

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**GELENEKSEL METOTLAR İLE ÜRETİLEN DOMATES VE BİBER
SALÇALARINDA AFLATOKSİN RİSK PROFİLİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NURŞAH GÜLÖKSÜZ ŞAHİN

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ ALPER KÜRŞAT DEMİRKAYA

BİLECİK, 2021

10402730

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**GELENEKSEL METOTLAR İLE ÜRETİLEN DOMATES VE BİBER
SALÇALARINDA AFLATOKSİN RİSK PROFİLİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NURŞAH GÜLÖKSÜZ ŞAHİN

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ ALPER KÜRŞAT DEMİRKAYA

BİLECİK, 2021

10402730

BEYAN

“Geleneksel Metotlar İle Üretilen Domates ve Biber Salçalarında Aflatoksin Risk Profilinin Değerlendirilmesi” adlı yüksek lisans tezinin hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel ahlak kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Bu tez çalışmasında hiçbir projeden destek alınmamıştır.	
DESTEK ALINMIŞTIR.	DESTEK ALINMAMIŞTIR.
Destek alındı ise;	
Destekleyen Kurum:	
Desteğin Türü	Proje Numarası
1-Bap (Bilimsel Araştırma Projesi)	
2-Tubitak	
Diğer:	

NURŞAH GÜLÖKSÜZ ŞAHİN

...../...../2021

ÖNSÖZ

Maddi ve manevi olarak desteklerini her zaman yanımda hissettiğim, beni her konuda ve her zaman destekleyen ve beni her daim hoşgörü ile karşılayan, başarılarımın en büyük destekçileri olan sevgili annem ve babam Zeliha ve Lütfü GÜLÖKSÜZ’e, canım abim, ablam ve eşime,

Tez çalışmamın her aşamasında benden desteğini, bilgisini ve deneyimlerini hiç esirgemeyen ve her daim yardımcı olan, tezimin planlanmasında, yürütülmesinde ve tamamlanmasında büyük emeği olan sayın danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Alper Kürşat DEMİRKAYA’ya,

Yüksek Lisansım süresince derslerini aldığım ve bana tezim sırasında destek olan Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi’ndeki hocalarıma ve arkadaşlarıma, sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Nurşah GÜLÖKSÜZ ŞAHİN

2021

ÖZET

GELENEKSEL METOTLAR İLE ÜRETİLEN DOMATES VE BİBER SALÇALARINDA AFLATOKSİN RİSK PROFİLİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmanın amacı Bilecik ilinde geleneksel metotlar ile üretilen domates ve biber salçalarında total aflatoksin ve aflatoksin B₁ miktarını saptamak ve aflatoksin düzeylerinin Türk Gıda Kodeksi'nde yer alan limitlere uygun olup olmadığını değerlendirerek halk sağlığını tehlikeye atacak konsantrasyonlarda olup olmadığını tespit etmektir. Bunun yanı sıra salça örnekleri mikrobiyolojik analizlerden toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı, koliform grup bakteri sayımı, *Enterobacteriaceae* sayımı, maya-küf sayımı, *Staphylococcus aureus* sayımı yaparak mikrobiyal yükü; kimyasal ve fiziksel analizlerden pH, titrasyon asitliği miktarı, kuru madde miktarı, kül miktarı, tuz miktarı, kavanoz dolum miktarı ve suda çözünür kuru madde tayini (Brix) ile örneklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini tespit etmektir.

Bu amaç doğrultusunda Bilecik ilinin semt pazarlarından ve halkından 27 adet domates salçası, 5 adet biber salçası ve 26 adet domates ve biber karışık olmak üzere toplamda 58 adet salça numunesi incelenmek üzere temin edilmiştir.

Araştırma sonucunda örneklerin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları; pH $4,425 \pm 0,176$, titrasyon asitliği $\%0,626 \pm 0,299$, kuru madde $\%31,214 \pm 4,041$, kül $\%3,449 \pm 1,225$, tuz miktarı $\%0,329 \pm 0,147$, kavanoz dolum miktarı $89,6006 \pm 3,716$ (% v/v), suda çözünür kuru madde (Brix) $23,182 \pm 3,869$ olarak tespit edilmiştir.

Aflatoksin analizinde ELISA yöntemi kullanılmıştır. Örneklerde minimum $1,4 \mu\text{g/kg}$ ve maksimum $3,25 \mu\text{g/kg}$ düzeylerinde toplam aflatoksin tespit edilmiş olup aflatoksin B₁ düzeyi minimum $0,011 \mu\text{g/kg}$ ve maksimum $0,084 \mu\text{g/kg}$ olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda tespit edilen aflatoksin değerleri Türk Gıda Kodeksi'nde yer alan limitlerden düşük olduğu ve halk sağlığı açısından tehdit oluşturmadığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toplam aflatoksin; Aflatoksin B₁; Salça örnekleri; ELISA

ABSTRACT

EVALUATION OF AFLATOXIN RISK PROFILE IN TOMATOES AND PEPPER PASTES PRODUCED BY TRADITIONAL METHODS

The aim of this study is to determine the total aflatoxin and aflatoxin B₁ amount in tomato and pepper paste produced by traditional methods in Bilecik province, and to determine whether aflatoxin levels are in compliance with the limits in the Turkish Food Codex and whether they are at concentrations that will endanger public health. In addition, the microbial load of tomato paste samples was determined by making total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) count, coliform group bacteria count, *Enterobacteriaceae* count, yeast-mold count, *Staphylococcus aureus* count from microbiological analysis; the aim is to determine the physical and chemical properties of the samples with pH, titration acidity amount, dry matter amount, ash amount, salt amount, jar filling amount and water-soluble dry matter determination (Brix) from the chemical and physical analysis.

For this purpose, a total of 58 paste samples, including 27 tomato paste, 5 pepper paste, and 26 tomatoes and pepper mixed, were obtained from the local bazaars and people of Bilecik province.

Physical and chemical analysis results of the samples as a result of the research; pH $4,425 \pm 0,176$, titration acidity $0,626 \pm 0,299\%$, dry matter $31,214 \pm 4,041\%$, ash $3,449 \pm 1,225\%$, salt content $0,329 \pm 0,147\%$, jar filling amount $89,6006 \pm 3,716$ (% v/v), water soluble dry matter (Brix) was determined to be $23,182 \pm 3,869$.

ELISA method was used for aflatoxin analysis. Total aflatoxin levels were determined at minimum 1,4 and maximum 3,25 µg/kg in samples, and aflatoxin B₁ level was determined as minimum 0,011 and maximum 0,084 µg/kg. It was determined that the aflatoxin values determined in our study are lower than the limits in the Turkish Food Codex and do not pose a threat to public health.

Key Words: Total aflatoxin; Aflatoxin B₁; Paste samples; ELISA

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1. Domatesin Bileşimi ve Önemi	3
2.2. Salça Üretiminde Kullanılan Kırmızı Biberin Bileşimi ve Önemi.....	5
2.3. Salçanın Tanımı ve Sınıflandırılması	7
2.4. Salçalarda Küf Oluşumu.....	17
2.5. Mikotoksinler ve Mikotoksikozis	19
2.6. Aflatoksinler	24
2.7. Aflatoksin Oluşumunun Engellenmesi ve Detoksifikasyonu	35
2.8. Aflatoksin Analiz Yöntemleri	37
2.9. Gıdalarda Yapılan Aflatoksin Çalışmaları	39
3. MATERYAL VE METOT	44
3.1. Materyal	44
3.2. Metot.....	44
3.2.1. Aflatoksin (B ₁ , Total) Miktarının Belirlenmesi	44
3.2.1.1. Aflatoksin B ₁ miktarının belirlenmesi	44
3.2.1.2. Aflatoksin total miktarının belirlenmesi	45
3.2.2. Fiziksel ve Kimyasal Analizler	45
3.2.2.1. Kuru madde miktarının belirlenmesi.....	45

3.2.2.2. Suda çözünür kuru madde miktarının belirlenmesi (Brix)	45
3.2.2.3. pH değerinin belirlenmesi	46
3.2.2.4. Tuz miktarının belirlenmesi.....	46
3.2.2.5. Toplam asitlik miktarının belirlenmesi	46
3.2.2.6. Kül miktarının belirlenmesi.....	47
3.2.2.7. Doldurma boşluğunun belirlenmesi.....	47
3.2.3. Mikrobiyolojik Analizler	47
3.2.3.1. Enterobacteriaceae sayımı	47
3.2.3.2. Koliform grup bakteri sayımı	47
3.2.3.3. Maya - küf sayımı	48
3.2.3.4. Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayımı.....	48
3.2.3.5. Staphylococcus aureus sayımı.....	48
3.2.4. İstatistiksel Analizler	48
4. BULGULAR	49
4.1. Total Aflatoksin Değerleri	51
4.2. Aflatoksin B ₁ Değerleri	51
4.3. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Değerleri	52
4.3.1. Kuru madde miktarı değerleri	52
4.3.2. Suda çözünür kuru madde (brix) miktarı değerleri	53
4.3.3. pH değerleri	54
4.3.4. Tuz miktarı değerleri.....	55
4.3.5. Asidite (%) değerleri.....	56
4.3.6. Kül miktarı değerleri	57
4.3.7. Doldurma boşluğu değerleri.....	58
4.4. Mikrobiyolojik Analiz Değerleri	59
4.4.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) değerleri	59

4.4.2. Koliform grup bakterileri sayısı değerleri	60
4.4.3. Maya - küf sayısı değerleri	61
4.4.4. <i>Enterobacteriaceae</i> sayısı değerleri.....	62
4.4.5. <i>Staphylococcus aureus</i> sayımına ait sonuçlar	63
5. TARTIŞMA	65
6. SONUÇ.....	72
KAYNAKÇA	73
EKLER	91



TABLÖLER LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 Domates meyvesinin bileşenleri (100g)	4
Tablo 2.2 Domates ve ürünleri likopen içerikleri	5
Tablo 2.3. 2013-2018 yılları Türkiye biber üretim miktarları.....	6
Tablo 2.4. Taze kırmızıbiber besin değerleri (100g)	7
Tablo 2.5. Domates salçasında aranan fiziksel ve kimyasal özellikler	9
Tablo 2.6. Biber salçasında aranan fiziksel ve kimyasal özellikler	10
Tablo 2.7. Domates salçası besin değerleri (100g).....	10
Tablo 2.8. Filamentli küflerin bazı önemli toksijenik türleri ve mikotoksinler	22
Tablo 2.9. Bazı mikotoksinler, üreticileri, etkileri ve bulundukları ürünler	23
Tablo 2.10. Bazı gıda ürünlerinde aflatoksin ve kontaminasyon riski	25
Tablo 2.11. Aflatoksinlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri	27
Tablo 2.12. Çeşitli türde hayvanlarda AFB ₁ için LD50 değerlerinin karşılaştırması.....	31
Tablo 2.13. Türk Gıda Kodeksi tarafından bazı gıdalar için kabul edilen aflatoksin limitleri	33
Tablo 2.14. Bazı ülkelerde gıdalardaki maksimum aflatoksin limitleri.....	34
Tablo 4.1. Salça örneklerinde toplam aflatoksin, aflatoksin B ₁ , mikrobiyolojik analiz verileri ve pH değerleri arasındaki korelasyon	49
Tablo 4.2. Salça örneklerinin toplam aflatoksin değerleri (ppb).....	51
Tablo 4.3. Salça örneklerinin toplam aflatoksin değerlerinin dağılımı (%).....	51
Tablo 4.4. Salça örneklerinin aflatoksin B ₁ değerleri (ppb).....	52
Tablo 4.5. Salça örneklerinin aflatoksin B ₁ değerlerinin dağılımı (%)	52
Tablo 4.6. Salça örneklerinin kuru madde değerleri (%).....	52
Tablo 4.7. Salça örneklerinin kuru madde değerlerinin dağılımı (%)	53
Tablo 4.8. Salça örneklerinin suda çözünen kuru madde değerleri (°Bx).....	53
Tablo 4.9. Salça örneklerinin suda çözünen kuru madde değerlerinin dağılımı (%)	53

Tablo 4.10. Salça örneklerinin pH değerleri	54
Tablo 4.11. Salça örneklerinin pH değerlerinin dağılımı (%).....	54
Tablo 4.12. Salça örneklerinin tuz miktarı ortalama değerleri (%)	55
Tablo 4.13. Salça örneklerinin tuz miktarı değerlerinin dağılımı (%).....	55
Tablo 4.14. Salça örneklerinin asidite değerleri (%)	56
Tablo 4.15. Salça örneklerinin asidite değerlerinin dağılımı (%)	56
Tablo 4.16. Salça örneklerinin kül miktarı değerleri (%)	57
Tablo 4.17. Salça örneklerinin kül miktarı değerlerinin dağılımı (%).....	57
Tablo 4.18. Salça örneklerinin doldurma boşluğu değerleri (v/v).....	58
Tablo 4.19. Salça örneklerinin doldurma boşluğu değerlerinin dağılımı (%).....	58
Tablo 4.20. Salça örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) (log kob/g)	59
Tablo 4.21. Salça örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) değerlerinin dağılımı (%)	59
Tablo 4.22. Salça örneklerinin koliform grubu bakteri sayısı (log kob/g).....	60
Tablo 4.23. Salça örneklerinin koliform grubu bakteri sayısı değerlerinin dağılımı (%).....	60
Tablo 4.24. Salça örneklerinin maya ve küf sayısı (log kob/g).....	61
Tablo 4.25. Salça örneklerinin maya ve küf sayısı değerlerinin dağılımı (%).....	61
Tablo 4.26. Salça örneklerinin <i>Enterobacteriaceae</i> sayısı (log kob/g)	62
Tablo 4.27. Salça örneklerinin <i>Enterobacteriaceae</i> sayısı değerlerinin dağılımı (%)	62
Tablo 4.28. Salça örneklerinin <i>Staphylococcus aureus</i> sayısı (log kob/g)	63
Tablo 4.29. Salça örneklerinin <i>Staphylococcus aureus</i> sayısı değerlerinin dağılımı (%)	63

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Salça üretim akış şeması	14
Şekil 2.2. Hammaddenin yıkanması ve ayıklanması işlemleri	16
Şekil 2.3. Haşlama işlemi	16
Şekil 2.4. Kaynatma ve karıştırma işlemleri.....	17
Şekil 2.5. Bazı aflatoksinlerin kimyasal yapıları	26
Şekil 2.6. <i>Aspergillus</i> türünün şematik görünümü.	28
Şekil 2.7. Karaciğerde aflatoksin metabolizması.....	32

GRAFİKLER LİSTESİ

Sayfa No

Grafik 4.1. Salça örneklerinin toplam aflatoksin değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları	51
Grafik 4.2. Salça örneklerinin aflatoksin B ₁ değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları	52
Grafik 4.3. Salça örneklerinin kuru madde (%) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları	53
Grafik 4.4. Salça örneklerinin suda çözünen kuru madde miktarı (°Bx) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları	54
Grafik 4.5. Salça örneklerinin pH değerlerinin yüzde dağılımı ve frekans sayıları	55
Grafik 4.6. Salça örneklerinin tuz (%) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları	56
Grafik 4.7. Salça örneklerinin asidite (%) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları	57
Grafik 4.8. Salça örneklerinin kül miktarı (%) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları ..	58
Grafik 4.9. Salça örneklerinin doldurma boşluğu (cm) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları	59
Grafik 4.10. Salça örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) (log kob/g) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları	60
Grafik 4.11. Salça örneklerinin koliform grubu bakteri sayısı (log kob/g) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları	61
Grafik 4.12. Salça örneklerinin maya ve küf sayısı sayısı (log kob/g) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları	62
Grafik 4.13. Salça örneklerinin <i>Enterobacteriaceae</i> sayısı (log kob/g) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları	63
Grafik 4.14. Salça örneklerinin <i>Staphylococcus aureus</i> sayısı (log kob/g) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları	64

