | - | |
| | | Ankara-Mamak-Bayındır | 17.15±2.29 | 7.10 | 27.15 | - | - | 10 (%100) | - | 10 (%100) | - | |
| | | TÜRKİYE | 18.94±1.67 | 4.28 | 20.62 | - | - | 30 (%100) | - | 30 (%100) | - | |
| | | Irak (n=10) | Musul-Karakoyun Köyü | 50.65±0.24 | 49.60 | 51.75 | - | - | 2 (%20) | 8(%80) | 10 (%100) | 8 (%80) |
| | | IRAK | | 50.65±0.24 | 49.60 | 51.75 | - | - | 2 (%20) | 8 (%80) | 40 (%100) | 8 (%80) |
| | | TOPLAM | 26.86±2.53 | 5.76 | 51.75 | - | - | 32 (%80) | 8 (%20) | 40 (%100) | 8 (%20) | |

Türkiye ve Irak'taki örnekleme noktalarından temin edilen koyun sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri Tablo 4.1'de gösterildi. TR-Ankara-Ayaş örnekleme noktasından elde edilen süt örneklerindeki AFM1 düzeyinin ($\text{ort.11.23} \pm 1.40 \text{ ng L}^{-1}$; $< 50 \text{ ng L}^{-1}$) diğer örnekleme noktalarından alınan koyun sütü numunelerindeki AFM1 düzeyine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edildi ($p < 0.001$). TR-Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan örnekleme noktasından temin edilen koyun sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin ise istatistiksel olarak TR-Ankara-Ayaş örnekleme noktasından elde edilen süt örneklerindeki AFM1 düzeyine göre düşük ($p < 0.001$), diğer örnekleme noktalarına göre ise yüksek olduğu tespit edildi ($p < 0.001$). Koyun süt örneklerinin toplandığı Irak'taki örnekleme noktaları (Telefer; Musul; Karakoyun Köyü ve Aljazira) arasında ise istatistiksel olarak önem görülmedi ($p > 0.05$).

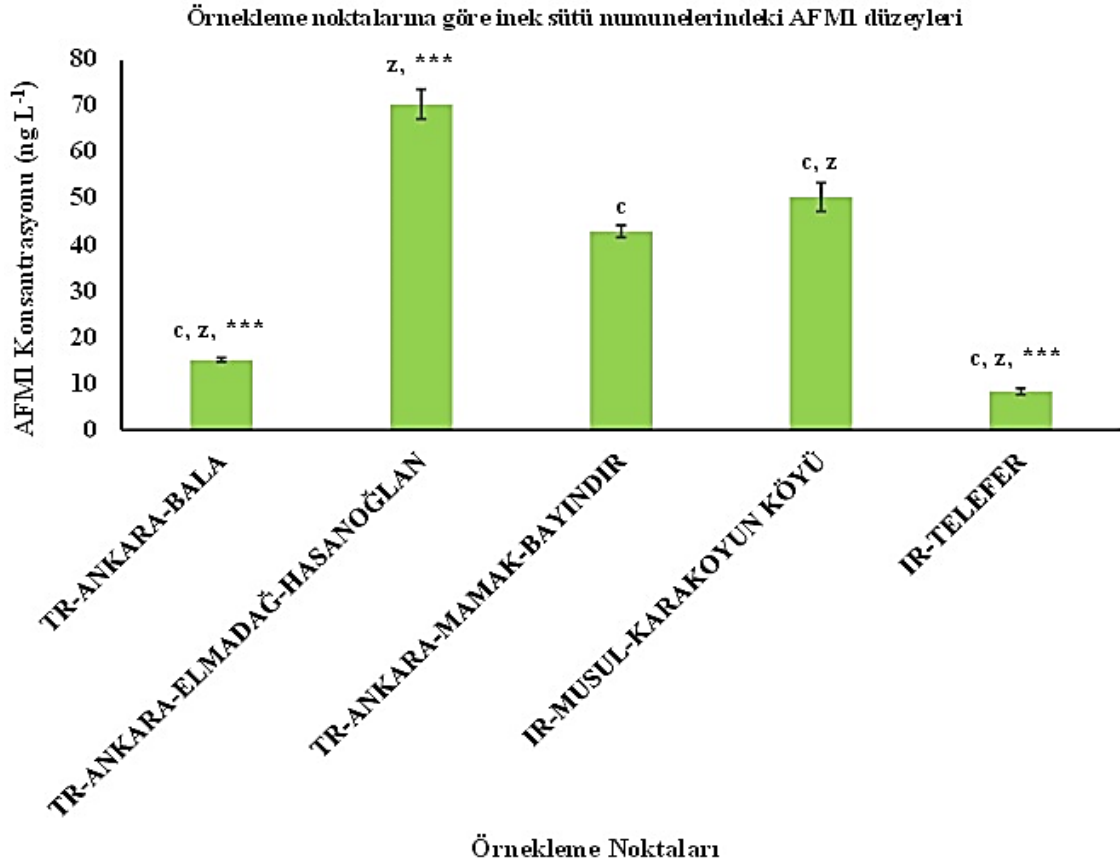


TR-Ankara-Ayaş örnekleme noktasına göre karşılaştırma; **a:** $p < 0.05$, **b:** $p < 0.01$, **c:** $p < 0.001$
TR-Ankara-Elamadağ-Hasanoğlan örnekleme noktasına göre karşılaştırma; **x:** $p < 0.05$, **y:** $p < 0.01$, **z:** $p < 0.001$

Şekil 4.1. Örnekleme noktalarına göre koyun sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri.

Türkiye ve Irak'taki örnekleme noktalarından temin edilen inek sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri Tablo 4.2'de gösterildi. Türkiye'deki TR-Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan örnekleme noktasından elde edilen inek sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin (**ort.70.44±3.20 ng L⁻¹; >50 ng L⁻¹**) diğer örnekleme noktalarından alınan inek sütü örneklerindeki AFM1 düzeyine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edildi (p<0.001). Ayrıca, TR-Ankara-Mamak-Bayırdır (**ort.43.01±1.31ng L⁻¹; <50 ng L⁻¹**) ve IR-Musul-Karakoyun Köyü (**ort.50.41±3.08ng L⁻¹; ≥ 50 ng L⁻¹**) örnekleme noktalarından alınan inek sütü örneklerindeki AFM1 düzeylerinin, TR-Ankara-Bala (**ort.15.23±0.49ng L⁻¹; <50 ng L⁻¹**) ve IR-Telefer (**ort.8.40±0.69ng L⁻¹; <50 ng L⁻¹**) örnekleme noktalarından alınan inek sütü örneklerindeki göre önemli düzeyde yüksek olduğu istatistiksel olarak (p<0.001) belirlenirken, Ankara-Mamak-Bayırdır (**ort.43.01±1.31ng L⁻¹; <50 ng L⁻¹**) ve IR-Musul-Karakoyun Köyü (**ort.50.41±3.08ng L⁻¹; ≥ 50 ng L⁻¹**) örnekleme noktaları arasında AFM1 düzeyleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark görülmedi (p>0.05). Bununla birlikte, TR-Ankara-Bala (**ort.15.23±0.49ng L⁻¹; <50 ng L⁻¹**) ve IR-Telefer (**ort.8.40±0.69ng L⁻¹; <50 ng L⁻¹**) örnekleme noktaları arasında da AFM1 düzeyleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmedi (p>0.05).