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

%: Yüzde
°C: Santigrat derece
g: Gram
kg: Kilogram
L: Litre
mg: Miligram
mL: Mililitre
mm: Milimetre
ng: Nanogram
NH₃: Amonyak
nm: Nanometre
µg: Mikrogram
µL: Mikrolitre
AFB₁: Aflatoksin B₁
AFB₂: Aflatoksin B₂
AFG₁: Aflatoksin G₁
AFG₂: Aflatoksin G₂
AFM₁: Aflatoksin M₁
AFM₂: Aflatoksin M₂
EFSA: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
ELISA: Enzime Bağlı İmmünosorbent Test
FAO: Food and Agriculture Organization
HPLC: High Performance Liquid Chromatography
TGK: Türk Gıda Kodeksi
TSE: Türk Standardları Enstitüsü
UV: Ultraviyole
vb: Ve benzeri
vd: Ve diğerleri
WHO: Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Gıda maddelerinin bozulmasının başlıca sebepleri doğal florasında bulunan mikroorganizmalar ve hijyen kurallarına uyulmamasından ötürü bulaşan mikroorganizmalardır. Bunların büyük bir kısmı küflerin yapmış olduğu bozulmalardır (Demircioğlu ve Filazi, 2010: 64). Küfler her iklim koşulunda gelişebilen hatta kuru ortamda dahi saprofit veya parazit olarak yaşayabilen organizmalardır (Özkalp, 1992). Doğada çok yaygın olarak bulunan küflerden bazıları özellikle sıcaklık ve rutubetin uygun olduğu koşullarda gıdalarda gelişerek çoğalmakta ve toksik maddeler üretmektedirler. Bu toksik maddeler mikotoksin olarak adlandırılmaktadır. Mikotoksinler *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* gibi toksin üretebilen küfler tarafından sekonder metabolitler olarak iz miktarda (mg/L ve µg/L düzeyinde) üretilen ve bu düşük miktarlarda bile sağlığı olumsuz etkileyen zehirli bileşiklerdir. Aflatoksinler, mikotoksinler içinde kanserojen ve toksik etkiye en fazla sahip olanlarıdır (Özsunar, 2005). Aflatoksinler, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* ve *Aspergillus nomius*'un sekonder metabolitleridir ve okside olmuş heterosiklik yapısında bifuran halkası ve lakton bağı bulunduran kumarin bileşikler olup genotoksik ve sitotoksik kanserojenlerdir (Doyle vd., 1982: 966). Hepatotoksik, genotoksik, karsinojenik, teratojenik, immunsupresif ve antinutrisyonel etkileri nedeniyle aflatoksinler insan sağlığı açısından önemli tehlike oluştururlar (Wangikar vd., 2005: 40). Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından aflatoksinler Grup I karsinojen olarak sınıflandırılmıştır (Gürhayta ve Çağındı, 2015: 329). Ayrıca aflatoksinlerin dünya çapında oldukça ciddi boyutlarda sağlık problemlerin yanısıra ekonomik problemlere neden olması da bu konunun önemini artırmaktadır (Ünlütürk ve Turantaş, 2015). Aflatoksinler içerisinde toksik etkisi en yüksek olarak bilinen aflatoksin B₁'dir (Gürhayta ve Çağındı, 2015: 329). Çok güçlü bir karaciğer karsinojeni ve toksini olduğu bilinen Aflatoksin B₁'in diyetle 1 ppb seviyesinde olmasının karaciğer tümörünün oluşması için yeterli olduğu bildirilmiştir (Timbrell, 1989: 5). Aflatoksin oluşumundan sorumlu küfler su aktivitesi ve sıcaklık koşullarına bağlı olarak birçok tarımsal ürün ve gıda maddelerinde gelişebilmektedirler. Bu nedenle gıda maddelerinde aflatoksin önemli bir sorun teşkil etmektedir (Bullerman, 1986: 63). Yapılan çalışmalar, hasat öncesi aflatoksin üretiminin kuraklık, yüksek sıcaklık ve yağış gibi iklimsel streslere, bitkinin kendi genotipine uygun iklimde yetişmediği durumlara ve böcekler tarafından tahribatına bağlı olduğunu göstermiştir (Wu ve Khlangwiset, 2010: 499). Hasat sonrası toksin kontaminasyonu ise depolama sürecinde, nakil sırasında ve gıda işleme endüstrisindeki yanlış tarımsal uygulamalardan dolayı oluşabilmektedir (Halkman, 2013).

Ülkemizde daha çok Güneydoğu Anadolu bölgesinde ve özellikle Gaziantep ve çevresinde fermantasyon ile biber salçası üretimi yaygındır (Ayda, 2020). Ayrıca Şanlıurfa isot biberinden de geleneksel salça üretimi mevcuttur (Altun vd., 2020: 7). Kore, Meksika ve Çin’de kendilerine özgü geleneksel olarak salça üretmektedir (Chung vd., 2009: 463; Escobedo- Avellaneda vd., 2011: 1933; Lee vd., 2002: 262; Li vd., 2016: 1589; Li vd., 2019: 3107).

Geleneksel olarak üretilen domates ve biber salçasının üretim tekniğinin mikrobiyal etkisinin patojen mikroorganizma riskini yok edebilecek düzeyde olmamasının yanı sıra, ürünün mikrobiyolojik yükü üzerine satış yerlerindeki hijyenik olmayan ortamlar, oda sıcaklığında uzun süre bekletilme, üretimde kullanılan araç gereçlerin temizliğinin sağlanamaması ve personel hijyeni gibi nedenler de oldukça önem arz etmektedir. Bu nedenle, salçalarda mikrobiyal kalite ile ilgili çeşitli çalışmalar sürekli artarak devam etmiştir (Başoğlu ve Uylaşer, 1997: 86). Salça hazırlanmasında kullanılan hammaddeler, belirtilen hususlarda küf intoksikasyonuna açık olduğu dolayısıyla aflatoksin riskinin göz ardı edilemeyeceğini göstermektedir. Ülkemizde salça üzerine aflatoksin çalışmaları sınırlı düzeyde bulunmakla beraber geleneksel salça üretiminde böyle bir çalışma mevcut değildir. Ancak salça içeriğinde kullanılan bileşenler üzerine aflatoksin çalışmaları mevcuttur. Bu amaçla Bilecik ili ve bölgesinde geleneksel yöntemler ile domates salçası, biber salçası, domates ve biber karışık olmak üzere üretilen salçalarda mikotoksin kaynaklı hastalıkların patogeneğinde önemli rol oynayan aflatoksin risk profili ile birlikte bazı risk teşkil eden mikrobiyal ve kimyasal risklerin rolü tespit edilerek geleneksel yöntemler ile üretilen salçaların tüketimi ile meydana gelebilecek hastalıkların tedavisinde öncül belirleme ve önlem alma hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Domatesin Bileşimi ve Önemi

Domates (*Solanum lycopersicum* L.) 24 kromozomlu diploit bir bitki olup patlıcangiller (*Solanaceae*) ailesine ait olan dünya çapında yetiştiriciliği yapılan, sebze olarak tüketilen bir üründür. Domates taze olarak tüketildiği gibi salça ketçap, turşu, sos ve konserve olarak geniş bir ürün yelpazesine sahip olmasından ötürü tarımsal anlamda önemli bir yeri vardır. 10.000'den fazla çeşidi olduğu bilinen domatesin kökeni Peru'dur. Türkiye'ye ise 19. yüzyılda I. Dünya Savaşı esnasında gelmiştir (Durmuş vd., 2018: 60; Özer, 2013: 20; Sekin vd., 2005: 9).

Tarım istatistiklerine göre ise en fazla domates üretimi yapan ülke Çin olmak üzere bu sırayı Amerika, Hindistan izlemektedir. Türkiye ise 4. sıradadır (Anonim, 2016). 2018 TÜİK verilerine göre ülkemizde toplamda 12.150.000 ton domates üretilmiş olup 8.414.920 tonu sofralık, 3.735.080 tonu salçalık domates olarak kullanılmıştır (Anonim, 2018a). Ülkemizde üretilen domateslerin %20'si işlenmiş ürün olarak kullanılmakla beraber bu üretimin %80'i salça, %10'i konserve, %10'i ise ketçap, domates suyu üretimlerinde kullanılmaktadır (Kaya vd., 2013: 38).

Domates zengin besin içeriğine sahiptir; %93-95 oranında su, %5-7 oranında inorganik bileşikler, organik asitler, katı maddeler, protein, karbonhidrat ve lipit ihtiva etmektedir. Bunlara ek olarak potasyum, karotenoidler, fenolik bileşikler, flavonoidler, A, B₁, B₂, C ve K vitaminleri, niasin ve demir bulunmaktadır (Kirkin, 2013: 5; Özbahçe ve Padem, 2007: 129; Sönmez ve Ellialtıoğlu, 2014: 109). Domatesin içerdiği bileşenlerin miktarı üzerine toprak çeşidi, gübreleme, hasat vakti, bitkinin sulama durumu ve güneş alma süresi, sıcaklık, domatesin getonipi, üretim senesi, hasat sonrasında taşıma ve depolama koşulları etkili olmaktadır (Kirkin, 2013: 5; Sönmez ve Ellialtıoğlu, 2014: 109). Tablo 2.1'de domates meyvesinin 100 gramında bulunan bileşenleri verilmiştir (Anonim, 2019a).

Domatesin tadı ve aroması 400'den fazla maddeye bağlı olduğu belirtilmiştir. Özellikle uçucu aroma maddeler, organik asitler, şekerler, serbest aminoasitler ve mineral tuzların tat ve aroma oluşumunda daha fazla etkili olduğu belirtilmektedir (Sönmez ve Ellialtıoğlu, 2014: 110).

Domates en fazla likopen ve β karoten içermekte ve bu iki madde domatesin kırmızı rengini oluşturmaktadır. Domatesteki likopen miktarı, domates çeşidine ve olgunluğuna bağlı

olarak değişkenlik göstermektedir (Dumas vd., 2003: 370; Durmuş vd., 2018: 60; Manzo vd., 2019: 1837).

Tablo 2.1. Domates meyvesinin bileşenleri (100g)

Bileşen	Miktar	Birim
Su	94,52	g
Enerji	18	kcal
Protein	0,88	g
Toplam lipit	0,2	g
Karbonhidrat	3,89	g
Lif	1,2	g
Toplam şeker (NLEA dahil)	2,63	g
Kalsiyum (Ca)	10	mg
Demir (Fe)	0,27	mg
Magnezyum (Mg)	11	mg
Fosfor (P)	24	mg
Potasyum (K)	237	mg
Sodyum (Na)	5	mg
Vitamin C	13,7	mg
Vitamin A	42	µg
β karoten	449	µg
Likopen	2573	µg

Kaynak: (Anonim, 2019a)

Likopen yapısında bulundurduğu konjuge çift bağdan dolayı antioksidan özellik göstermektedir. 11 konjuge çifte sahip olan likopen β-karotene göre 2 kat fazla, α-tokoferole göre de 100 kat fazla reaktivite gösterdiği, hidrojen peroksit ve azot dioksit gibi reaktif oksijen türlerine karşı etkileşime girdiği bildirilmiştir (Kirkin, 2013: 6; Sönmez ve Ellialtıoğlu, 2014: 112).

Taze sebzelerde en kararlı hal olan all-trans formunda bulunan likopen domatesin işleme ve depolama süreçleri esnasında değişebilmektedir. All-trans formundan cis-likopen formuna dönüşen likopenin biyoyararlılığı daha yüksektir. Bu dönüşüm ise domateslerin ısıtılmasına tabi tutulması ile gerçekleşir. Isıl işlem ile hücre duvarının parçalanması ve likopen ile doku matriksi arasındaki etkileşimin azalmasıyla likopen serbest hale geçmekte ve konsantrasyonu artmaktadır. İşlem görmemiş domateslerde, cis-likopen izomerlerinin likopen baskın bulunan trans izomerlere oranla daha biyoelverişli olduğu ve ayrıca lipit varlığında işleme tabi tutulursa likopenin bağırsaktan emilimi ve biyoyararlılığının arttığı bildirilmektedir (Durmuş vd., 2018: 60; Kirkin, 2013: 6; Manzo vd., 2019: 1837; Özer, 2013: 22).

Uygulanan bazı prosesler likopenin biyoyararlılığını arttırırken, bazı proseslerde ise kayıplar olmaktadır. Sıcaklığa, ışığa ve oksijene maruz kalma süreleri likopen kayıpları konusunda oldukça önemli parametreleri oluşturmaktadır. Isıya, ışığa ve oksijene maruz kalma sürelerine bağlı olarak likopen içeriğinde azalmalar meydana gelebilmektedir (Özer, 2013: 25). Tablo 2.2’de likopen içeriklerine göre domates ve ürünleri verilmiştir (Hobson ve Grierson, 1996: 409; Özer, 2013: 25).

Tablo 2.2. Domates ve ürünleri likopen içerikleri

Ürün	Miktar (µg/100g)
Taze domates	8,8-42
Pişmiş domates	37
Domates sosu	62
Salça	54-1500
Domates çorbası	79,9
Domates tozu	1126,3-1264,9
Domates suyu	50-116
Pizza sosu	127,1
Ketçap	99-134,4
Domates salçası	32,7-68,2

Kaynak: (Hobson ve Grierson, 1996; Özer, 2013: 25)

Doğal bir antioksidan olan likopenin birçok çalışmada kanser hücrelerinin büyümesini engellediği ve hücre çoğalmasını baskıladığı bildirilmektedir (Adalid vd., 2010: 614; Dumas vd., 2003: 372; Gama vd., 2009: 354). Lipid oksidasyonunu engelleyen likopen damar sertliği ve koroner kalp hastalıkları riskini azalttığı ve kalp krizine karşı koruyucu etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (İzgi, 2012). Likopenin kandaki miktarı arttıkça kardiyovasküler hastalık ve prostat kanseri riskinin azaldığı; mide, meme, akciğer ve sindirim bölgeleri başta olmak üzere birçok kanser çeşidinin oluşumunu azaltabileceği belirtilmiştir (Erge, 2007; Djuric ve Powell, 2001: 144). Aşırı tüketilmesi durumunda dokuların, deri ve karaciğerin renklenmesiye “likopenem” olarak adlandırılan durum ortaya çıkmaktadır (İzgi, 2012).

2.2. Salça Üretiminde Kullanılan Kırmızı Biberin Bileşimi ve Önemi

Tek yıllık bir bitki türü olarak bilinen biber patlıcangiller (*Solanaceae*) ailesinin *Capsicum* cinsine aittir (Okur, 2011: 1). Bu cinse ait türler *Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum chinese*, *Capsicum baccatum* ve *Capsicum pubescens* olmak üzere beş tür olarak yapılan sınıflandırma kullanılmaktadır (Cerit, 2015).

Anavatanı Orta Amerika ve Meksika olduğu bilinen biber Anadolu'ya 16. yüzyılda gelmesine rağmen ülkemizde birçok çeşidi bulunmaktadır. Renkleri, tatları, boyutları, şekilleri ve tatları geniş bir aralıkta çeşitlilik göstermektedir. Biber; salça, sos, konserve, turşu, közleme ve baharat ürünlerinde kullanıldığı gibi, aroma ve renk verici gibi birçok kullanım alanına sahiptir (Arslanğray, 2015: 1; Arsunar, 2014: 1; Şeker, 2018).

Biber üretiminde ilk sırada Çin ardından Meksika ve Türkiye gelmektedir. Yıllar içinde ülkemizde üretilen biber miktarı artış göstermiştir (Anonim, 2017). Ülkemizde yıllık üretilen toplam biber 2.554.974 tondur (Anonim, 2018b). Yıllık üretilen toplam salçalık kırmızıbiber ise 1.128.060 tondur (Anonim, 2018a).

Türkiye'de kırmızıbiber üretiminde ilk sırada Güneydoğu Anadolu yer alır. Sonrasında Akdeniz ve Ege bölgesi gelir. Yine de Kahramanmaraş, Gaziantep, Şanlıurfa, Kayseri, Bursa ve Bilecik illerinin özellikle acı kırmızıbiberleri pazar açısından daha etkindir (Arslanğray, 2015: 2). Tablo 2.3'de 2013-2018 yılları arasında ülkemizdeki biber üretim miktarları verilmiştir (Anonim 2018a).

Tablo 2.3. 2013-2018 yılları Türkiye biber üretim miktarları

Yıl	Salçalık Biber	Dolmalık Biber	Sivri Biber
2013	814.372	398.470	946.506
2014	829.809	391.009	907.126
2015	879.775	393.109	919.004
2016	957.030	418.435	967.466
2017	1.107.713	420.904	945.361
2018	1.128.060	397.175	930.349

Kaynak: (Anonim 2018a)

Kırmızıbiber en fazla tüketilen ve ticarete önemli bir yere sahip olan bir türdür. Olgunlaşmadan önce yeşil iken olgunlaşma sonrası kırmızı renk almaktadır. Kırmızıbiber diğer biberlere oranla daha fazla talep görmektedir. Renk, tat ve aroması diğerlerinden daha farklı olan kırmızı biber taze olarak tüketilmesine ek olarak renk ve aroma verici, salça, konserve, turşu, baharat, yem katkı maddesi, antibiyotik, çeşni, sos, boya ve hatta kozmetik sektöründe kullanımları mevcuttur (Arslanğray, 2015: 3; Erdoğan, 2013: 6; Yapar, 2015: 3).

C, E ve provitamin A vitamini açısından önemli bir kaynak olan biber karotenoid, tokoferol ve flavonoidler açısından da zengin bir üründür. C vitamini içeriği portakaldan 2-3 kat daha fazladır (Cerit, 2015). Tablo 2.4'de taze kırmızıbiberin besin değeri verilmiştir (Anonim, 2019b).

Biberin içerdği lif, polifenol, folat, A ve C vitaminleri sağlık açısından yararlı olup özellikle polifenollerin koroner kalp hastalıkları ve kanser riski açısından faydalı olduğu bildirilmektedir. Karotenoidler ise antioksidan özellikte olduğu için hücre korunması ve dejeneratif hastalıkların önlenmesinde etkilidir. Bunlara ek olarak mide ve salgı bezlerine iyi gelmektedir. İştah açıcı, sindirimi kolaylaştırıcı, idrar söktürücü özelliklere sahip olup kan dolaşımı ve basıncını düzenlediği belirtilmektedir (Arslanğray, 2015: 3; Cerit, 2015; Çaltinoğlu, 2014; Erdoğan, 2014; Şeker, 2018: 5).

Tablo 2.4. Taze kırmızıbiber besin değerleri (100g)

Bileşen	Miktar	Birim
Su	92,21	g
Enerji	31	kcal
Protein	0,99	g
Toplam lipit	0,3	g
Karbonhidrat	6,03	g
Lif	2,1	g
Toplam şeker (NLEA dahil)	4,2	g
Kalsiyum (Ca)	7	mg
Demir (Fe)	0,43	mg
Magnezyum (Mg)	12	mg
Fosfor (P)	24	mg
Potasyum (K)	211	mg
Sodyum (Na)	4	mg
Vitamin C	127,7	mg
Vitamin A	157	µg
β karoten	1624	µg

Kaynak: (Anonim, 2019b)

Özellikle acı kırmızıbiberde bulunan ve acılığı meydana getiren kapsaisinoidlerin iştah açıcı olduğu, mutajenite, karsinojenite, antioksidan, antiradikalik ve DNA koruyucu aktivitesine sahip olduğu ve ülserle karşı etkili olduğu bildirilmektedir. Geleneksel tedavi yöntemi olarak ateş, hipertansiyon, romatizma ağrıları, astım atakları, obezite gibi hastalıklarda kullanılmaktadır (Oğuzkan vd., 2018: 27; Yapar, 2015: 3). Ayrıca mide mukozal embranındaki bulunan duyu sinir uçlarını uyaran kapsaisin böylelikle mide savunma mekanizmasını artırıcı etki göstermektedir (Kadalkal vd., 2001: 360).

2.3. Salçanın Tanımı ve Sınıflandırılması

Türk mutfağının vazgeçilmezleri arasında olan salça; yemeklere tat, koku, aroma ve görünüme büyük ölçüde etki etmekte ve genel olarak domates ve biber kullanılarak

üretilmekte olsa da salça daha çok domates meyvesinin işlenerek elde edilen bir üründür. Salça üretiminde ABD, Çin, İspanya, İtalya, Türkiye, Yunanistan Portekiz ve Brezilya ülkeleri ön sıradadır. İhracatta ise Çin ilk sırada olmak üzere İtalya, Amerika Birleşik Devletleri ve İspanya ilk sıralardadır. Türkiye ise 8. sıradadır (Başoğlu ve Uylaşer, 1997: 86; Türüt, 2016: 6).

Türk Gıda Kodeksi'ne göre “domates salçası; domates bitkisinin olgun, sağlam, kırmızı renkli ve taze meyvelerinin parçalandıktan sonra tekniğine uygun olarak kabuk, çekirdek ve lif gibi parçalarından ayrılarak elde edilen domates pulpunun ilave tuz hariç en az %28 brikse kadar koyulaştırılmasıyla elde edilen ve fiziksel yollarla dayanıklı hale getirilen ürünü; biber salçası ise taze, olgun, sağlam, kırmızı renkli, acı veya tatlı biberlerin iyice yıkanıp ezildikten sonra ısıtılarak usulüne göre kabuk, çekirdek, lif gibi maddelerinden ayrılarak ya da ayrılmaksızın elde edilen biber pulpunun ilave tuz hariç briksi en az %18 oluncaya kadar koyulaştırılan ve fiziksel yollarla dayanıklı hale getirilen ürünü; karışık salça; herhangi biri en az %30 olacak şekilde domates salçası ve biber salçasının bu tebliğde belirtilen oranlarda karıştırılması ve ilave tuz hariç en az %28 brikse kadar koyulaştırılması ile elde edilen ve fiziksel yollarla dayanıklı hale getirilen ürün” olarak tanımlanmaktadır. Türk Gıda Kodeksi'ne göre; ikili (duble) konsantre salça; domates pulpunun tekniğine uygun olarak işlenmesi ile üretilen ve ilave tuz hariç briksi en az %28 olan, fiziksel yollarla dayanıklı hale getirilmiş ürünü, üçlü (triple) konsantre salça; domates pulpunun, tekniğine uygun olarak işlenmesi ile üretilen ve ilave tuz hariç briksi en az %36 olan, fiziksel yollarla dayanıklı hale getirilmiş ürünü belirtmektedir (Anonim, 2014; Anonim, 2016).

TSE 1466 kodlu Domates Salçası Standardında geçen tanıma göre ise; domates bitkisinin (*Lycopersicum esculentum P.Mill*); olgun, sağlam, kırmızı renkli, taze meyvelerinin iyice yıkanıp ezildikten sonra ısıtılarak veya ısıtmaksızın tekniğine göre kabuk, çekirdek ve lif gibi parçalarından ayrılarak elde edilen domates pulpunun en az %28 düzeyinde çözünür kuru maddeye sahip oluncaya dek vakum altında koyulaştırılarak, hermetik kaplarda ısıtılma işlemi ile dayanıklı hale getirilip, gerektiğinde yemeklik tuz (TS933) ilave edilerek hazırlanan mamuldür (Anonim, 2020a). Tablo 2.5'de TSE Domates Salçası Standardı'na göre domates salçasında aranan fiziksel ve kimyasal özellikler verilmiştir (Anonim, 2020a).

Biber salçası daha çok geleneksel yöntemler ile üretilmesine rağmen son zamanlarda endüstriyel olarak da üretimi artan bir üründür (Yassihüyük, 2012: 17). Kırmızıbiber salçası domates salçasına benzer görünüme sahip olmakla beraber renk, tat ve aroma yönünden farklılık göstermektedir (Okur, 2011: 3). Kırmızıbiber salçası daha çok Meksika, Kore,

Almanya, Belçika, Hollanda, İngiltere, Avustralya ve Türkiye’de yaygın olarak üretilmekte ve tüketilmektedir (Erdoğan, 2013: 6; Okur, 2011: 4). Ülkemizde ise daha çok Güneydoğu Anadolu bölgesinde yoğun olarak üretilmekte ve tüketilmektedir. Geleneksel yöntemlerle üretilen salçalarda hem üretim hem tüketim yöreden yöreye değişiklik göstermektedir (Bozkurt, 2019: 7).

Tablo 2.5. Domates salçasında aranan fiziksel ve kimyasal özellikler

Özellikler	Değerler
pH	3,9-4,6
Toplam asitlik (susuz sitrik asit), toplam katı maddede kütlece, (%) en çok	10
Tuz, toplam katı maddede kütlece, (%) en çok	5
İnvert Şeker, suda çözünür tuzsuz katı maddede kütlece, (%), en az	40
Kül (%10’luk hidroklorik asitte çözünmeyen kısmı) toplam katı maddede (%) en çok	0,3
Suda çözünebilir kuru madde (Brix) en az (%)	28
Siyah nokta 1 mm’den büyük (10 g) en çok	7 adet
Ağır metal iyonlarından Kalay (Sn) en çok	200 mg/kg
Sorbik asit, mg/kg	Bulunmamalı

Kaynak: (Anonim, 2020a)

Türk Gıda Kodeksi’ne göre biber salçası: Taze, olgun, sağlam, kırmızı renkli, acı veya tatlı biberlerin iyice yıkanıp ezildikten sonra ısıtılarak usulüne göre kabuk, çekirdek, lif gibi maddelerinden ayrılarak ya da ayrılmaksızın elde edilen biber pulpunun ilave tuz hariç briksi en az %18 oluncaya kadar koyulaştırılan ve fiziksel yollarla dayanıklı hale getirilen ürün olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2014; Anonim, 2016).

TS 7896 kodlu Biber Salçası Standardına göre ise biber salçası; “*Capsicum galata*” türüne giren bitkilerin meyvesi olan biberden, taze, olgun, sağlam, kırmızı renkli, acı veya tatlı olanlarının iyice yıkanıp ezildikten sonra ısıtılarak usulüne göre kabuk, çekirdek, lif vb. maddelerinden ayrılarak elde edilen kısmının konsantre edilip gerektiğinde katkı maddeleri ve tuz katılarak hermetik kaplarda sterilize edilmek suretiyle tuzlu veya tuzsuz olarak hazırlanan ürün olarak tanımlanmaktadır. Bu standarda göre biber salçasının rengi açık kırmızıdan koyu kırmızıya kadar değişen kırmızı renkte olmalı, yabancı tat ve koku bulunmamalı ve salça kendine has bir tat, koku ve aromaya sahip olmalı, salça içerisinde bulunabilecek biberin gözle görülebilen kendi kabuk ve çekirdeği ve lifleri ürünün içerisinde bulunmamalıdır (Anonim, 1990). Tablo 2.6’ de TS 7896 Biber Salçası Standardı’na göre biber salçasının fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir (Anonim, 1990). Geleneksel metotlar ile üretilen salçaların bu kriterlere uyularak üretilme kaygısı olmadığından ötürü geleneksel salçaların birebir olarak yukarıdaki kriterleri taşıması beklenmemektedir.

Domates ve biber salçasının bileşiminde bulunan besin değerini arttırıcı maddelerden dolayı beslenme açısından da oldukça önemlidir (Uylaşer, 1996). Tablo 2.7’ de 100 g domates salçası için besin değeri verilmiştir (Anonim, 2019c).

Tablo 2.6. Biber salçasında aranan fiziksel ve kimyasal özellikler

Özellikler	Değerler
pH	4,6-5,0
Toplam asitlik (susuz sitrik asit), toplam katı maddede kütlece, (%) en çok	4 (%)
Tuz, toplam katı maddede kütlece, (%) en çok	10 (%)
İnvert Şeker, suda çözünür tuzsuz katı maddede kütlece (%)	35-70 (%)
Kül (%10’luk hidroklorik asitte çözünmeyen) miktarı (%) en çok	0,3 (%)
Suda çözünebilir kuru madde (Brix) miktarı (%) en az	18 (%)
Siyah leke 1 mm’den büyük (10 g) en çok	10 adet
Ağır metal iyonlarından Kalay (Sn) en çok	250 mg/kg

Kaynak: (Anonim, 1990)

Tablo 2.7. Domates salçası besin değerleri (100g)

Bileşen	Miktar	Birim
Su	73,5	g
Enerji	82	kcal
Protein	4,32	g
Toplam lipit	0,47	g
Karbonhidrat	18,91	g
Lif	4,1	g
Toplam şeker (NLEA dahil)	12,18	g
Kalsiyum (Ca)	36	mg
Demir (Fe)	2,98	mg
Magnezyum (Mg)	42	mg
Fosfor (P)	83	mg
Potasyum (K)	1014	mg
Sodyum (Na)	59	mg
Vitamin C	21,9	mg
Vitamin A	1525	IU
β karoten	901	µg
Folat	12	µg
Likopen	28764	µg

Kaynak: (Anonim, 2019c)

Salça üretiminde kullanılacak olan domatesler diğer domateslerden farklı özelliklere sahiptir. Özellikle domatesin kuru madde miktarının artması verimi arttırmada önemli bir etkindir. Ortalama olarak 5-6 kg domatesten 1 kg salça elde edilmekle beraber bu oran domatese göre farklılık göstermektedir. Kaliteli salça kaliteli hammaddeden üretildiğinden

dolayı domates kalitesi önem arz etmektedir. Salça olarak kullanılacak domateslerin taşınması gereken özellikleri ise; domates rengi homojen kırmızı olarak dağılım göstermeli, kuru madde miktarı yüksek olmalı, şeker oranı fazla ve asit miktarı düşük olmalıdır. Bunlara ek olarak domatesin çekirdek yuvaları küçük, çekirdeği az, etli bölümleri fazla olmalı, domates ince kabuklu ama darbelere karşı dayanıklı olmalı, çabuk küflenmemeli, hastalıklara dayanıklı ve hasat dönemi uzun olmalıdır. Ayrıca yeşil domatesler kullanılmamalıdır (Kirkin, 2013: 10; Türüt, 2016: 6). Salça üretiminde kullanılacak olan biberlerin de kuru madde oranı yüksek, olgun, parlak kırmızı olması istenmektedir (Erdoğan, 2013: 6).

Renk ve kıvam domates salçasındaki en önemli iki kriterdir. Domates salçasında özellikle renk kriteri tüketici tercihini etkilediği ve diğer kalite kriterleri açısından ön fikir oluşturduğu için ön plana çıkmaktadır. Salçanın rengini uygulanan ısıtma işlemi ve depolama süresinde gerçekleşen reaksiyonlar tamamlamaktadır. Bu reaksiyonların en önemlisi pigment degradasyonu ve esmerleşmedir (Aydoğan, 2019: 4). Renk kriterini özellikle ön ısıtma ve evaporasyon işlemleri etkilemektedir. Ön ısıtma işleminde salçanın kıvamını olumsuz etkileyen enzimleri inaktive etmektir (Yıldız ve Baysal, 2005: 5).