Türkiye ve Irak'taki örnekleme noktalarından temin edilen manda sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri Tablo 4.3'de gösterildi. Irak'taki tek örnekleme noktası olan IR-Musul'dan elde edilen manda sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin (**ort.91.19±2.80 ng L⁻¹; >50 ng L⁻¹**) diğer örnekleme noktalarından alınan manda sütü örneklerindeki AFM1 düzeyine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edildi (p<0.001). Türkiye'deki örnekleme noktaları olan Tr-Kayseri ve Tr-Bursa örnekleme noktaları arasında AFM1 düzeyleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark görüldü ve Tr-Bursa (**ort. 8.94±2.00ng L⁻¹; <50 ng L⁻¹**) örnekleme noktasından elde edilen manda sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin Tr-Kayseri (**ort. 6.44±.64ng L⁻¹; <50 ng L⁻¹**) örnekleme noktasından elde edilen manda sütü örneklerindeki AFM1 düzeyine göre yüksek olduğu tespit edildi (p<0.01).



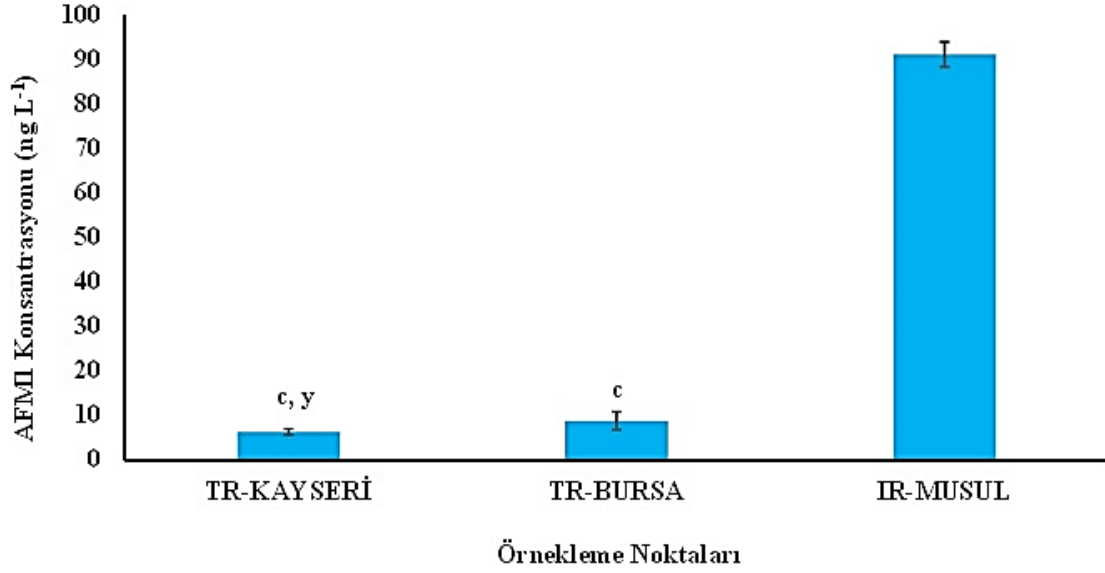
TR-Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan örnekleme noktasına göre karşılaştırma; **a:** $p < 0.05$, **b:** $p < 0.01$, **c:** $p < 0.001$

TR-Ankara-Mamak-Bayındır örnekleme noktasına göre karşılaştırma; **x:** $p < 0.05$, **y:** $p < 0.01$, **z:** $p < 0.001$

IR-Musul-Karakoyun Köyü örnekleme noktasına göre karşılaştırma; *****: $p < 0.05$, ****:** $p < 0.01$, *****:** $p < 0.001$

Şekil 4.2. Örnekleme noktalarına göre inek sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri

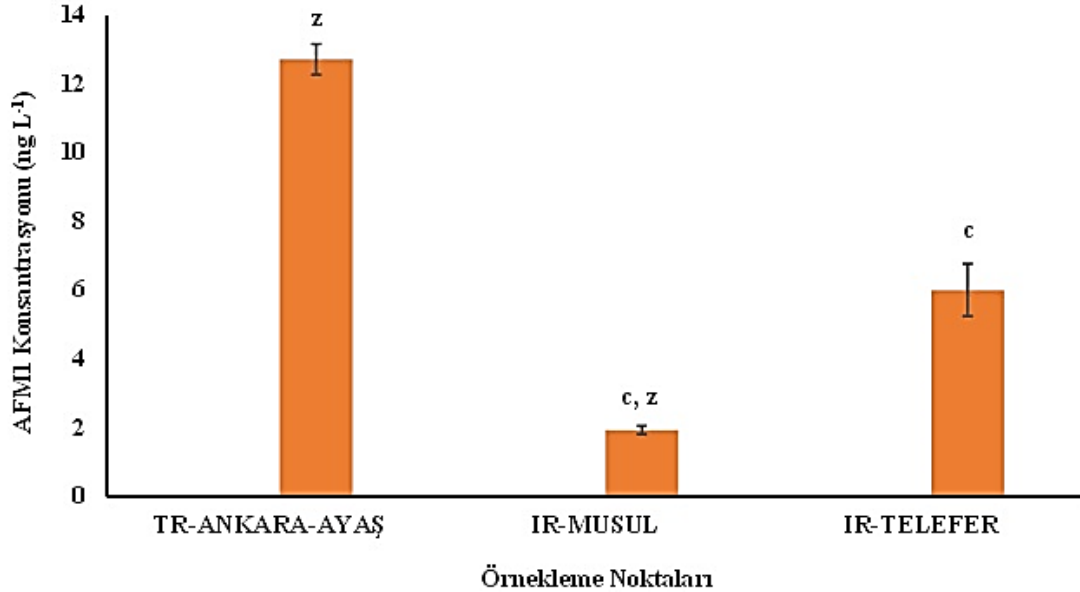
Örnekleme noktalarına göre manda sütü numunelerindeki AFM1 düzeyleri



IR-Musul örnekleme noktasına göre karşılaştırma; **a**: $p < 0.05$, **b**: $p < 0.01$, **c**: $p < 0.001$
TR-Bursa örnekleme noktasına göre karşılaştırma; **x**: $p < 0.05$, **y**: $p < 0.01$, **z**: $p < 0.001$

Şekil 4.3. Noktalarına göre manda sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri

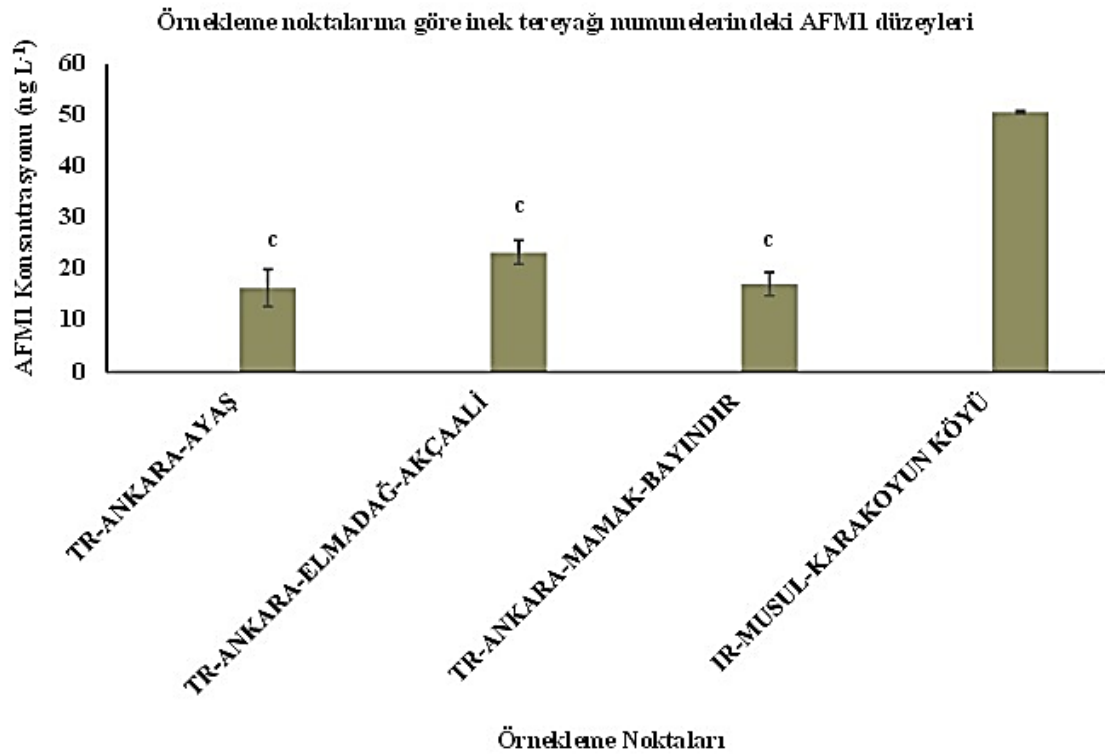
Örnekleme Noktalarına göre keçi sütü numunelerindeki AFM1 düzeyleri



TR-Ankara-Ayaş örnekleme noktasına göre karşılaştırma; **a**: $p < 0.05$, **b**: $p < 0.01$, **c**: $p < 0.001$
IR-Telefer örnekleme noktasına göre karşılaştırma; **x**: $p < 0.05$, **y**: $p < 0.01$, **z**: $p < 0.001$

Şekil 4.4. Örnekleme noktalarına göre keçi sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri

Türkiye ve Irak'taki örnekleme noktalarından temin edilen keçi sütü örneklerindeki AFM1 düzeyleri Tablo 4.4'de gösterildi. Türkiye'deki TR-Ankara-Ayaş örnekleme noktasından elde edilen keçi sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin ($\text{ort.12.72}\pm\text{0.44ng L}^{-1}$; $<50 \text{ ng L}^{-1}$) diğer örnekleme noktalarından alınan keçi sütü örneklerindeki AFM1 düzeyine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edildi ($p<0.001$). Bununla birlikte, IR-Telefer ($\text{ort.6.01}\pm\text{0.76ng L}^{-1}$; $<50 \text{ ng L}^{-1}$) örnekleme noktasından toplanan keçi sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin, istatistikselolarak TR-Ankara-Ayaş ($\text{ort.12.72}\pm\text{0.44ng L}^{-1}$; $<50 \text{ ng L}^{-1}$) örnekleme noktasına göre önemli düzeyde düşük ($p<0.001$), IR-Musul ($\text{ort.1.94}\pm\text{0.12ng L}^{-1}$; $<50 \text{ ng L}^{-1}$) örnekleme noktasından toplanan keçi sütü örneklerindeki AFM1 düzeyine göre yüksek olduğu belirlendi ($p<0.001$).



IR-Musul-Karakoyun Köyü örnekleme noktasına göre karşılaştırma; **a:** $p<0.05$, **b:** $p<0.01$, **c:** $p<0.001$

Şekil 4.5. Örnekleme noktalarına göre inek tereyağı örneklerindeki AFM1 düzeyleri.

Türkiye ve Irak'taki örnekleme noktalarından temin edilen inek tereyağı örneklerindeki AFM1 düzeyleri Tablo 4.5'da gösterilmiştir. Irak'taki IR-Musul-Karakoyun Köyü

örnekleme noktasından temin edilen inek tereyağı örneklerindeki AFM1 düzeyinin (**ort. 50.65±0.24 ng L⁻¹; ≥50 ng L⁻¹**) diğer örnekleme noktalarından alınan inek tereyağı örneklerindeki AFM1 düzeyine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir (p<0.001). Bununla birlikte, diğer örnekleme noktaları olan TR-Anakara-Ayaş (**ort. 16.36±3.65 ng L⁻¹; <50 ng L⁻¹**), TR-Ankara-Elmadağ-Akçaali (**ort. 23.30±2.30 ng L⁻¹; <50 ng L⁻¹**) ve TR-Ankara-Mamak-Bayındır'dan (**ort. 17.15±2.29 ng L⁻¹; <50 ng L⁻¹**) toplanan inek tereyağı örneklerindeki AFM1 düzeyleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir (p>0.05).

BÖLÜM 5

TARTIŞMA

Sütte ve süt ürünlerinde bulunan AFM1 insan sağlığı için önemli riskler oluşturmaktadır [47]. Ülkelerin çoğu, bu tehlikeyi azaltmak için süt ve süt ürünlerinde AFM1 seviyeleri için hazırlanması, soğukta saklanması gibi işlemler yapmaktadır. Bunun için yasal düzenlemeler belirlenmiş veya tevsiiye edilmiştir. Bu düzenlemeler bir ülkeden diğerine farklılık gösterir ve ekonomik hususlara bağlıdır [46]. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Tebliği'nde (45.madde) süt bazlı ürünlerin tüketilmesine izin verilen aflatoksin sınırı 0.05 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) olarak belirtilmiştir [33]. Son yıllarda, çiğ sütte AFM1 kontaminasyonunu izlemek için, elde edilen süt numunelerini kullanılarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır [49].

Bu çalışmada, Türkiye ve Irak'taki bazı yerleşim yerlerinden örneklenen çiğ süt çeşitleri (koyun, inek, manda, keçi sütü) ve tereyağı (inek tereyağı) örneklerinde aflatoksin M1 aranması yapıldı. Çalışmada toplanan koyun (60 örnek), inek (50 örnek), manda (30 örnek) ve keçi (30 örnek) çiğ süt örneklerinde tamamının aflatoksin M1 yönünden pozitif olduğu görülmektedir. Çalışma sonuçlarına benzer yoğunlukta pozitif örnekler Karadal ve ark. [49] (% 100), Bahrami ve ark. [59] (% 100), Thukral ve ark. [60] (% 100), Tomašević ve ark. [73] Gide ve ark. [61] (% 100), Mahmoudi, (2014), [(62] (% 100), Özkan ve ark. [44] (% 100), Iqbal ve ark. [54] (% 100)'nın yapmış oldukları çalışmalarda da görülmektedir. Çalışmada, inek sütünde (Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan köyü ve Mamak- Bayındır & Musul-Karakoyun köyü) limit aşan örneklerin yüzdesi 16 (%37), Manda sütü örneklerinde (Musul)10 (%33), tereyağında ise (Musul-Karakoyun köyü) 8 (%20) olduğu görülmektedir (Tablo 4.1).