Endüstriyel olarak salça üretiminde uygulanan işlemler sırasıyla; yıkama, ayıklama, ön ısıtma, pulper ve ince elekten geçirme, buharlaştırma, pastörizasyon, steril kutulara sıcak dolum ve kapatma, soğutma, kurutma ve depolamadır. Üretim basamaklarında gerçekleştirilen işlemler bazı araştırmacılar (Artık vd., 2019: 81; Çapanoğlu, 2008; Söğüt vd., 2011; Yıldız, 2020) tarafından şu şekilde açıklanmıştır:

Tam olgun domatesler ile yeşil renkte olanlar ayrılır. Yeşil renkteki domateslerin olgunlaşması beklenilmeli veya salça üretiminde kullanılmamalıdır. Tarladan toplanan domateslerin 3-4 saat içerisinde işlenmesi daha uygundur. Salça hammaddesi traktör veya kamyon kasasında işletmeye getirilebileceği gibi kasalar veya sandıklarla da getirilebilir.

İlk adım olarak domates/biber nitelik değerlendirmesine tabii tutulur ve ön değerlendirme havuzlarına basınçlı su ile iletildikten sonra yabancı maddeler elekler ile ayrılır. Ön temizleme işlemi sonrası klorlu su ile taşıma yapılır, uzun bant etrafına sıralanmış olan işçiler geri kalan yabancı maddeleri, yeşil renkli hammaddeleri, ezik, böcek yenikli ve güneş yanıklı olan hammaddeleri el ile ayıklayarak domates/biber kırıcı birime taşınır. Burada taşınırken son bir durulama işlemine tabii tutulurlar. Domateslerin yeşil kısımları çıkarılmasının nedeni ısıtma işlemi sırasında klorofilin sarı bir renk olan feofitinlere dönüşmesidir.

Ayıklanmış olan hammaddeler kırıcı birim içerisinde doğranarak oluşan kısma mayşe denir. Domates mayşesinin ısıtma işlemi ikiye ayrılır; eğer domates parçalama makinelerinden geçirilip mayşe elde edildikten sonra ısıtma işlemi tabii tutulup palperde pulp haline getirilirse sıcak işleme olarak, domates parçalama makinelerinden geçirilip mayşe elde edildikten sonra kaba palperden geçirilip pulp ısıtma işlemi tabii tutulursa soğuk işleme olarak adlandırılır. Sıcak işleme olarak adlandırılan yöntemde ise mayşe hemen 75-85 °C'ye ısıtıldığı için pektolitik enzimler inaktif olur ve çekirdek evinde bulunan zamburak ve domates kabuğundaki renk maddeleri ısıtma işlemiyle salçaya geçerek kıvamlı ve kaliteli renkte salça üretilmiş olmasına rağmen çekirdekten geçen bazı maddeler salçanın tadını ve lezzetini olumsuz etkilediğinden acı tat oluşturmaktadır. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırma için soğuk işleme yönteminin uygulanması daha uygundur. Bu yöntemde mayşe çekirdek ayrıldıktan sonra 60-65 °C'ye ısıtılır.

Takiben tekrar palperde gönderilerek inceltir ve bu süreçte pektin pektolitik enzimlerle parçalanır ve 80-100 °C' de 1-3 dakika ısıtılır. Isıtma işlemi esnasında tohum ve dış kabuk domates/biberden ayrılır ve bir miktar su buharlaşma ile uzaklaşır. Isıtma işleminin 80 °C'yi geçmesiyle karamelizasyon ile renkte kararma ve siyah leke sayısı artışı görülebilmektedir. Dairesel ve helezon bıçaklar ile domates/biber daha küçük parçalara parçalanarak 0 - (-1) atm basınç altında mayşede bulunan hava vakumlanır. Şıra eleklerle alınarak şıra tanklarına stoklanır ve 1 mm'lik eleklerden geçirilir. İstenen brix derecesine kadar 600-650 mmHg basınçta 40-85 °C'ye ısıtılır ve tanklarda stoklanır. 40 °C'ye soğutulmuş ürün konserve edilerek pastörizasyon işlemi gerçekleştirilir. Salçanın rengi ve viskozitesi uygulanan ısı miktarına, zamana ve sıcaklığa bağlıdır.

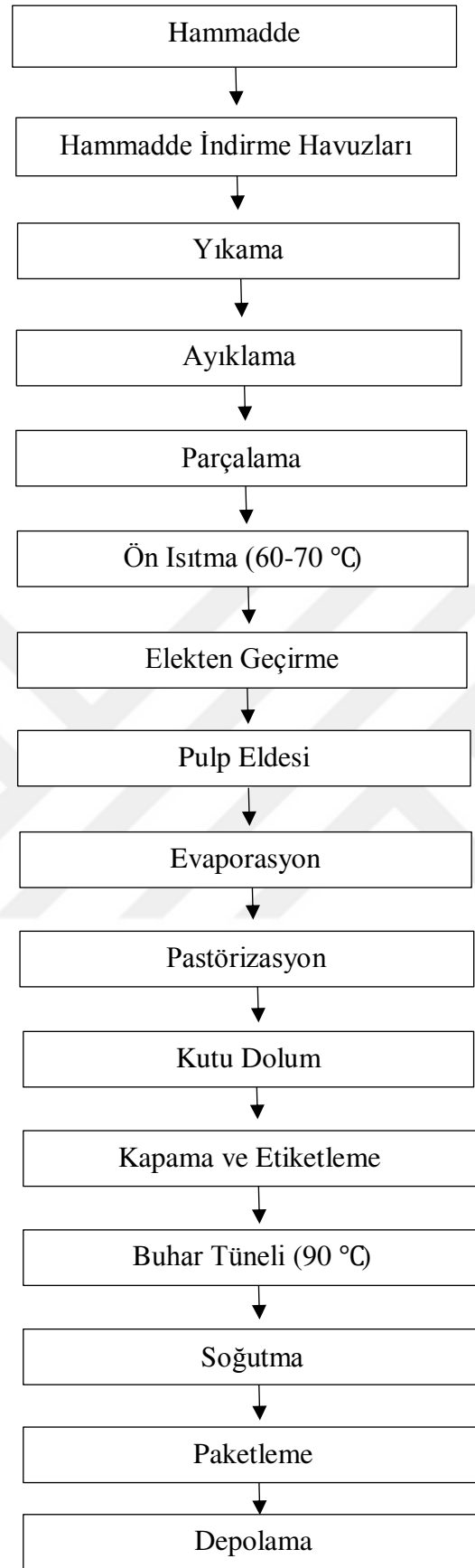
Salça ambalaj materyali olarak ülkemizde ihracat için aseptik torba (bag-in box) kullanılmakta iken yurt içi tüketimde genellikle teneke kutular tercih edilmektedir. 1 kg ve 0,5 kg'lık teneke kutular için 95 °C'de 5-10 dakikalık pastörizasyon işlemi yapılması bozulmaları azaltmaktadır. Bag-in box sisteminde ise çeşitli hacimlerde çok katlı alüminyum ve plastik materyalden oluşan torbalara sterilize edilmiş salçalar aseptik koşullarda soğuk olarak doldurularak önce gama ışınları ile sterilize edilir. Üretim akış şeması Şekil 2.1'de verilmiştir (Söğüt vd., 2011; Türüt, 2016: 6).

Geleneksel yollarla salça üretiminde her yöre farklı basamaklar uygulamaktadır. Modern üretim ile geleneksel yollarla üretim arasındaki temel fark, geleneksel yöntemlerle üretilen salçaların ilkel koşullar altında yapılması ve son ürünün kriterlerinin değişiklik göstermesidir. Bu nedenlerden dolayı da geleneksel yollarla üretim fabrika üretimine göre

daha uzun sürmekte ve mikrobiyolojik yönden daha riskli olduğu belirtilmektedir. Geleneksel yollarla üretilen salçalarda tuz oranı %15-20 oranlarında iken fabrika salçasının tuz oranı %2-4'tür. Tuz oranının yüksek olması nedeniyle geleneksel salça depolama süresi açısından daha dayanıklıdır (Okur, 2011: 4). Ayrıca geleneksel metotlar üretilen biber salçalarında kabuk kısmı ayrılmayıp salçaya işlenmesi, üretim süresinin daha uzun olması, üretimde daha ilkel yöntemlerin kullanılması ve salçanın koyulaştırılmasında güneşten faydalanılması ticari üretim ile geleneksel üretim arasındaki temel farklardandır (Ayda, 2020; Sayin ve Arslan, 2015: 835).

Geleneksel biber salçası üretiminde tat, aroma ve renk gelişiminde rol oynayan en önemli faktör ürünün pişirilmesi ile oluşmaktadır. Bazı yörelerde uygulanan güneşte kurutma ve bekletme basamaklarında laktik asit bakterileri pH'ı düşürerek salçanın raf ömrünü uzatmaktadır. Ayrıca laktik asit bakterilerinin ürettiği diğer bileşikler de salçanın tat ve aroması üzerine olumlu etki sağlamaktadır (Okur, 2011: 5). İklim şartlarında güneşte yoğunlaştırılan geleneksel salçalarda gerçekleşen kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerden en önemlileri enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ve fermentasyondur. Biberde doğal olarak laktik asit bakterileri, *Saccharomyces*, *Endomycopsis*, *Hansenula*, *Pichia*, *Debaryomyces* ve *Bacillus* gibi mikroorganizmalar bulunmaktadır. Geleneksel üretimin ilk günlerinde başlayan fermentasyon biberden gelen bu doğal bakteriler ile sağlanır. Fermentasyon sonucunda istenen aroma, lezzet ve renk oluşumu gözlemlenmektedir. Enzimatik olmayan esmerleşme ise maillard reaksiyonu ve askorbik asit oksidasyonudur (Bozkurt ve Erkmén, 2005: 475; Gogus vd., 2015: 1627).

Ülkemizde daha çok Güneydoğu Anadolu bölgesinde ve özellikle Gaziantep ve çevresinde fermentasyon ile biber salçası üretimi yaygındır (Ayda, 2020). Fermentasyon ile üretilen biber salçalarında, biberin doğal florasından gelen mikroorganizmaların doğal olarak çoğalması ve sonrasında salçanın pişirilmesi ile renk ve aroma gelişimi tamamlanmaktadır. Pişirme işlemine bir alternatif olarak uygulanan güneşte kurutma işleminde gerçekleşen buharlaşma ile kuru madde oranı artışı ve reolojik özelliklerde olumlu değişimler olmaktadır. Laktik asit bakterilerinin faaliyetiyle laktik asit miktarının artması, güneşte kurutma veya pişirme ile suyun uzaklaştırılması sonucu su aktivitesinin (a_w) azalması ve bazı mikroorganizmaların faaliyeti sonucu tuz oluşması salçanın bozulmasını engelleyen etmenlerdir. Fermentasyon ile salçanın raf ömründe uzama, duyu özelliklerinde iyileşme ve beslenme değerinde artış olmaktadır (Kuleaşan ve Okur, 2012: 243).



Şekil 2.1. Salça üretim akış şeması

Kaynak: (Söğüt vd., 2011; Türüt, 2016: 8)

Şanlıurfa isot biberinden üretilen geleneksel salçada kırmızıbiberler öncelikle yıkanır. Yıkanan biberler kıyma makinesinde parçalanarak güneşte bekletilmektedir. Güneşte bekletme esnasında fermentasyona uğrayan isot biberi salçasında renk, aroma ve kıvam oluşumu sağlanmaktadır (Altun vd., 2020: 7).

Kore’de özellikle ilkbahar aylarında üretilen ve yıl boyunca tüketilen kırmızıbiber salçası (gochujang) soya fasulyesi, kırmızıbiber tozu pirinç tozu, tuz ve su bazen de buğday ve arpa gibi tahıllar pirinç yerine kullanılmak üzere fermentasyon ile elde edilmektedir. Bu fermentasyon *Bacillus*, *Mucor* gibi mikroorganizmalar ve bazı mayalarla ortam sıcaklığında ve 60 günde tamamlanmakta ve oluşan ürün indirgen şeker, aminoasit, organik asit ve etanol yönünden zengindir (Chung vd., 2009: 464; Lee vd., 2002: 262).

Meksika’ya özgü geleneksel bir ürün olan domates, soğan, sarımsak ve diğer sebzeler gibi malzemeler kullanılarak hazırlanan salça benzeri bir ürün olan Meksika sosu da ısıtma işlemi tabii tutularak mikrobiyolojik bozulmaların önüne geçilmeye çalışılmaktadır (Escobedo- Avellaneda vd., 2011: 1933).

Çin’e özgü olan doubanjiang kırmızıbiber, bakla, buğday unu ve tuz kullanılarak fermentasyon ile üretilen geleneksel bir salçadır. Fermentasyonda aroma ve lezzet gelişimi tamamlanmaktadır. Mikroflorası incelenen bu salçada *Bacillaceae*, *Staphylococcaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonadaceae* ve *Lactobacillaceae* familyalarından üyeler tespit edilmiştir (Li vd., 2016: 1591; Li vd., 2019: 3107).

Bilecik ve çevresinde geleneksel olarak üretilen salçalar da domates salçası için salçaya işlenmeye uygun domatesler kasalar ile alınır. Biber salçasında ise kapa biber tercih edilmektedir. Salçaya işlenecek olan biber ve domatesler öncelikle yıkanarak ezik, çürük ve yeşil kısımları uzaklaştırılır. Sonrasında domatesler ve biberler (biberin çekirdekleri çıkarılır) parçalanır ve kazanlarda haşlanır. Kaynatma işlemi esnasında salçanın yanmaması için sürekli karıştırılması gerekmektedir. Kaynama sonrasında kabuk kısmını ayırmak için süzme işlemi uygulanır. Süzme sonrası tekrardan kazanlara alınan salça 4-6 saat kaynatılarak koyu kıvama gelmesi sağlanır. Yoğun kıvama gelen salçalar önceden yıkanmış kavanozlara sıcak dolup yapılarak kapatılır. Salçalar genellikle yemeklik ve kahvaltılık olarak tüketilmektedir. Geleneksel metotlar ile üretilen Bilecik salçasının üretim aşamaları Şekil 2.2, Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’te verilmiştir.



Şekil 2.2. Hammaddenin yıkanması ve ayıklanması işlemleri



Şekil 2.3. Haşlama işlemi



Şekil 2.4. Kaynatma ve karıştırma işlemleri

2.4. Salçalarda Küf Oluşumu

Gıda sanayiinde kalite ve hijyen açısından önemli bir kriter olan küfler ekonomik kayıplara neden olduğu gibi toksik maddeler üreterek insan sağlığını da tehlikeye atmaktadır. Bu sebepten ötürü küf florasının izolasyonu, identifikasyonu, bazı işlemler ile mevcudiyetinin azaltılması ve kontaminasyonunun önlenmesi ekonomi ve sağlık açısından oldukça önemli bir konudur (Kalyoncu, 2001).

Domates yumuşak bir yüzeye sahip olan küf kontaminasyonuna duyarlı bir ürün olduğundan dolayı üretim, hasat, depolama ve taşıma gibi aşamalarda birçok küf türü bulaşabilmektedir. Domateste bulunan başlıca küflerin *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Penicillium*, *Phytophthora*,

Rhizopus ve *Stemphylium* olduğu belirtilmektedir. Bu küfler son ürüne kadar geçebilmektedir. Kırmızıbiberin de domates gibi üretim ve sonraki işlemler esnasında kontaminasyona maruz kalma ihtimali çok yüksektir (Öner, 2018: 26; Özkavalalı, 2010: 16).

Bacillus, *Lactobacillus*, *Listeria*, *Corynebacterium*, *Kurthia* ve *Streptococcus* türü bakteriler ve mayalar için uygun besiyeri olan geleneksel yöntemler ile üretilen ve ticari salçalardaki en büyük sorunlar kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerdir. Bu sorunlar hammaddenin hasatından salçaya işlenmesi ve son ürünün konservelenmesine kadar devam etmektedir. Uygulanan ısı işlem ile çoğu mikroorganizma inhibe olur ancak yine de bir takım kalıntı ürünleri salçaya olumsuz etki yapabilmektedir (Gamli vd., 2018: 2).

Küf kontaminasyonunun kaynağı ilk olarak topraktır. Hasat mevsiminde domateslerin %70 kadarı kızarmış ise toplanması gerekirken üreticilerin diğer %30'luk kısmın da kızarmasını beklemesi çoktan kızarmış olan domateslerin erginleşerek küf kontaminasyonuna karşı açık duruma gelmesine neden olur. Buna ek olarak toplanma vakti gelmiş domateslerin hava şartlarının elverişli olmamasından ötürü toplanamayarak tarlada kalma süresinin uzaması da bir etkidir (Çoşkun ve Çotra, 2019: 68).

Diğer tarım ürünlerinde de olduğu gibi küf kontaminasyonu henüz yetiştirme aşamasında iken tarlada başlamakta hasat, taşıma ve depolama gibi süreçlerde ise dikkat edilmediği takdirde kontaminasyon düzeyi artmaktadır. Ayrıca salça üretimi esnasında hijyen kurallarına uyulmamasına bağlı olarak patojenik küflerin kontaminasyonu ve çoğalması kaçınılmaz olmaktadır. Fazla küf yüküne sahip olan hammaddeden üretilen salçalarda ise sterilizasyon işlemi etkin olamamakta ve küfler son ürüne kadar ulaşabilmektedir (Kalyoncu, 2001).

Modern teknikler ile salça üretimi esnasında salça yüksek ısı işlemine tabii tutulduğu ve aseptik dolum yapıldığı için çoğu mikroorganizma inhibe olmaktadır. Ayrıca domates ve biber salçasının 3,5-4,7 arasında pH ve düşük a_w değerine sahip olması mikroorganizmaların gelişmesini önleyebilmektedir (Çoşkun ve Çotra, 2019: 67).

Ülkemizde salça üretimi ve tüketimi yüksek olsa da salça üzerine yapılan araştırmalar sınırlı düzeyde olup genellikle araştırmalar mikrobiyolojik bozulmalar daha önemli olmasına karşın hammadde yetiştirme koşulları, hasat ve depolanma şartları gibi konular üzerine yoğunlaşmaktadır. Ancak salça endüstrisinde özellikle ihracat söz konusu olduğunda küfler en önemli sorunların başında geldiği bildirilmektedir (Başoğlu ve Uylaşer, 1997: 86).

Küf kontaminasyonu hem domates hem biber hem salça için ihracatta alıcı ülkenin standartlarına uymaması halinde ürünler kabul edilmemesine neden olarak ekonomik yönden

ülkemizi olumsuz olarak etkilemektedir (Kalyoncu, 2001). Bu nedenden ötürü dış satım ve iç tüketimde mikrobiyolojik çalışmalarda daha çok küf ve küf kontaminasyonu üzerine yoğun ilgi gösterilmiştir (Uylaşer, 1996).

2.5. Mikotoksinler ve Mikotoksikozis

Mikotoksinler, küfler tarafından sentezlenen sekonder metabolitlerdir. Mikotoksinler; *Deuteromycota* sınıfında bulunan başta *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* olmak üzere küflerin uygun nem ve sıcaklık şartları altında sentezlenen toksik bileşiklerdir (Bilgin, 2014: 12).

Sekonder metabolit olan bu toksinlerin küflerce neden üretildiği yani küfler bu maddeleri üreterek ne gibi bir kazanım elde ettiği bilinmemektedir (Halkman, 2013).

Mikotoksin Yunanca mantar anlamına gelen “mykes” ve Latince zehir/toksin anlamına gelen “toxikon” kelimelerinin birleşiminden meydana gelmiştir (Özmenteşe, 2002).

En etkili toksik maddelerden biri olan mikotoksinlerin insan ve hayvanlarda sebep olduğu zehirlenmelere/hastalıklara mikotoksikozis denir (Farkhondeh Hal, 2014). Bilinen ilk mikotoksin vakası ise M.S. 943 yılında Orta Çağ Fransı’sında meydana gelen ve binlerce kişinin ölümüne neden olan *Claviceps purpurea*’nın ürettiği toksinlerin sebep olduğu “ergotizm” olarak adlandırılan bir hastalıktır. Bu hastalık kol, bacaklar ve ayakların şişmesi, şiddetli ağrı, hissizlik ve kangren gibi belirtilere sahiptir (Özmenteşe, 2002).

1800’lü yılların sonu ve 1900’lü yılların başında küflerin sekonder metabolit olarak ürettiği maddeler tanımlanmaya başlamış ve insanlara bilinçli olarak verilen bu maddeler ile insanlardaki etkileri izlenerek toksisitelerine dair bilgiler edinilmiştir. Ayrıca tahılların küfler tarafından bozulmasına ilişkin yapılan çalışmalar ile de hem tahıllara hem de hayvancılıkta ve insanlara toksik etki yapabileceği anlaşılmıştır (Richard, 2007: 4).

Mikotoksinlerin oluşumu için gıdalar çok uygun bir ortamdır. Gıda ürünlerinin tarladan başlamak üzere hasat öncesi, hasat ve depolama, işleme, paketlenme ve depolama gibi süreçlerde küf kontaminasyonu ve mikotoksin oluşumu için iç ve dış faktörler, dolaylı faktörler ve proses faktörleri gereklidir. Dış faktörler hasat öncesinde iklim koşulları iken hasat sonrasında buna oksijen, pH, deponun bağıl nemi ürünün nem içeriği oksijen, süre ve sıcaklık kriterleri de eklenmektedir. İç faktörler hasat öncesinde su aktivitesi, bitki çeşidi, besin bileşimi gibi etmenlerdir. Hasat sonrasında ve depolamada ise nem içeriği, su aktivitesi, mineral içeriği, besin bileşimi, substrat yapısı olarak belirtilmektedir. Proses faktörleri; kurutma hızı, kurutulan ürünün nem alması, mekanik hasar, ürün harmanlanması, sıcaklık

etmenleridir. Dolaylı faktörler ise küf ve spor yükü, böcekler ve maytlar arasındaki etkileşim, mikrobiyolojik ekosistem ve bitki hastalıkları hasarıdır (Halkman, 2013; Magan vd., 2003: 726).

Sağlıksız hasat uygulamaları, uygun şartlarda yapılmayan kurutma işlemi, proses, paketleme, muhafaza ve taşıma koşulları küf gelişimini desteklemekte ve mikotoksin oluşumuna neden olmaktadır (Yapar, 2015: 3).

Hasattan önce tanelere bulaşan tarla küflerinden 70 küf cinsi ve 150 tür izole edilmiş olup bunlardan en önemlileri *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Helminthosporium*, *Fusarium*, *Stemphylium* ve *Verticillium* olarak belirtmiştir. Tarla küflerinin sporları hasattan önce rüzgar ve su ile tanelere bulaşır ve uygun şartlarda depolama yapılmaz ise mikotoksin oluşumu kaçınılmazdır. Kontaminasyona uğramış tanelerde küflerin üremesinden ötürü renk değişimi, çimlenmenin azalması ve mikotoksin oluşumu görülmektedir. *Fusarium* en çok kontamine olan ve trikotesen olarak adlandırılan deoksinivalenol, nivalenol, diasetoksisirpenol, HT-2 ve T-2, zearalenon ve fumonisin gibi toksinler üretmektedir (Tunail, 2000). Ancak taneler %13,5-14 nem içeriği olacak şekilde yeterince kurutulur, depo temizliğine dikkat edilir ve depo sıcaklığı 10-15 °C'de tutulursa kontamine tanelerde küf gelişimi ve toksin oluşumu önlenir. Depo küfleri ise temizliğe dikkat edilmemesinden ötürü gelen yeni ürünleri de kontamine etmektedir (Halkman, 2013). Tarla küfleri ve depo küfleri arasındaki geçiş sürecinde ise *Epicoccum*, *Chatemium*, *Nigrospora*, *Rhizopus*, *Papullaria*, *Fusarium nivale*, *Trichothecium roseum* tür ve cinsler kontaminasyona sebep olmakta ve uzun süre depolanan hububat ve baklagillerde *Eurotium*, *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsleri kontaminasyonda baskın olmaktadır (Tunail, 2000).

Küflerin mikotoksin üretebilmeleri sıcaklık, pH, nem, oksijen ve karbondioksit konsantrasyonu, mikroorganizma florasının rekabeti, küf türü, gıda ürünü gibi etkenlere bağlıdır (Hacıbekiroğlu, 2013: 3).

Mikotoksin oluşumunun engellenmesi için gıda işleme ve gıda ürününe göre su aktivitesinin 0,60'ın altına düşürülmesi, oksijen alımının azaltılması/durdurulması, muhafaza sıcaklıklarının gıda ürününe uygun olması, küflü yem ve gıdaların hayvanlara yedirilmemesi, gıda ve yemlerde bulunan mikotoksinlerin olabildiğince detoksifikasyona tabii tutulması, ayrıca mikotoksinler için izlenebilirlik süreçlerinin ve HACCP uygulamalarının kontrolünün yapılması, yasal düzenlemelerin takibinin yapılması gerekmektedir (Öksüztepe ve Erkan, 2016: 192; Kumar vd., 2008: 900).

Küfler bakterilere göre daha düşük su aktivitelerinde gelişebilir; optimum a_w 0,97-0,99 olmasına rağmen 0,80-0,85 değerlerinde gelişebildikleri gibi kseroofilik türleri 0,61-0,62 su aktivitelerinde gelişebilmektedir. Geniş sıcaklık aralığında gelişim gösteren küflerin yüksek düzeyde mikotoksin salgılamaları optimum sıcaklık koşullarında olmaktadır. Aflatoksin üreten türler minimum 6-8 °C'de üremelerine rağmen toksin üretimi için minimum 10-13 °C gerekmektedir. Maksimum 50-60 °C'de üreyen aflatoksin üreten küfler maksimum 40 °C'ye kadar toksin oluşturabilmektedir. *Penicillium* ve *Fusarium* türleri 5 °C'nin altında gelişebilmektedir. Ancak *Aspergillus* türleri bu değerlerde gelişemez ve aflatoksin üretemez (Halkman, 2013).

Mikotoksinler misel içinde endotoksin olarak birikebildiği gibi bazıları miselden substrata salgılanıp difüze olduğu için küflü gıda ve yemlerden misellerin uzaklaştırılması mikotoksin riskini ortadan kaldırmamaktadır. Yüksek sıcaklıklara da dirençli olmalarından dolayı gıdalara uygulanan ısıl işlemle yok olmaları mümkün değildir (Yücel, 2019: 4; Polat, 2012: 3).

Küflerin oluşturduğu 250 adet mikotoksinde 20-25 çeşidi yem ve gıdalara bulaşarak zehirlenmelere neden olmaktadır. Yüksek toksisiteye sahip olduğu bilinen, en fazla rastlanan, en fazla araştırılan, insan ve hayvan sağlığı için en toksik etkiye sahip olan toksinlerden en önemlileri aflatoksin, okratoksin, zaeralenon, patulin, sterigmatoksin, trikotesen, penisilik asit, ergot alkaloidleri, rubratoksin, gibi toksinlerdir. Bu toksinlerin arasından ön plana çıkan mikotoksinler ise aflatoksinlerdir (Güley, 2008). Tablo 2.8'de küflerin bazı önemli toksijenik türleriyle ilgili mikotoksinlerin listesi verilmiştir (Tunail, 2000).

Mikotoksinlerin sınıflandırılmasında üretici küf çeşidi önemlidir. *Aspergillus* toksinleri, *Penicillium* toksinleri, *Fusarium* toksinleri ve *Alternaria* toksinleri olarak sınıflandırma yapılmaktadır (Polat, 2012: 4). Bunların arasından mikotoksin denildiğinde ilk akla gelen aflatoksindir. Ayrıca *Penicillium*'un ürettiği toksinler de çok yayılma ve bulaşma gösterdikleri için risklidir. *Penicillium* türleri buzdolabı sıcaklıklarında dahi toksin üretme kabiliyetine sahip olmalarından ötürü önemli bir gruptur (Özgören, 2012: 18).

Uzun süre mikotoksinlere maruz kalınması sonucu kanser riski artmaktadır. Böbrek, karaciğer, immün sistem, sinir sistemi, vasküler, ürogenital ve gastrointestinal sistemler ile diğer organlara da toksik etkileri mevcuttur (Kök, 2006). Bunlara ek olarak kanserojenik, mutajenik, teratojenik, östrojenik, halusinojenik ve tremorjen etkileri görülür (Hussein ve Brasel, 2001: 103; Tiryaki vd., 2011: 49). Tablo 2.9'da bazı mikotoksinlerin bulunduğu ürünler ve memeli hayvanlar üzerine etkileri verilmiştir (Tunail, 2000).

Tablo 2.8. Filamentli küflerin bazı önemli toksijenik türleri ve mikotoksinler

<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Alternaria</i>
Aflatoksin B ₁	Sitrinin	Zearalenon (F-2 toksin)	Alternariol
Aflatoksin B ₂	Okratoksin A	Trikotesenler	Alternariolmono-metil-ester
Aflatoksin G ₁	Sitreoviridin	Deoksivalenol	Tenuazonikasit
Aflatoksin G ₂	Rubratoksin	Nivalenol	Altertoksine
Aflatoksin M ₁	Rubratoksin B	Diasetoksisirpenol	
Aflatoksin M ₂	Patulin	T – 2 toksin	
Aflatoksin B _{2a}	Penisilikasit	HT – 2 toksin	
Aflatoksin G _{2a}	P – R (P.Requeforti) toksin	Tremortin	
Aflatoksin B ₃	Luteosikrin	Fusarin – C	
Aspertoksin	İzlanditoksin	Fumonisin B ₁	
Sitrinin	Ksantosilin – X		
Sterigmatosistin	Siklopiazonikasit		
Okratoksin A	Sitromisetin		
Patulin	Rugulosin		
Penisilik asit	Ksantomegnin		
	Rugulovasin (A, B)		
	Verrukulotoksin		
	Emodin		

Kaynak: (Tunail, 2000)

Mikotoksinler bitkisel ürünler ile hayvanlara, hayvansal ürünler olan et, süt, yumurta, peynir ile insanlara kolaylıkla geçebileceği gibi doğrudan bitkisel ürünlerle de insanlara ulaşabilmektedir. Mikotoksinler solunum yoluyla, dermal yolla da insan vücuduna geçebilmektedir. Mikotoksinlerin etkisi beslenme, toksine maruz kalma süresi, toksin miktarı, sıcaklık ve bağışıklık gibi etmenlere bağlıdır. Hayvanlar da ise toksin miktarına bağlı olarak verimde azalma ile başlayan ölüme kadar ilerleyen bir süreç mevcuttur. Ayrıca verimde azalma ve üreme sistemi hasarlarından ötürü ekonomik kayıplara da neden olmaktadır. Mikotoksikozis vakaları genelde diğer patojen bakterilerin yapmış olduğu hastalıklar ile karıştırılmakta ve teşhisi yapılamamaktadır (Güntekin, 2007: 5).