İnek sütü bölgeler arası karşılaştırmaya gelince, Ankara'dan (Bala,Hasanoğlan köyü ve Bayındır) alınan çiğ inek sütü örneklerinin yaklaşık %63'ü (30'den 19'u) ve Musul'dan (Karakoyun köyü ve Telefer) çiğ inek sütü örneklerinin yaklaşık %75'i (20'den 15'i) saptanabilir düzeyde AFM1 ile kontamine olmaktadır. Ankara'daki örneklerin %37'si

(30'dan 11'i) ve Musul'daki örneklerin %50'si (20'den 5'i), Avrupa Birliği ve Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen limit değeri (50 ng/kg) aşmaktadır. Ankara'da toplam AFM1 düzeyi Musul'dakine göre nisbi olarak yüksek olsa da istatistiksel olarak önemli bir fark görülmedi. Sonuç olarak iki bölgenin toplam AFM1 düzeyinin %37'si limiti aşarken, %68'i limit altındadır (Tablo 4.1). Sütlerdeki aflatoxin seviyeleri maksimum seviyeyi geçen ineklerin sütündeki aflatoxin seviyelerinin düşmesi için birkaç gün boyunca aflatoxin içermeyen yemler tüketmelileri gerekir [54].

Yapılan benzer çalışmalarda, çiğ inek sütünde AFM1 varlığı, Sudan'da %95,45 olduğu tespit edilmiştir [77]. Yobe Eyalet Üniversitesi Damaturu çiftliğinde %80,0 olduğu görülmüştür [61]. Yapılan bir çalışmada, Iğdır'da örneklerde %100 aflatoxin M1(AF M1) tespit edilmiş ve bunların %80'ninin limiti aştığı görülmüştür [58]. Kayseri'de yapılan başka bir çalışmada örneklerin %70'i sınırın üzerinde [75]. Suriye'de yapılan bir çalışmada örneklerin %59'unun sınırın üzerinde [73], Hindistanda Pencap'ın tüm bölgelerinde yapılan bir çalışmada örneklerin %56.2'sinin sınırın üzerinde [60], Hindistan'da başka bir çalışmada AFM1 varlığının örneklerin %44'ünde Avrupa Birliği tarafından kabul edilen maksimum tolerans sınırın üzerinde olduğu tespit edilmiştir [46]. Bu sonuçlar çalışmamızda bulunan yüzdelerden daha yüksektir. Ancak İran'da benzer bir çalışmada (AFM1) varlığı %46.5 ve bu örneklerin %15,4'ünde sınırının üzerinde [78], Pakistanda yapılan bir çalışmada AFM1 varlığı örneklerin %16,3'ünde limiti aşarken, örneklerin %49'u AFM1 ile kontamine olmuştur (54). Türkiye'de yapılan bir çalışmada örneklerin %44'ünde AFM1 limitinin altında (<5.00 ng/L) [67], Niğde ilinde yapılan bir çalışmada örneklerin %10'unda sınırının üzerinde [49], Pakistan'ın Pencap eyaletinin Faisalabad ilçesinde yapılan bir çalışmada örneklerin %20'sinde AFM1 sınırın üzerinde [53], Mısır'daki bir çalışmada ise örneklerin %66'ında sınırın altında [71] olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar çalışmamızda bulunan yüzdelerden daha düşüktür. Fakat İrandaki bir çalışmada AFM1'nin örneklerin %35.9'unda limiti aşarken, %84.3'ünde limit altındadır [63]. Orta Hırvatistan'da bir çalışmada örneklerin % 1.87'si limiti aşarken, %94.7'i limit altındadır [65]. Bu iki çalışmanın sonucu bizim çalışmamızdaki yüzdelerle göre farklılık gösterir, limit aşanlar daha düşük ve limitin altında olanlar ise daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu farklılıklar muhtemelen

ineklerin tükettiği yem maddelerindeki AFB1 miktarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. AFB1 %13 ile %18 arasında nem içeriği ve %50 ile %60 arasında çevresel nem koşulları altında yemlerde kolaylıkla gelişebilen bazı küfler tarafından üretildiği için hasat öncesi ve hasat sırasında yerel hava koşulları ve depolama koşulları yem kalitesini etkileyebilir[68].

Manda sütü örnekleri ile ilgili çalışmamızda örnekleme yaptığımız bölgeler arası karşılaştırmaya gelince, Kayseri ve Bursa'dan alınan çiğ manda sütü örneklerinin yaklaşık %100'ü ve Musul'daki çiğ manda sütü örneklerinin yaklaşık %100'ünde saptanabilir düzeyde AFM1 tespit edildi. Fakat Kayseri ve Bursa'daki örneklerin limit altında olduğu tespit edildi ve Musul'daki örneklerin %100'ünde Avrupa birliği ve Türk gıda kodeksisine göre limiti aştığı görüldü. Sonuç olarak iki bölgenin toplam AFM1 düzeyinin %33'ünün limiti aşarken, %67'sinin limit altında olduğu tespit edildi (Tablo 4.1). Bu çalışmanın sonuçları, Irak-Musul'daki AFM1 kontaminasyonu için yaygın olarak tüketilen süt veya süt ürünü örneklerinin sürekli gözetiminin önemini göstermiştir.

Yapılan benzer çalışmalarda, çiğ manda sütünde AFM1 varlığı, Pakistan'da yapılan bir çalışmada örneklerin % 40'ının AFM1 ile kontamine olduğu ve %16,3'ünde Avrupa Birliği limitini aşmıştır [54]. Türkiye Afyonkarahisar ilindeki örneklemede örneklerin %27'sinde AFM1 sınırın üzerinde bulunmuştur [51]. İran'ın Kuzey Batı bölgesinden Haziran-Aralık 2012 boyunca yapılan benzer bir çalışmada örneklerin %54.4'ünde AFM1 bulundu ve %16,3'ünde limiti aştığı görülmüştür [62]. Güney Çin'de yapılan başka bir çalışmada, kış aylarında manda sütünde AFM1 yüzdeleri %62.5 bulundu ve %5,9'unda limiti aşmıştır [52]. Hindistan Pencap'ın tüm bölgelerinde yapılan çalışmada örneklerin %13.4'ünde AFM1 miktarının limit üzerinde olduğu tespit edilmiştir [60]. Pakistan'ın Pencap eyaletinin Faisalabad bölgesinde örneklerin %15,8'inde AFM1 sınırın üzerinde bulunduğu tespit edilmiştir [53]. Mısır'da bir çalışmada da örneklerin %52'sinde sınırın altında olduğu görüldü [71]. Hindistan'da bir başka çalışmada örneklerdeki AFM1 yüzdeleri %38.6 bulundu ve bunların %16'sında Avrupa Birliği tarafından kabul edilen maksimum tolerans sınırın üzerinde olduğu tespit edilmiştir [46].

Bu sonuçlar bizim çalışmamızda bildirilen yüzdelerden daha düşüktür. Bu farklılıklar mevsimler boyunca çalışılan süt örneklerinde, çiğ sütte AFM1 seviyesi, hayvanların konsantre yemle beslendiği kış aylarına göre ot, çim ve kaba yemlerin daha bol olduğu ve meraların daha fazla beslendiği ilkbahar ve yaz aylarında daha düşüktür.

Hayvanlar yaz sonuna kadar yeşil ve taze otlarla beslemek, yemdeki AFB1 miktarının azalmasına ve dolayısıyla çiğ sütteki AFM1 seviyesinin düşmesine neden olmaktadır [64,31].

Koyun sütü örnekleri ile ilgili çalışmamızda örnekleme yaptığımız bölgeler arası karşılaştırmaya gelince, Ankara'dan (Hasanoğlan köyü ve Ayaş) alınan toplam çiğ koyun sütü örneklerinin yaklaşık %5'inde (20'den 1'i) AFM1 konsantrasyonunun $<5\text{ng L}^{-1}$ 'nin altında, %95'inde (20'den 19'u) $5-50\text{ ng L}^{-1}$ arasında olduğu tespit edildi ve Musul'dan (Karakoyun köyü, Telefer, Musul Merkez, Musul Aljazira) örneklerinin yaklaşık %100(40'tan 40'ı) AFM1 konsantrasyonunun $<5\text{ng L}^{-1}$ 'nin altında olduğu görüldü. Sonuç olarak bölgelerin toplam AFM1 düzeyinin %68 $<5\text{ng L}^{-1}$ 'nin altında, %32 $5-50\text{ ng L}^{-1}$ arasında olduğu tespit edildi. Aynı zamanda koyun sütü örneklerinde limiti aşan örnek bulunmamaktadır.

Yapılan benzer çalışmalarda, çiğ koyun sütünde AFM1 varlığı, İran'ın batı kısmında 2016 Nisan ayında alınan örneklerde %65 oranında aflatoksin M1(AF M1) tespit edilmiş ve bunların %26.9'u yasal limit aşmıştır [63]. 2018'de Yobe Eyalet Üniversitesi Damaturu çiftliğinde yapılan bir çalışmada AFM1 varlığı %46,75'tir [61]. Suriye'de bir çalışmada aflatoksin varlığı (%24) sınırı aşmıştır [73,53]. İranda (AFM1) varlığı (%11,5) limiti aşmıştır [78]. Hindistan'da bir çalışmada AFM1 varlığı ise %36.6 olarak bulundu ve bunların %12'sinin Avrupa Birliği tarafından kabul edilen maksimum tolerans sınırını aştığı belirlenmiştir [46]. Türkiye'de Isparta ilinde yapılan çalışmada, AFM1 kontaminasyon yüzdesi %2,58 [66], Pakistanda da bir çalışmada, AFM1 kontaminasyon yüzdesinin %37,5 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar çalışmamızda bulunan aflatoksin M1 yüzdelerinden (%68 $<5\text{ng L}^{-1}$) daha düşüktür, ancak bunların %32'si $5-50\text{ ng L}^{-1}$ 'den daha yüksektir ve çalışmamızda limiti aşan örnek

bulunmamaktadır. Koyun sütü örneklerimizde TGK'ne göre limiti aan bulunmamaktadır. AFM1 miktarı insan sağlığını etkilememektedir ve kullanım için uygun bulunmamaktadır. Böylece Irak ve Türkiyede koyun sütü numunelerimiz diğer çalışmalara göre daha sağlıklı ve kullanım için daha uygundur. Bu sonuçların sebebi ise süt numunelerini ilk bahar döneminde toplamamız ve hayvanların tkediği yem ile ilişkili olabilmektedir.

Keçi süt örnekleri ile ilgili çalışmamızda örnekleme yaptığımız bölgeler arası karşılaştırmaya gelince, Ankara-Ayaş'tan alınan toplam çiğ keçi sütü örneklerinin %100' AFM1 yönünden pozitif ve konsantrasyonunun ise 5-50 ng L⁻¹ arasında olduğu tespit edildi. Musul ve Telefer'den örneklerinin yaklaşık %75'i AFM1 yönünden pozitif ve konsantrasyonunun <5ng L⁻¹'nin altında, %25'inin 5-50 ng L⁻¹ arasında olduğu tespit edildi. Sonuç olarak örnekleme yaptığımız bölgelerde toplam AFM1 düzeyinin (%50) AFM1 konsantrasyonunun <5ng L⁻¹'nin altında, (%50) AFM1 konsantrasyonunun ise 5-50 ng L⁻¹ arasında olduğu tespit edildi. Ayrıca örneklerde maksimum limit olan 50 ng L⁻¹ zerinde AFM1'e rastlanmadı (Tablo 4.1).

Yapılan benzer çalışmalarda, çiğ keçi sütünde İtalya'da bir çalışmada AFM1 varlığı örneklerin %17.32'ünde bildirilen sınırın üzerinde [69], Suriye'de bir çalışmada örneklerin %14'ünde sınırın üzerinde [73], Lübnan'da bir çalışmada örneklerin %73.6'sında sınırın üzerinde [72], Türkiye'de bir çalışmada örneklerin %6.36'sında sınırın üzerinde [70], Mısır'da bir çalışmada örneklerin %74'ünde sınırın altında (71), bir başka çalışmada (AFM1) varlığı örneklerin %54,54'ünde sınırın üzerinde [61] oldukları tespit edilmiştir. Bir başka çalışmada (AFM1) varlığının örneklerin %44.6'sında olduğu tespit edilmiş ve bunların %11.1'inde limiti aşmıştır [63]. İnan'da benzer bir çalışmada M1 (AFM1) varlığı örneklerin %20.1'inde pozitif ve %9,15'inde sınırın üzerinde olduğu tespit edilmiştir [78]. Hindistan'da bir çalışmada da AFM1 yüzdeleri %33.3 olarak bulundu ve %10'unda Avrupa Birliği tarafından kabul edilen maksimum tolerans sınırının üzerinde olduğu tespit edilmiştir [46]. Pakistan'da bir çalışmada, AFM1 kontaminasyon yüzdesinin %34,5 ve Avrupa birliği ve Türk gıda kondeksisine göre limit altında olduğu tespit edilmiştir [53]. Fakat Türkiye'de yapılan başka bir çalışmada,

aflatoksin M1 tespit edilememiştir [50]. Bu çalışmanın sonucu bizim çalışmamızda bildirilen yüzdelerden daha düşüktür. Ancak diğer çalışmamızda limiti aşan yüzdeleri bizim çalışmamıza yakındır, çünkü bizim çalışmamızda limit aşan örnek bulunmamaktadır. Bu yüzden keçi sütü örneklerimiz TGK'ne göre kullanım için uygundur ve insan sağlığını etkilememektedir.

Tereyağı örnekleri ile ilgili çalışmamızda örnekleme yaptığımız bölgeler arası karşılaştırmaya gelince, Ankara'dan (Elmadağ-Akçaali, Ayaş ve Mamak-Bayındır) alınan çiğ tereyağı örneklerinde yaklaşık %100'ü (30'den 30'u) ve Musul'daki (Karakoyun köyü) çiğ tereyağı örneklerinin yaklaşık %20'si (10'den 2' si) saptanabilir düzeyde AFM1 ile kontamine bulundu. Irak-Musul'daki örneklerinin %80'ni (10'dan 8'i) Avrupa birliği ve Türk gıda kodeksisine göre limiti aştığı görüldü. Sonuç olarak iki bölgenin toplam AFM1 düzeyinin %20'si limiti aşarken, %80'i limit altında bulundu (Tablo 4.1).