Fungus cinsleri *Zygomycota*, *Ascomycota*, *Deuteromycota* (*Fungi imperfecti*), *Oomycota* ve *Basidiomycota* olmak üzere beş bölümde incelenmektedir ancak gıdalarda bulunan funguslar *Zygomycota*, *Ascomycota* ve *Deuteromycota* (*Fungi imperfecti*), bölümleri içerisinde. Mikotoksin üretenler ise *Deuteromycota* sınıfındadır (Halkman, 2013; Tunail, 2000).

Tablo 2.9. Bazı mikotoksinler, üreticileri, etkileri ve bulundukları ürünler

Mikotoksin	Toksini Üreten Tür	Memeli Hayvanlara Olan Etkileri	Bulunduğu Ürünler
Aflatoksin	<i>Aspergillus flavus</i>	Hepatotoksik Kanserojen Teratojen (AFB ₁)	Yer Fıstığı Fındık Hayvan Yemleri Süt, Peynir
	<i>Aspergillus paraciticus</i>		
Bisoklamikasıit	<i>Byssochlamys fulva</i>	Kanama	Meyve Suları
Sitrinin	<i>Penicillium citrinum</i>	Nefrotoksik Nörotoksik	Pirinç Arpa ve Arpa Unları, Fasulye
	<i>Aspergillus terreus</i>		
Sklopiazonikasıit	<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	Hepatotoksik Kanserojen	Un, Fasulye, Hayvan Yemleri Et Ürünleri
	<i>Penicillium griseofulvum</i>		
	<i>Aspergillus flavus</i>		
İzlanditoksin	<i>Penicillium islandicum</i>	Hepatotoksik	Pirinç
Luteosikrin	<i>Penicillium islandicum</i>	Hepatotoksik Kanserojen	Pirinç, Hayvan Yemleri
Maltorisin	<i>Aspergillus oryzae</i>	Hepatotoksik	Malt Embriyosu
Okratoksin	<i>Aspergillus ochraceus</i>	Nefrotoksik Hepatotoksik Teratojen İmmunosupresif	Tahıllar, Sebzeler, Domuz Eti, Balık Ürünleri, Malt
	<i>Aspergillus alutaceus</i>		
	<i>Penicillium verrucosum</i>		
	<i>Penicillium aurantiogriseum</i>		
Patulin	<i>Penicillium patulum</i>	Nörotoksik Hücre İçin Toksik	Meyveler, Meyve Suları, Malt Embriyosu
	<i>Penicillium expansum</i>		
	<i>Aspergillus clavatus</i>		
	<i>Aspergillus giganteus</i>		
	<i>Byssochlamys nivea</i>		
Penisilikasıit	<i>Penicillium martensii</i>	Hepatotoksik Nefrotoksik Teratojen	Pirinç ve pirinç unu
	<i>Penicillium viricatum</i>		
	<i>Penicillium aurantiogriseum</i>		
	<i>Aspergillus alutaceus</i>		
Psoralen	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Dermatoksik Mutajen Nekroz oluşumu	Kereviz
Rubratoksin	<i>Penicillium rubrum</i>	Hepatotoksik Teratojen	Tahıllar
	<i>Penicillium purpurogenum</i>		
Sporidesmin	<i>Pithomyces chartarum</i>	Hepatotoksik Dermatoksik	Delice otu
Sterigmatosistin	<i>Bipolaris species</i>	Kanserojen	Buğday Yer fıstığı
	<i>Eurotium amstelodamii</i>		

Kaynak: (Tunail, 2000)

Tablo 2.10. Tablonun devamı

Trikotesenler	<i>Myrothecium roridum</i>	Deri nekrozları	Fasulye, Meyve ve sebzeler
	<i>Trichoderma viride</i>		
	<i>Trichothecium roseum</i>		
	<i>Fusarium graminearum</i>		
	<i>Fusarium</i>	Alimentary Toxic Aleukia (ATA)	Tahıllar
Zearalenon (F-2 Toksin)	<i>Fusarium graminearum</i>	Östrojen benzeri etki	Mısır, Buğday, Fasulye, Pirinç, Hayvan yemleri

2.6. Aflatoksinler

Aflatoksinler ilk olarak İngiltere’de küflü yer fıstığının hindi yemine katılması ile 100.000’den fazla hindinin ölmesi sonucu tespit edilmiştir. Burada bulunan *Aspergillus flavus* türü küfün salgıladığı toksin “aflatoksin” olarak adlandırılmıştır. Aflatoksin ismi *Aspergillus*’un baş harfi olan “A”, *flavus*’un ilk üç harfi olan “fla” ve zehir manasına sahip olan “toksin” kelimesinin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur (Çetin, 2004: 4). Aflatoksinlerin sebep olduğu zehirlenmelere ise aflatoksikozis denir (Girgin vd., 2001: 99).

Aflatoksinler, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus nomius*, bazı *Penicillium* ve *Rhizopus* türleri tarafından sentezlenmektedirler (Albay ve Şimşek, 2011; Alkan, 2006: 4; Aydeniz, 2017: 3). *Aspergillus flavus*, B₁ ve B₂ toksinlerini üretir. *Aspergillus paraciticus* ve *Aspergillus nomius* ise aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂ türlerine ek olarak aspergilkasit, kojikasit ve tenuazonikasit de üretmektedir. M₁ toksini ise B₁ toksini içeren yemlerin hayvanlar tarafından tüketilmesi ile hayvan karaciğerinde metabolize olması ve süte geçmesi ile oluşur (Atakan, 2019: 14; Uluçay, 2016: 4; Tunail, 2000).

Aspergillus flavus yaygın olarak dünya genelinde mevcutken *Aspergillus paraciticus* tropik ve subtropik iklim görülen bölgelerde daha yaygındır (Tunail, 2000).

Aflatoksin çalışmaları ülkemizde 1967 senesinde Kanada’ya ihraç edilen fındıklarda toksin tespit edilerek kabul edilmemesinden sonra başlamıştır. Ülkemize iade edilmiş olan ve Ankara ilinden toplanan fındık örneklerinde aflatoksin tespit edilmiştir (Özmenteşe, 2002). Aflatoksin mısır, fıstık, Antep fıstığı, pamuk tohumu, fındık, badem, incir, pirinç, buğday, kahve, kakao, baharatlar (özellikle kırmızı pul biber), süt ve süt ürünleri, yem çeşitleri gibi ürünlerde tespit edilmiştir (Günaydın, 2018: 7; Öner, 2018: 22; Kabak ve Var, 2006; Maciel

vd., 2018: 136). Tablo 2.10’da bazı gıda ürünlerinde aflatoksin ve aflatoksinin kontaminasyon riski verilmiştir (Tunail, 2000).

Tablo 2.11. Bazı gıda ürünlerinde aflatoksin ve kontaminasyon riski

Ürün	Kontaminasyon Sıklığı (%)	Sınır değerin Üzerindekiler (%)	Örnek sayısı (n)
Yer fıstığı ezmesi	20,3	3,4	59
Badem (çekilmiş)	17,9 (21,0)	0,4 (1,7)	229 (119)
Persipan	11,8	4,4	68
Fındık	9,9	0	91
Antep fıstığı	3,9 (8,1)	1,3	229
Paraguay cevizi	3,6	0	28
Marzipan	2,8	0	36
Yer fıstığı	2,4 (12,5)	0 (0,8)	124 (281)

Kaynak: (Tunail, 2000)

Kontaminasyona maruz kalmış sütten yapılan peynir süte oranla daha yoğun bir ürün olduğu için daha fazla risk taşımaktadır (Girgin vd., 2001: 100). Ayrıca meyve ve meyve ürünleri, sebze ve sebze ürünlerinde de aflatoksin gözlemlenebilir (Öner, 2018: 10). Özellikle kurutulmuş ancak yeterince kurutulmamış veya muhafaza sırasında nem almış olan gıdalar potansiyel risk taşımaktadır (Mammadova, 2018: 11).

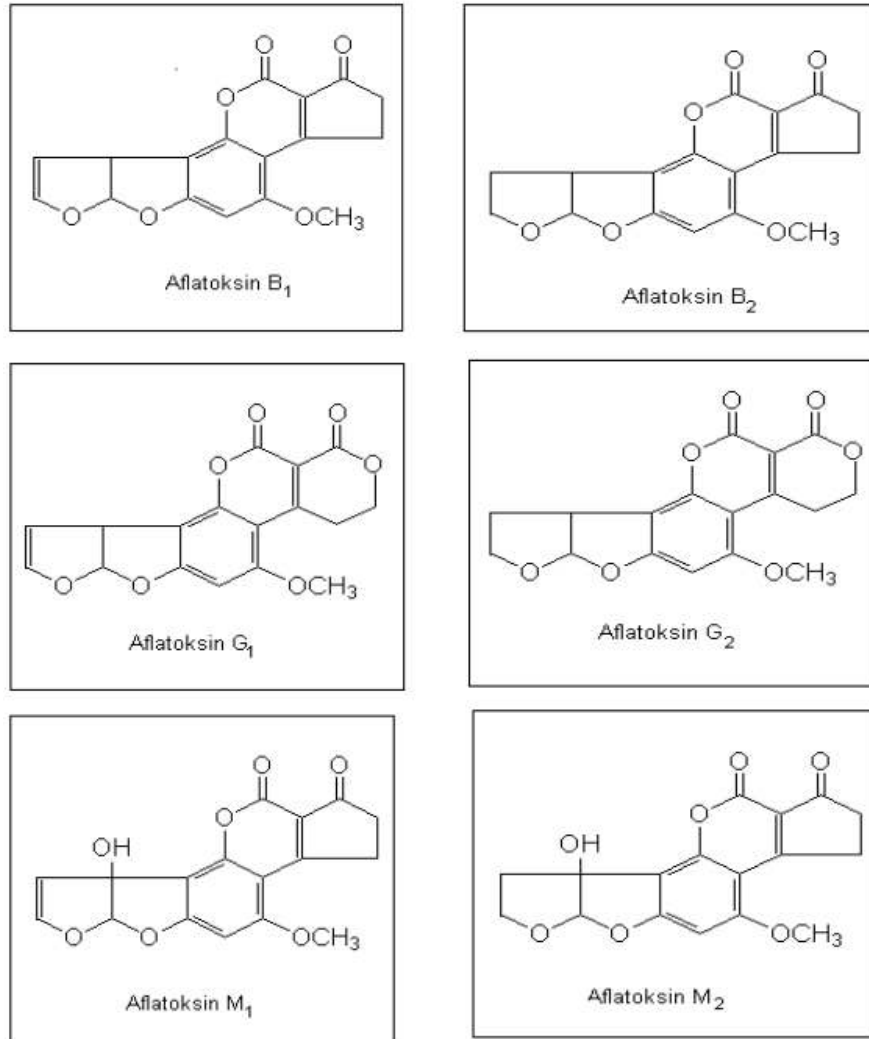
Kontamine olmuş tahılların öğütülmesi ve fırıncılık ürünlerinde kullanılması nedeniyle bu ürünler de risk teşkil etmektedir. Ayrıca pamuk, ayçiçeği, susam ve kolza gibi yağlı tohumlarda da aflatoksinlere rastlanılmaktadır (Halkman, 2013).

Aflatoksinler “difurokumarosiklopentenon” ve “difurokumarolakton” olmak üzere gruplandırılmıştır (Özkaya ve Temiz, 2003). Aflatoksinin 20’den fazla türü bulunmaktadır. Ancak en fazla bilinen aflatoksin türleri AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂, AFM₁ ve AFM₂’dir (Ponzilacqua vd., 2018: 24; Tahir vd., 2018: 6). Aflatoksin B_{2a} ve G_{2a} ise aflatoksin B₁ ve B₂’nin dihidro türevleri iken aflatoksin P₁, M₁ ve Q₁ aflatoksin B₁’in hidroksillenmiş türevi olup, B₁ toksini hayvan karaciğerinde M₁ ve M₂’ye dönüşür. Sonra süt ve idrar ile vücuttan dışarı atılır. Bu aflatoksinlerin toksisite sıralaması ise B₁ > G₁ > B₂ > G₂ şeklindedir. M₁ ve M₂ diğer türlerden daha az toksisiteye sahiptir (Günşen ve Büyükyörük, 2003: 822; Güntekin, 2007: 6; Tahir vd., 2018: 6). “B” ve “G” sembolleri kromatografide UV ışığı altında aflatoksinin mavi (blue) ve yeşil (green) floresan verdiğini, M harfi ise “milk toxin” anlamını temsilen “M” harfi ile belirtilmektedir. 1 ve 2 sayıları ise toksisite derecelerini göstermektedir (Çetin, 2004: 4; Tahir vd., 2018: 6; Yentür ve Er, 2011: 46). Kontamine yemler ile beslenen

hayvanlarda aflatoksinin büyük kısmı dışkı ve idrar ile atılırken aflatoksin B₁ ve B₂'nin %0,3-6,2'si metabolize olarak OH ihtiva eden derivatlara dönüştürerek aflatoksin M₁ ve M₂ olarak sütte salgılanır (Ardıç vd., 2009: 196; Atasever vd., 2010: 88; Tunail, 2000).

Aflatoksinlerin toksisite seviyelerinin ve canlılar üzerine etkilerinin belirlenmesi için aflatoksine çok duyarlı olan at, sığır, koyun, keçi, köpek, maymun, fare, hindi, tavuk, ördek gibi (özellikle ördek yavrusu) hayvanlardan yararlanılmaktadır (Yücel, 2019: 7).

Kumarin yapıda lakton halkasına eklenmiş olan siklopentenon halkası B toksinlerine ait bir özelliktir. G toksinlerinde ek olarak bir lakton halkası mevcuttur (Özkaya ve Temiz, 2003). B₂ aflatoksini B₁'in, G₂ aflatoksini G₁'in dihidro türevi olup in vivo şartlarda B₁ ve G₁'e okside olmadıklarında biyolojik olarak inaktif durumdadırlar (Ayrancı, 2019: 6). Şekil 2.5'de bazı aflatoksinlerin kimyasal yapıları gösterilmiştir (Özkaya ve Temiz, 2003).



Şekil 2.5. Bazı aflatoksinlerin kimyasal yapıları

Kaynak: (Özkaya ve Temiz, 2003)

Molekül ağırlıkları düşük olan aflatoksinler, hidrofobik özellikte olup suda az, metanol, kloroform, etanol, dimetilsülfoksit (DMSO), propilenglikol ve asetonunda iyi çözünürler. Petrol eterinde ise çözünmezler. Ayrıca kloroform ve benzen içerisindeki çözeltileri yıllarca stabil kalabilir. Nötr pH'da stabil haldelerdir ancak pH<3 ve pH >10 değerlerinde UV ışıkta inaktif olmaktadır (Çinicioğlu, 2017: 24; Güntekin, 2007: 14). Ayrıca bu hafif sporlar havada kolaylıkla asılı kalmakta ve böylece yayılması kolay olmaktadır (Ayrancı, 2019: 6). Tablo 2.11'de bazı aflatoksinlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri verilmiştir (Çinicioğlu, 2017: 24; Uluçay, 2016: 4).

Tablo 2.11. Aflatoksinlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri

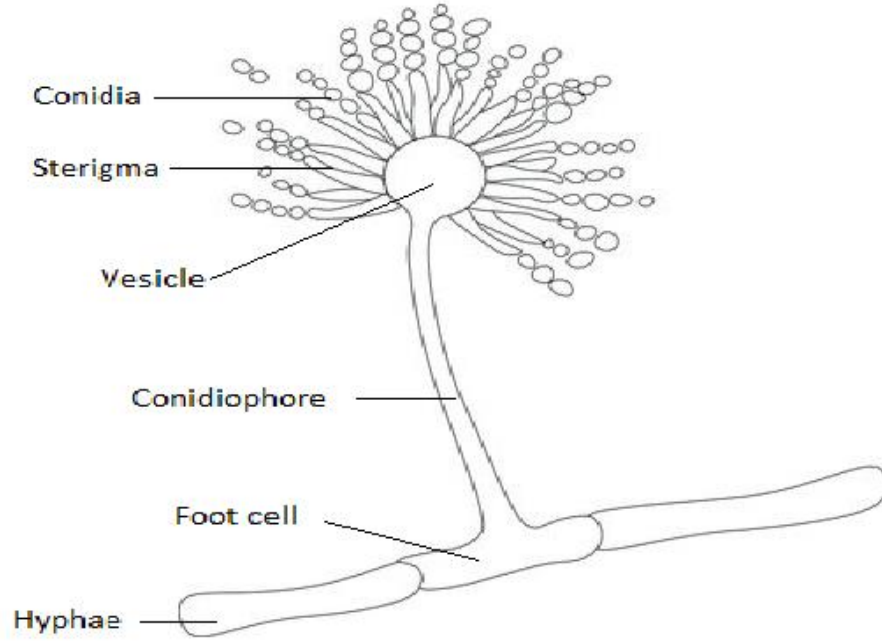
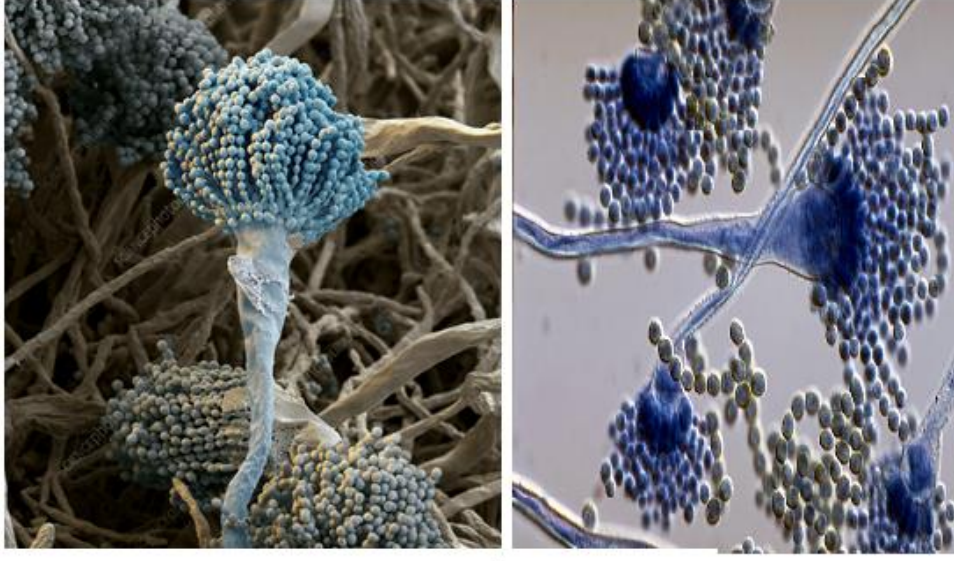
Aflatoksin	Formül	Molekül Ağırlığı (Dalton)	Erime Noktası	UV ile Oluşan Renk
B ₁	C ₁₇ H ₁₂ O ₆	312	268-269	Mavi
B ₂	C ₁₇ H ₁₄ O ₆	314	286-289	Mavi
G ₁	C ₁₇ H ₁₂ O ₇	328	244-246	Yeşil
G ₂	C ₁₇ H ₁₄ O ₆	330	237-240	Yeşil
M ₁	C ₁₇ H ₁₂ O ₇	328	299	Mavi - Menekşe
M ₂	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	330	293	Menekşe

Kaynak: (Çinicioğlu, 2017: 22; Uluçay, 2016: 13)

Aspergillus eşeysiz üremesini sağlayan dallanan septalı hiflere sahiptir ve bu hiflerden ayrılan yapılara konidiofor denir. Konidioforlar uç kısımda genişleyerek vezikül benzeri yapıları oluşturarak konidia üretir ve bu konidia ile konidioforlar mikroskop altında görüntülenerek *Aspergillus* türleri ayırt edilebilmektedir (Şekil 2.6) (Ayberkin ve Çiftçi, 2009: 119).

Küf gelişimi ve aflatoksin üretimi üzerine nem, bağıl nem, sıcaklık, substrat konsantrasyonu ve rekabetçi flora gibi etmenler etkilidir (Yücel, 2019: 4). Ayrıca küfler aflatoksin üretmek için bazı ortam şartlarına ihtiyaç duyar. 10-45 °C sıcaklık aralığında üreyebilen küfler ideal olarak 20-30 °C gelişir ve toksin üretmeye başlar. *Aspergillus* küfleri ve 0,78 a_w ve üzerindeki su aktivitesi değerlerinde gıdalarda gelişir ve toksin sentezler. Küfler 1,6-11,1 pH aralığında gelişim gösterirler ancak ideal pH 5-6 aralığıdır ve aside karşı toleranslıdır. Toksin sentezlenmesi için oksijen gereklidir ancak oksijeni kullanarak karbondioksit oluşması ve karbondioksit yoğunluğunun zamanla artarak %20-40 seviyelerine gelmesi toksin üretimini baskılar ve durdurur. Ayrıca iklim, hasat dönemi ve şartları, ışık, havalandırma, çevresel etmenler, depolama şartları da toksin üretimini etkileyen

faktörlerdendir (Mammadova, 2018: 6). Özet olarak tarladaki üretimden itibaren, gelişme, hasat, depolama gibi aşamalarda kontaminasyon riski devam etmektedir (Girgin, 2001: 103).



Şekil 2.6. *Aspergillus* türünün şematik görünümü.

Kaynak: (Ayberkin ve Çiftçi, 2009: 119)

Aspergillus türleri mezofiliktir. Optimum gelişme sıcaklık değeri 35-38 °C olmasına rağmen 6-8 °C ve 50-60 °C'ye kadar gelişim gösterebilmektedirler. Ancak 10-13 °C'nin altında ve 41-42 °C'nin üzerinde toksin oluşumu sınırlı düzeydedir ve toksin oluşumunun en fazla olduğu sıcaklık değeri ise 25-30 °C'dir. *Aspergillus* türleri 0,80 su aktivitesi değerinin altında da gelişme göstermektedir ancak 0,97-0,99 a_w aralığında optimum değerlerdir. *Aspergillus flavus* 0,83-0,87 a_w , *Aspergillus paraciticus* ise 0,87 a_w 'de toksin üretebilme yeteneğine sahiptir. Ancak gıda ürününe göre bu değerler değişiklik gösterebilmektedir.

Aflatoksin üreten türler pH 5-6 değerlerinde aflatoksin oluşumu en yüksek seviyede olmasına rağmen pH 4'ün altında yavaş da olsa gelişip toksin üretebilmektedir (Halkman, 2013).

Küflerin aflatoksin üretmesi için en uygun substratlar karbonhidratlardan glikoz, galaktoz ve sakkaroz ile aminoasitlerden glisin, glutamik asit, alanin ve aspartik asittir. Ayrıca *Aspergillus flavus* daha çok glikoz ve sakkarozu tercih etmektedir (Mammadova, 2018: 6).

Aflatoksinlerin sentezlenmesinde ilk adım olarak asetil CoA ile malonil CoA'nın karbondioksit kaybetmesi ve kısalmasıyla yağ asidi sentez yolu sayesinde hekzonata dönüşmekte ve hekzonat 7 malonoat ünitesi ile reaksiyona girerek poliketit sentezi ile norsolorinik asit oluşmaktadır. 12-17 kadar enzimatik değişime uğrayan poliketit versicolorin B'ye dönüşür. Bu oluşum ile enzimatik yol iki kola ayrılır; birincisinde versicolorin A oluşumu sonrasında sterigmatoksisinden aflatoksin B₁ ve aflatoksin G₁ sentezlenirken ikincisinde dihidro dimetil sterigmasistinden aflatoksin B₂ ve G₂ sentezlenmektedir (Akkaya, 2011).

Bilinen en güçlü karaciğer kanserojeni olan aflatoksinler Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından AFB₁ Grup I karsinojen, AFM₁ ise Grup II B karsinojen olarak değerlendirilmektedir. Özellikle B₁ hepatitis B/HBV ile hepatosellüler karsinomaların baş etmeni olarak gösterilmiş ve arsenikten 60 kat daha toksisiteye sahip olan en toksik bileşiktir. M₁ ise B₁'e göre daha az mutajenik ve karsinojenik olmasına rağmen genotoksik etkisi daha fazladır (Ardıç vd, 2008: 93; Geng vd., 2018: 83; İşleyici vd., 2011: 107; Ponzilacqua vd., 2018: 25).

Aflatoksinlerin siroz, kronik gastrit, Reye sendromu ve solunum sistemi hastalıklarında etken olabileceği belirtilmiştir (Kireççi vd., 2007: 94). Böbreklerde ise kanser, ani kanama, nefropatiye neden olmaktadır. Diğer önemli bir etkisi ise immün sistemi zayıflatarak canlıyı enfeksiyonlara karşı açık hale getirmesidir (Öner, 2018: 14). Ek olarak bazı enzimlerin aktivitesinde azalma, glikoz metabolizmasında aksamalar, lipid sentezi inhibisyonu gibi zararları da vardır (Girgin vd., 2001: 101).

Aflatoksinler hücrede ve dokularda toksine maruz kalma süresine ve hasarın boyutuna göre farklı biyokimyasal değişikliklere de yol açmaktadır. Serum proteini, protein kaynaklı olmayan azot, üre, hemoglobin ve pıhtılaşma faktörleri miktarı azalır. Ayrıca süksinat dehidrojenaz, glikoz-6-fosfotaz, glutasyon peroksidaz, katalaz, süperoksit dismutaz ve glutasyon redüktaz gibi enzimlerin aktivitesi düşer. Serum alkali fosfataz (ALP), aldolaz, gammaglutamil transferaz (GGT), asit fosfataz, laktik dehidrojenaz (LDH), ornitin karbomoi

transferaz, alanin aminotransferaz (ALT), aspartat amino transferaz (AST), lipid peroksidaz ve izositrik dehidrojenaz enzimlerinin aktiviteleri artış gösterir. Bu enzimlerin bir kısmı karaciğer hasarına işaret etmektedir (Çelik, 2001: 133).

Hindistan, Tayland ve Tayvan gibi ülkelerde akut zehirlenme vakaları bildirilmiştir. Akut zehirlenme vakalarında özellikle karaciğerde nekroz ve yağ birikimi ile ani ölüm, iştahsızlık, solunum güçlüğü, halsizlik, öksürük, kanlı ishal, karaciğerde hasar belirtileri açığa çıkmaktadır. Sarılık, hematom, kanamalı bağırsak yangısı, trombosit sayısında azalma, nekroz, pıhtılaşma mekanizmasında aksaklıklar, mukoz zarlarda ve vücut boşluklarında kanamalar, serum proteinlerinde gibi belirtiler subakut vakalarında sıklıkla rastlanılmaktadır (Güntekin, 2007: 16).

Hayvanlarda da toksinden öncelikle etkilenen organ karaciğerdir. Karaciğer zarar görür ve safra kanallarında hızlı hücre bölünmesi ile birlikte kanamalar görülür. Etkilenen sinir sistemi işlevini sürdüremez. Felç, kramp, denge sorunları görülebilir. Ayrıca besin emiliminde sorunlar, gelişimde durma ve kilo kaybı sonucunda ölümle sonuçlanabilmektedir (Arıcı, 2019: 9).

AFB₁'in protrombin sentezi ve pıhtılaşma mekanizması ile ilgili etmenlerin sentezini inhibe ederek kanın antikoagülasyonuna neden olduğu öngörülmektedir. Ancak en toksik etki gastrointestinal sistemde emilim sonrası karaciğerde görülür (Ekici, 2018: 9). Karaciğerde sentrilobüler nekrozlar, tümör, hasar ve yağ birikimine neden olan aflatoksinler siroz ve sarılığa neden olur (Öner, 2018: 14; Türkoğlu, 2018: 13). Ratlarda karaciğerde tümörün günlük 10-15 µg/kg kadar alındığında oluştuğu belirtilmiştir (Tunail, 2000). Yapılan deneylerde kemiriciler ve Çelikbaş alabalıklarına yem ile 1 µg/kg B₁ verilmiştir. Deney sonucunda bu hayvanların %10'unda böbrek ve kolon tümörü oluştuğu belirtilmiştir (Güntekin, 2007: 20). Tablo 2.12'de çeşitli türde hayvanlarda AFB₁ için LD50 değerlerinin karşılaştırması verilmiştir (Agag, 2004: 176).

Yapılan epidemiyolojik çalışmalar sonucunda tropik bölgelerde yaşayan toplumlarda iklime ve beslenme alışkanlıklarına bağlı olmak üzere daha fazla aflatoksin içeren gıdalar tüketmelerinden ötürü kanser oranlarının daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Mozambik'te karaciğer kanseri vakalarının Amerika'ya göre 500 kat fazla olduğu, Güneydoğu Asya ve Büyük Sahra'nın güneyindeki bölgelerde hepatoselüler karsinomların fazlaca görüldüğü belirtilmektedir. Sudan'da görülen primer karaciğer kanseri oranı %14 iken Danimarka'da bu değer %0,18 ve beyaz Amerikalılarda %1,7'dir. Sudan'daki vakaların fazla olmasının nedeni yer fıstığı tüketim alışkanlığına sahip olmalarıdır (Tunail, 2000).