Bizim çalışmamıza benzer çalışmalarda, Türkiye Kayseri ilinde tereyağında AFM1 varlığı incelenmiş ve örneklerin tamamında (%100) AFM1 bulunmuştur. Sadece örneklerin (%2)'si AFM1 konsantrasyonunun Türk Gıda Kodeksinin belirlediği maksimum yasal sınırların üzerinde olduğu tespit edilmiştir (44). Pakistan Lahor'da bir çalışmada örneklerin %16.7'sinin sınırının üzerinde olduğu tespit edilmiştir [79]. Ancak Türkiye Manisa ilinde yapılan bir çalışmada tereyağı örneklerinde AFM1 tespit edilmemiştir [48]. Bu sonuçlar bizim çalışmamızda bildirilen AFM1 varlığı yüzdelerden daha yüksektir. Ancak limit aşan yüzdeler bizim çalışmamızdan daha düşüktür. Bir başka çalışmaya göre de tereyağı diğer süt ürünlerinden daha az aflatoksin içerir. Çünkü tereyağı suda çözünür ve kazein proteini içerir. AFM1 ile kontamine olmuş kremadan tereyağı üretimi sırasında mikotoksinlerin çoğunun yıkama suyuna geçtiği iddia edilmiştir [44]. Fakat bizim yaptığımız çalışmada inek tereyağında AFM1 düzeyi bazı numunelerde önemli artış gösterdi. Bunun ana sebebi ise inek sütü örneklerimizde yüksek miktarda AFM1 rastlanmasıdır.

Bu yüzden bu bölgelerde inek sütü için önlemler alınmalı ve hedef AFM1 seviyelerini en az miktara düşürmek olmalıdır.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada tespit edilen AFM1 varlığının halk sağlığı açısından önemli olduğu ve bu nedenle sistematik olarak kontrol edilmesi gerektiği kanaatine varıldı. Yaptığımız çalışmaya göre TR-Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan inek sütü numunelerindeki AFM1 düzeyi yüksek seviyeye ulaştığı ve limiti aştığı tespit edildi. Bu yüzden Türkiye’de inek sütünde AFM1 aranması çalışmalarının daha fazla yapılmasını önermekteyiz. Aynı zamanda IR-Musul manda sütü, inek sütü ve inek tereyağı örneklerindeki AFM1 düzeyi önemli bir artış gösterdiği ve limiti aştığı görüldü. Irak’ta bu tür AFM1 aranması çalışmaları çok eksik ve yok diyebilecek kadar azdır. Bu yüzden bu tür çalışmaların yapılması önerilmektedir. Sütte düşük bir AFM1 seviyesi elde etmek için, yem hammaddelerinin seçimi ve depolanması sıkı şekilde denetlenmesi ve kontrol edilmesi hedeflenmelidir. Bunun yanında yem örnekleri rutin olarak aflatoxin yönünden analiz edilmelidir.

KAYNAKLAR

- 1- Abdallah, M. F., Girgin, G., & Baydar, T., “Occurrence, prevention and limitation of mycotoxins in feeds”, *Anim. Nutr. Feed Technol*, 15: 471-490 (2015).
- 2- De Souza, C., Khaneghah, A. M., & Oliveira, C. A. F., “The occurrence of aflatoxin M1 in industrial and traditional fermented milk: A systematic review study”, *Italian Journal of Food Science*, 33 (SP1): 12-23 (2021).
- 3- Tiryaki, O., Seçer, E., & Temur, C., “Yemlerde mikotoksin oluşumu, toksisiteleri ve mikotoksin kalıntı analizleri”, *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21 (1): 44-58 (2011).
- 4- Madalı, B., & Ayaz, A., “Aflatoxin M1 in dairy products: exposure and health risks”, *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 4 (1): 1-14 (2017).
- 5- Karimi Dehcheshmeh, B., Shakerian, A., & Rahimi, E., “Evaluation of aflatoxin M1 and heavy metal in raw materials and infant formula produced in Pegah dairy plants, Iran”, *Journal of Chemical Health Risks*, 11 (1): 55-62 (2021).
- 6- Murugesan, G. R., Ledoux, D. R., Naehrer, K., Berthiller, F., Applegate, T. J., Grenier, B., & Schatzmayr, G., “Prevalence and effects of mycotoxins on poultry health and performance, and recent development in mycotoxin counteracting strategies”, *Poultry Science*, 94 (6): 1298-1315 (2015).
- 7- Nešić, K., Habschied, K., & Mastanjević, K., “Possibilities for the biological control of mycotoxins in food and feed”, *Toxins*, 13 (3): 198 (2021).
- 8- Rahimi, E., Bonyadian, M., Rafei, M., & Kazemeini, H. R., “Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk of five dairy species in Ahvaz, Iran”, *Food and Chemical Toxicology*, 48 (1): 129-131 (2010).
- 9- Jallow, A., Xie, H., Tang, X., Qi, Z., & Li, P., “Worldwide aflatoxin contamination of agricultural products and foods: From occurrence to control”, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20 (3): 2332-2381 (2021).
- 10- Ráduly, Z., Szabó, L., Madar, A., Pócsi, I., & Csernoch, L., “Toxicological and medical aspects of Aspergillus-derived mycotoxins entering the feed and food chain”. *Frontiers in Microbiology*, 10: 2908 (2020).

- 11- Agriopoulou, S., Stamatelopoulou, E., & Varzakas, T., “Advances in occurrence, importance, and mycotoxin control strategies: Prevention and detoxification in foods”, *Foods*, 9 (2): 137 (2020).
- 12- Widiyanti, P. M., “Deteksi aflatoksin B1 Dalam Bahan Pakan Dan Pakan Secara Enzyme Linked Immunosorbent Assay. in Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Standardisasi” *Badan Standardisasi Nasional*, 2020: 225-230 (2021).
- 13- Bereket, C., “Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti’nde tüketilen süt örneklerinde aflatoksin M1 düzeylerinin araştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 3-8 (2021).
- 14- Mielniczuk, E., & Skwaryło-Bednarz, B., “Fusarium Head Blight, mycotoxins and strategies for their reduction”, *Agronomy*, 10 (4): 509 (2020).
- 15- Rao, V. K., Navale, V., Ajmera, S., & Dhuri, V., “Aspergillus derived mycotoxins in food and the environment: prevalence, detection, and toxicity”. *Toxicology Reports*. 2021 (8):1008-1030 (2021).
- 16- Azam, M., Ahmed, S., Islam, M., Maitra, P., & Yu, D., “Critical assessment of mycotoxins in beverages and their control measures”, *Toxins*, 13 (5): 323 (2021).
- 17- Matabaro, E., Ishimwe, N., Uwimbabazi, E., & Lee, B. H., “Current immunoassay methods for the rapid detection of aflatoxin in milk and dairy products”, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16 (5): 808-820 (2017).
- 18- Oğuz, H., “Mikotoksinler ve önemi”, *Türkiye Klinikleri J Vet Sci Pharmacol Toxicol Special Topics*, 3 (2): 113-9 (2017).
- 19- Ulutaşdemir, T., “Williopsis Saturnus var. Saturnus içeren yenilebilir kaplamamanın yer fıstığında aflatoksin oluşumu üzerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, 6 (2019).
- 20- Erkan, S., “Elazığ'da satışa sunulan şavak tulum peynirlerinin aflatoksin M 1 (AFM1) ve bazı kimyasal parametreler bakımından incelenmesi/Investigation of şavak tulumu cheese sold in elazig for aflatoxin M1 (AFM1) and for some chemical parameters”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 3 (2017).
- 21- Ok, M. T., “Süt bazlı infant formülalarında aflatoksin M1 düzeyinin belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, (2019).
- 22- Mehenktaş, C., “Süt ve süt ürünlerinde aflatoksin M1”, *Akademik Gıda*, 17 (3): 439-443 (2019).

- 23- Türkeşiz, K., “Bazı tahıl unlarında mikotoksinlerin ve mikotksijenik küflerin varlığı üzerine araştırmalar”, Doktora Tezi, *İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul, 4 (2020).
- 24- Zahra, N., Saeed, M. K., Sheikh, A., Kalim, I., Ahmad, S. R., & Jamil, N., “A review of mycotoxin types, occurrence, toxicity, detection methods and control”, *Biological Sciences PJSIR*, 62 (3): 206-218 (2019).
- 25- Negash, D., “A review of aflatoxin: occurrence, prevention, and gaps in both food and feed safety”, *J. Appl. Microbiol. Res*, 1: 35-43 (2018).
- 26- Richard, J. L., “Some major mycotoxins and their mycotoxicoses—An overview”, *International Journal of Food Microbiology*, 119 (1-2): 3-10 (2007).
- 27- Merve, A. Ç. U., & Ocak, Ö. Ö., “Gıdalarda aflatoksin düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri”, *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4 (2): 168-181 (2019).
- 28- Yüksel, N., & Albayrak, Ç. B., “Süt ortamında *Lactobacillus plantarum* NRRLB 4496'nın aflatoksin M1 (AFM1) bağlama potansiyeli”, *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 99-106 (2020).
- 29- Oruç, H. H., Temelli, S., & Sorucu, A., “Bursa'da çiğ süt ve uht sütlerde aflatoksin M1 düzeyleri aflatoxin M1 levels of raw milks and UHT milks in Bursa”, *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 30 (2): 1-4 (2011).
- 30- Topal, G. G., “Piyasadaki Farklı Yoğurt Türlerinin Aflatoksin M1 Düzeylerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-8 (2017).
- 31- İşleyici, Ö., Sancak, Y. C., Sancak, H., & Yücel, U. M., “Determination of Aflatoxin M1 Levels in Unpackaged Sold Raw Cow's Milk”, *Van Veterinary Journal*, 26 (3): 151-155 (2015).
- 32- Demirer, B., & Özdemir, M. “Süt ve süt ürünlerinde aflatoksinler: olası riskler”, *Academic Platform Journal of Halal Lifestyle*, 3 (2): 108-117 (2021).
- 33- Demir, P., & Öksüztepe, G. “Elazığ'da satışa sunulan Şavak tulum peynirlerinin aflatoksin M1 (AFM1) ve bazı kimyasal parametreler bakımından incelenmesi”, *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 32 (1): 45-51 (2018).
- 34- Becker-Algeri, T. A., Castagnaro, D., de Bortoli, K., de Souza, C., Drunkler, D. A., & Badiale-Furlong, E., “Mycotoxins in bovine milk and dairy products: A review”, *Journal of Food Science*, 81 (3): R544-R552 (2016).
- 35- Flores-Flores, M. E., & González-Peñas, E., “An LC–MS/MS method for multi-mycotoxin quantification in cow milk”, *Food Chemistry*, 218: 378-385 (2017).

- 36- Ketney, O., Santini, A., & Oancea, S., "Recent aflatoxin survey data in milk and milk products: A review", *International Journal of Dairy Technology*, 70 (3): 320-331 (2017).
- 37- Deveci, O., & Sezgin, E., "Süt ve ürünlerinde aflatoksin M1 ve ülkemizdeki durum", *Akademik Gıda*, 4 (4): 11-16 (2016).
- 38- Çoşkun, T., & ŞANLI, T., "Süt ve süt ürünlerinde kalıntılar", *Akademik Gıda*, 14 (1): 67-74 (2016).
- 39- Ráduly, Z., Szabó, L., Madar, A., Pócsi, I., & Csernoch, L., "Toxicological and medical aspects of Aspergillus-derived mycotoxins entering the feed and food chain", *Frontiers in Microbiology*, 10: 2908, (2020).
- 40- Türkoğlu, Ç. "Çiğ, pastörize ve uht sütlerde aflatoksin m1 ile okratoksin a varlığının araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Burdur Mehmet Akif Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*. Burdur. 3-18 (2018).
- 41- Demirgöl, F., & SAĞDIÇ, O., "Fermente süt ürünlerinin insan sağlığına etkisi", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2018 (13): 45-53 (2018).
- 42- Kart, M. Ç. Ö., & Demircan, V., "Dünyada ve Türkiye'de süt ve süt ürünleri üretimi, tüketimi ve ticaretindeki gelişmeler", *Akademik Gıda*, 12 (1): 78-96 (2014).
- 43- Mielniczuk, E., & Skwaryło-Bednarz, B., "Fusarium head blight, mycotoxins and strategies for their reduction", *Agronomy*, 10 (4): 509 (2020).
- 44- Özkan, N. A., & Onmaz, N. E., "Perakende Olarak Satışa Sunulan Kaymak ve Tereyağlarda Aflatoksin M1 Varlığı", *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16 (3): 213-217 (2019).
- 45- Assaf, J. C., Nahle, S., Chokr, A., Louka, N., Atoui, A., & El Khoury, A., "Assorted methods for decontamination of aflatoxin M1 in milk using microbial adsorbents", *Toxins*, 11 (6): 304 (2019).
- 46- Nile, S. H., Park, S. W., & Khobragade, C. N., "Occurrence and analysis of aflatoxin M1 in milk produced by Indian dairy species", *Food and Agricultural Immunology*, 27 (3): 358-366 (2016).
- 47- İşleyici, Ö., Morul, F., & Sancak, Y. C., "Van'da tüketime sunulan UHT sterilize inek sütlerinde aflatoksin M1 düzeyinin araştırılması", *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23 (2): 65-69 (2012).
- 48- Ayyıldız, T., "Organik süt ve süt ürünlerinde aflatoksin M1 varlığının araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, 35-46 (2012).

- 49- Karadal, F., Onmaz, N. E., Hızlısoy, H., Yıldırım, Y., Serhat, A. L., & Gönülalan, Z., “Niğde ilindeki çiğ koyun, keçi ve inek sütlerinde aflatoksin M1 düzeyleri”, *Kocatepe Veterinary Journal*, 11 (2): 119-125 (2018).
- 50- Bilgin, Ö., “İnek, koyun ve keçi sütlerinde yaz ve kış mevsimlerinde aflatoksin M1 düzeyinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, 33-38 (2014).
- 51- Kara, R., & Ince, S., “Aflatoxin M1 in buffalo and cow milk in Afyonkarahisar, Turkey”, *Food Additives & Contaminants: Part B*, 7 (1): 7-10 (2014).
- 52- Guo, L., Wang, Y., Fei, P., Liu, J., & Ren, D., “A survey on the aflatoxin M1 occurrence in raw milk and dairy products from water buffalo in South China”, *Food control*, 105: 159-163 (2019).
- 53- Hussain, I., Anwar, J., Asi, M. R., Munawar, M. A., & Kashif, M., “Aflatoxin M1 contamination in milk from five dairy species in Pakistan”, *Food control*, 21 (2): 122-124 (2010).
- 54- Iqbal, S. Z., Asi, M. R., & Ariño, A., “Aflatoxin M1 contamination in cow and buffalo milk samples from the North West Frontier Province (NWFP) and Punjab provinces of Pakistan”, *Food Additives and Contaminants: Part B*, 4 (4): 282-288 (2011).
- 55- Ghaffarian Bahraman, A., Mohammadi, S., Jafari, A., Ghani-Dehkordid, J., Arabnezhad, M. R., Rahmdel, S., & Hosseini Teshnizi, S., “Occurrence of aflatoxin M1 in milks of five animal species in Iran: a systematic review and meta-analysis”, *Food Reviews International*, 36 (7): 692-712 (2020).
- 56- Uzeh, R. E., & Adebawale, E., “Aflatoxigenic fungi and aflatoxins in locally processed peanut butter in Lagos, Nigeria”, *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 10 (6): e3546-e3546 (2021).
57. Karaoğlan, H., Yanık, E. D., & Tunç, N., “Ülkemizde ve dünyada süt ve süt ürünlerinde aflatoksin M1 varlığı”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53 (1): 81-87 (2022).
- 58- Yurt B., & Uluçay, B., “İğdır’da üretilen sütlerin bazı kimyasal özellikleri ve aflatoksin M1 miktarının belirlenmesi”, *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 6 (2): 32-39 (2017).
- 59- Kevenk, T. O., “Aflatoxin M1 contamination of Anatolian water buffalo milk”. *Etilik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 32 (2): 107-110.
- 60-Thukral, H., Dhaka, P., Bedi, J. S., & Aulakh, R. S., “Occurrence of aflatoxin M1 in bovine milk and associated risk factors among dairy farms of Punjab, India”, *World Mycotoxin Journal*, 15 (2): 201-210 (2022).

- 61- Gide, S., Muhammed, B., Galal, G. H., Iliyah, A. A., Mabu, I. M., Lawan, M. S., ... & Sheriff, W., "Determination of aflatoxin M1 in raw milk produce at Yobe State University Farm Damaturu, Nigeria", *Fudma Journal of Sciences*, 4 (3): 457-463 (2020).
- 62- Mahmoudi, R., "Seasonal pattern of aflatoxin M1 contamination in buffalo milk", *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 20 (1): 9-13 (2014).
- 63- Bahrami, R., Shahbazi, Y., & Nikousefat, Z., "Aflatoxin M1 in milk and traditional dairy products from west part of Iran: Occurrence and seasonal variation with an emphasis on risk assessment of human exposure", *Food Control*, 62: 250-256.. (2016).
- 64- Roila, R., Branciaro, R., Verdini, E., Ranucci, D., Valiani, A., Pelliccia, A., ... & Pecorelli, I., "A Study of the Occurrence of Aflatoxin M1 in Milk Supply Chain over a Seven-Year Period (2014–2020): Human Exposure Assessment and Risk Characterization in the Population of Central Italy", *Foods*, 10 (7): 1529 (2021).
- 65- Bilandžić, N., Varga, I., Varenina, I., Solomun Kolanović, B., Božić Luburić, Đ., Đokić, M., ... & Cvetnić, Ž., "Seasonal occurrence of aflatoxin M1 in raw milk during a five-year period in Croatia: Dietary exposure and risk assessment", *Foods*, 11 (13): 1959 (2022).
- 66- İnce S., & Karatekeli, S., "Türkiye’de Isparta İlinin Eğirdir Bölgesinden toplanan koyun sütlerinde aflatoksin M1 kalıntı varlığının ELISA ile değerlendirilmesi", *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9 (2): 144-147 (2020).
- 67- Aksoy, A., & Sezer, Ç., "Kars ilinde tüketime sunulan çiğ süt ve bazı peynir çeşitlerinde Aflatoksin M1 varlığının değerlendirilmesi", *Kocatepe Veterinary Journal*, 12 (1): 39-44 (2019).
- 68- Hashemi, M., "A survey of aflatoxin M1 in cow milk in Southern Iran", *Journal of food and drug analysis*, 24 (4): 888-893 (2016).
- 69- Viridis, S., Corgiolu, G., Scarano, C., Pilo, A. L., & De Santis, E. P. L., "Occurrence of aflatoxin M1 in tank bulk goat milk and ripened goat cheese", *Food Control*, 19 (1): 44-49 (2008).
- 70- Özdemir, M., "Determination of aflatoxin M1 levels in goat milk consumed in Kilis province", *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 54 (2): 99-103 (2007).
- 71- Motawee, M. M., Bauer, J., & McMahan, D. J., "Survey of aflatoxin M1 in cow, goat, buffalo and camel milks in Ismailia-Egypt", *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 83 (5): 766-769 (2009).

- 72- Assem, E., & Mohamad, A., “A survey on the occurrence of aflatoxin M1 in raw and processed milk samples marketed in Lebanon”, *Food Control*, 22 (12): 1856-1858. (2011).
- 73- Ghanem, I., & Orfi, M., “Aflatoxin M1 in raw, pasteurized and powdered milk available in the Syrian market”, *Food Control*, 20 (6): 603-605 (2009).
- 74- Tomašević, I., Petrović, J., Jovetić, M., Raičević, S., Milojević, M., & Miočinović, J., “Two year survey on the occurrence and seasonal variation of aflatoxin M1 in milk and milk products in Serbia”, *Food control*, 56: 64-70 (2015).
- 75- Buldu, H., Koc, A. N., & URAZ, G., “Aflatoxin M1 contamination in cow’s milk in Kayseri (central Turkey)”, *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 35 (2): 87-91 (2011).
- 76- Roussi, V., Govaris, A., Varagouli, A., & Botsoglou, N. A., “Occurrence of aflatoxin M1 in raw and market milk commercialized in Greece”, *Food Additives & Contaminants*, 19 (9): 863-868 (2002).
- 77- Elzupir, A. O., & Elhoussein, A. M., “Determination of aflatoxin M1 in dairy cattle milk in Khartoum State, Sudan”, *Food control*, 21 (6): 945-946 (2010).
- 78- Fallah, A. A., Fazlollahi, R., & Emami, A., “Seasonal study of aflatoxin M1 contamination in milk of four dairy species in Yazd, Iran”, *Food Control*, 68: 77-82 (2016).
- 79- Gill, U. A., Durrani, A. Z., & Usman, M., “An Assessment and Control of AFM 1 in Milk and Main Dairy Products in Lahore, Pakistan”, *Bovine Science-Challenges and Advances*, IntechOpen (2022).
- 80- Oğuz, H., “Mikotoksinlerin Buzağı Kayıplarına Etkisi. Buzağı Sağlığı ve Yetiştiriciliği El Kitabı”, *Medisan*, Ankara, 16-19 (2020).

ÖZGEÇMİŞ

Mohammed Nooruldeen Saeed HIZO, ilk ve orta öğrenimini Irak'ta tamamladı. 2005 yılında Musul Üniversitesi, Mikrobiyoloji Bölümü'nden mezun oldu. Halen devlete ait Musul Yoğurt fabrikasında Mikrobiyolog olarak çalışmaktadır. 2020 yılında Karabük Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gıda Toksikolojisi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.