Tablo 2. 12. Çeşitli türde hayvanlarda AFB₁ için LD50 değerlerinin karşılaştırması

Toksin	Hayvan	Yaş Ağırlık	LD50 (mg/ kg)
AFB ₁			0,37
AFB ₂			1,69
AFG ₁	Ördek	1 Günlük	0,79
AFG ₂			2,5
AFM ₁			0,8
AFB ₁	Tavşan		0,3-0,5
	Kedi		0,55
	Domuz	6-7 kg	0,62
	Hindi		0,5-1
	Köpek	Yavru	0,5-1
	Sığır	Genç	0,5-1
	Gine domuzu		1,4-2
	At	Genç	2
	Koyun	Genç	2
	Maymun	Genç	2.2
	Fare	Genç	9
	Tavuk	Genç	6,5-16,5
	Hamster	Genç	10,2
	Erkek sıçan	21 Günlük	5,5
	Dişi sıçan		7,4

Kaynak: (Agag, 2004: 180)

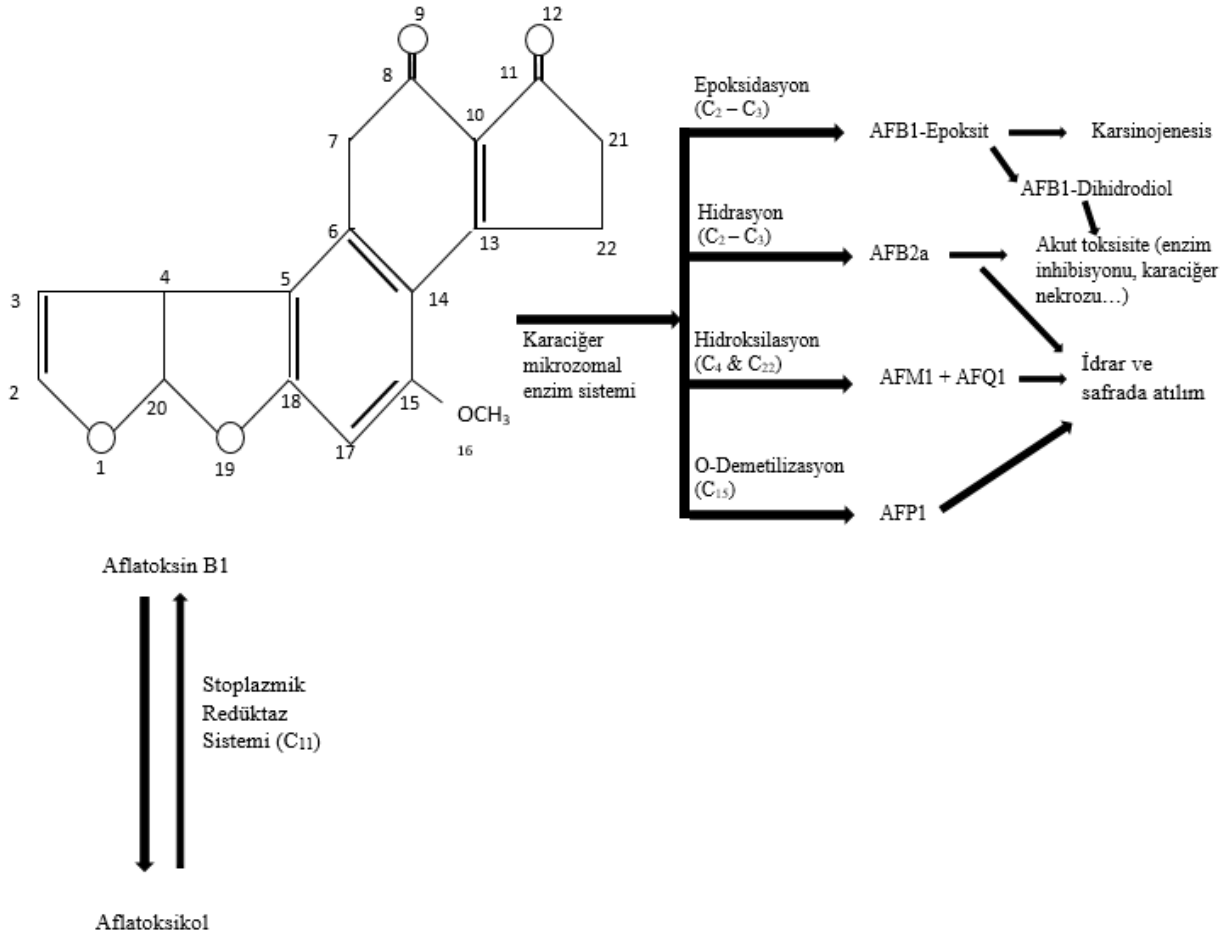
Aflatoksin metabolizması henüz tam olarak aydınlatılamamış olsa da bu konu üzerine araştırmalar devam etmektedir. Genel olarak aflatoksin metabolizması 4 ana basamaktan oluşmaktadır; emilim, dağılım, biyotransformasyon ve atılım. Aflatoksinlerin molekül ağırlıkları küçük olduğundan ince bağırsağın proksimal yüzeyinden çok çabuk emilirler ve mezenterik venöz kan ile hepatik portal vene geçiş yaparak karaciğere ulaşır (Diler, 2019: 14). Aflatoksin karaciğere ulaştıktan sonra mikrozomal enzimlerin (stokrom P450) yardımıyla hidroksilasyon, hidrasyon, dimetilasyon ve epoksidasyon yolları ile AFB₁ 8,9-epoksit, aflatoksikol, aflatoksikol Q₁, aflatoksin P₁ ve aflatoksin M₁ gibi değişik metabolitlere dönüşür (Diler, 2019: 15; Ekici, 2018: 9). Aflatoksin bu formda iken hem DNA'ya hem de proteinlere bağlanabilme özelliğine sahiptir. 8,9-epoksit formda DNA'ya bağlanan aflatoksin karsinojenik ve genotoksik etkili bir kompleks oluşturur (Agag, 2004; 183; Bennett ve Klich, 2003).

Bu oksidatif metabolizma sonucunda stabil olmayan, reaktif epoksid metabolitler açığa çıkmakta ve bu metabolitlerin hidroksillenmesiyle sülfat veya glukuronik asitle enzimatik konjugasyon sonucu suda çözünen sülfat ve glukuronid esterler oluşumu

gerçekleşmektedir. Oluşan bu metabolitler idrar ve safa ile dışarı atılmasıyla detoksifikasyon gerçekleşmektedir (Akkaya, 2011).

Aflatoksinler karaciğerdeki DNA diziliminde bulunan guanin bazına bağlanarak genetik koda hasar vererek hücre büyümesini etkiler. Böylece kontrolsüz büyüme ile hücreler tümörü meydana getirir (Çinicioğlu, 2017: 24). Aflatoksin B₁ ise kromozomlara serbest radikallerin salınımını uyarak hasar vermektedir (Çelik, 2001: 132).

Aflatoksin toksisitesi cinsiyet, yaş, sağlık durumu, beslenme, çevresel etmenler ve maruz kalma süresi ve dozuna göre değişiklik göstermektedir (Girgin vd., 2001: 102). Şekil 2.7’de aflatoksin B₁’in karaciğerdeki metabolizması verilmiştir (Ekici, 2018: 11).



Şekil 2.7. Karaciğerde aflatoksin metabolizması

Kaynak: (Ekici, 2018: 11)

Hayvanlar tarafından alınan aflatoksin gastrointestinal sistem ile portal kana emilir. Emilim sonucu karaciğere taşınarak karaciğerde tüketilebilir hayvansal ürünlere bulaşabilen metabolitlere dönüşür ve aflatoksin B₁’in bir kısmı aktif olur. Aktif olan toksin karaciğer

dokularına bağlanıp tümör oluşumuna neden olurken suda çözünen bazı konjugatları safraya ve oradan da dışkıya iletilerek vücuttan atılır ve diğer bazı konjugatlar, konjuge olmayan B₁ metabolitleri ile bozunma ürünleri dolaşım sistemiyle süt, yumurta veya tüketilebilir hayvan dokularına geçer (Agag, 2004; 183).

Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) raporuna göre gıda ürünlerinin yıllık yaklaşık %25'i mikotoksinlerce kontamine olmakta ve kullanılamaz hale gelmektedir. Mikotoksin kontaminasyonu insan ve hayvan sağlığı için tehdit oluşturmasının yanı sıra doğrudan ve dolaylı yollarla da ekonomiye zarar vermektedir (Wu vd., 2018: 235). Örnek olarak 1967 yılında ülkemizden Kanada'ya ihraç edilen fındıkların aflatoksin içermesinden, 1972 ve 1974 yıllarında ise ABD'ye yapılan Antep fıstığı ihracatında aflatoksin bulaşanı olmasından dolayı kabul edilmeyerek geri gönderilmiştir. Ayrıca kuru incir için de aynı sorunlar yaşanmış olup 1986-1988 yıllarında tüm ihracat diğer ülkeler tarafından durdurulmuştur. Bu gibi olaylardan dolayı ülke ekonomimiz kötü etkilenmiştir. Günümüzde ise hala bu sorun devam etmekte olup yurtiçi ve yurtdışı için tüketimlerde kontroller sürekli olarak devam etmektedir (Düzel, 2016: 2).

Aflatoksin bulaşan gıdaların tüketimi söz konusu olmadığı için de ekonomik kayıplar fazla olmaktadır. Buna ek olarak kontamine olmuş gıdaların tüketilmesiyle oluşan sağlık sorunlarının giderleri, bu konuya yönlendirilmiş araştırma, eğitim ve mevzuat giderleri de ekonomiyi olumsuz etkilemektedir. (Özkaya ve Temiz, 2003). Bu sebeplerden dolayı diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de aflatoksin kontaminasyonu için uygulanan yasal limitler mevcuttur. AB uyum süreci sebebiyle bazı gıdalarda izin verilen AFB₁ ve toplam aflatoksin (B₁, B₂, G₁ ve G₂) sınırları belirtilmiştir (Yentür ve Er, 2011: 46).

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre ülkemizde aflatoksin için kabul edilen limitler Tablo 2.13'de verilmiştir. Bu limitleri aşan miktarda gıda ürünleri ve yemlerin tüketilmesine izin verilmez, piyasaya sürülemez (Anonim, 2011a).

Tablo 2. 13. Türk Gıda Kodeksi tarafından bazı gıdalar için kabul edilen aflatoksin limitleri

Aflatoksin	Gıda Maddesi	Kabul Edilebilir max. Değer (µg/kg, ppb)
B ₁	Baharatlar	5
B ₁	Hububatlar	2
B ₁	Hububat unları	2
B ₁	Tüm Gıda Ürünleri	5
M ₁	Süt ve Süt Ürünleri	0,05
M ₁	Peynir	0,25
M ₁	Bebek Mamaları ve Devam Ürünleri	0,02

B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	Bebek Gıdaları ve Hazır Karışımlar	0,01
B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	Tüm Gıda Ürünleri	10

Kaynak: (Anonim, 2011a)

FAO'nun belirlemiş olduğu aflatoksin B₁ için limitler 0 ila 30 µg/kg, toplam aflatoksin için 0 ila 50 µg/kg olarak belirtilmiştir (Anonim, 2020b). Amerikan Gıda İlaç Kurulu (FDA) tarafından belirlenen değerler ise; insan yiyeceği ve bazı tür hayvan yemleri için 20 ppb, süt için 0,5 ppb, besi hayvanı yemi için 300 ppb, süt veren inek, domuz ve kümes hayvanı yemi için 100 ppb olarak belirtilmiştir (Girgin vd., 2001: 100). Çeşitli ülkelerdeki aflatoksin B₁ limiti tüm gıdalar için İsviçre'de ve Avusturya'da 1 ppb, Almanya'da 2 ppb, Hollanda'da 5 ppb'dir. Aflatoksin B₁+B₂+G₁+G₂ limiti ise Almanya'da 4 ppb, Fransa'da 10 ppb ve Amerika'da 20 ppb'dir (Tablo 2.14.) (Öner, 2018: 22).

Tablo 2.14. Bazı ülkelerde gıdalardaki maksimum aflatoksin limitleri

Aflatoksin	Gıda Maddesi	Kabul Edilebilir max. Değer (µg/kg, ppb)	Ülke
B ₁	Tüm Gıda Ürünleri	2	Almanya
B ₁	Tüm Gıda Ürünleri	5	Hollanda
B ₁	Tüm Gıda Ürünleri	1	Avusturya
B ₁	Tüm Gıda Ürünleri	1	İsviçre
B ₁	Mısır ve Tahıllar	2	İsviçre
B ₁	Tahıllar, Fındık	2	Avusturya
B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	Tüm Gıda Ürünleri	4	Almanya
B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	Kuru incir, Fındık	4	İngiltere
B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	Tüm Gıda Ürünleri	10	Fransa
B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	Tüm Gıda Ürünleri	20	ABD
M ₁	Süt	0,05	Almanya
M ₁	Bebek maması	0,02	İsviçre
M ₁	Süt ve süt ürünleri	0,05	İsviçre
M ₁	Çocuk sütü	0,1	Çek Cumhuriyeti
M ₁	Yetişkin sütü	0,5	Çek Cumhuriyeti

Kaynak: (Öner, 2018: 22)

AB ülkelerine ihraç edilen tüm ürünlerde toplam aflatoksin için 4 µg/kg, aflatoksin B₁ için 2 µg/kg limitlerine uyularak değerlendirme yapılmaktadır (Arıcı, 2019: 8). Ülkemizden AB'ye ihracatı yapılan ürünlerde 2002/80/EC komisyon kararı ve aflatoksin limitleri sürekli takip edilmektedir. Bakanlık ihracatı yapılan gıda ürünleri için ihracat sertifikası talep etmekte ve bu sertifikanın örnekleme tarihini ve yöntemi, test yapılan yeri, ilgili gıda maddesinde ölçülmüş aflatoksin düzeyleri gibi bilgileri içermesi gerekmektedir (Acar ve Kahraman, 2006: 192).

2.7. Aflatoksin Oluşumunun Engellenmesi ve Detoksifikasyonu

Aflatoksin hem sağlık hem ekonomi açısından risk yarattığı için ürünün tarladan sofraya kadar olan tüm basamaklarda kontaminasyonunun engellenmesi veya kontaminasyon gerçekleşmişse detoksifikasyonunun sağlanması gerekmektedir.

Detoksifikasyon işlemi, toksinleri ortamdaki kaldıracak, küf misellerini yok edebilecek, gıda ürünlerinde artık madde kalıntısı bırakmamalı, besin kalitesini azaltmamalı, kullanımı kolay ve ekonomik olmalıdır (Neeff vd., 2018: 291). Ayrıca detoksifikasyon metodu ve süresi gıda ürününe ve kontaminasyon oranına göre değişiklik göstermektedir (Mousavi Khaneghah vd., 2018: 7).

Toksikolojik aktivite için önemli olan furo-furan halkasının 8,9 pozisyonunda bulunan çift bağda oluşan aflatoksin-DNA-protein etkileşimleridir. Diğer önemli olan alan kumarin bölgesindeki lakton halkasıdır ve lakton halkası hidrolize edilerek aflatoksin detoksifikasyonu sağlanmaktadır. Aflatoksin yıkımını sağlamak için furan halkasındaki çift bağın çıkarılması veya lakton halkasının açılması gerekmektedir. Böylece DNA ve protein etkileşim özelliği değiştirilerek toksisite azaltılabilir (Samarajeewa vd., 1990: 490).

Aflatoksinler fiziksel, kimyasal ve biyolojik yollarla detoksifikasyona tabii tutulabilir. Fiziksel ve kimyasal detoksifikasyonda aflatoksin etkili olarak uzaklaştırılamayabileceği gibi beslenme kayıplarına da yol açabilir. Fiziksel detoksifikasyonda ayıklama uygulanmakta ve diğer yollara göre daha ekonomik ve daha etkili sonuç alınabilmektedir (Asiedu, 2018). Ayrıca ısı, UV ışık, iyonlaştırıcı radyasyon, çözücü ekstraksiyonu gibi yöntemler de kullanılabilmektedir (Neff vd., 2018). Ancak aflatoksinler 300 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda parçalandığı için herhangi bir gıda ürününün bu sıcaklıklardan etkilenmemesi mümkün değildir. Gıda ürünlerine uygulanan pastörizasyon ve sterilizasyon gibi işlemlerin sıcaklık seviyeleri aflatoksin indirgenmesinde etkili olmamaktadır (Diler, 2019: 15; Sözen İbek, 2019).

Fiziksel olarak uygulanan işlemler olan el ile ve elektronik ayıklama rengi değişmiş, şekli bozuk taneleri ayırma ve aflatoksin seviyesini azaltmak için uygulanabilir bir yöntemdir. Ancak küf bozulması gözlemlenmediği halde toksin içeren ürünler de olabileceği için aflatoksin düzeyi azaltılsa bile kontaminasyon tamamen giderilememektedir ve her ürün için uygulanabilir bir yöntem değildir (Özkaya ve Temiz, 2003).

Fındıklara uygulanan 140-155 °C'deki kavurma işlemleri %98 oranında aflatoksin miktarını azaltmıştır (Çakır, 2020: 23).

Mikrodalga kullanılarak 4 dakika süre, 6 kW enerji ile kavrulma işlemi uygulanarak yerfıstığında bulunan aflatoksin yıkımı %95 oranında gerçekleşmiştir. Ev tipi mikrodalga kullanılarak 8,5 dakika, 0,7 kW enerji uygulanarak aflatoksin B₁ %61 oranında, aflatoksin G₁ %40 oranında yıkıma uğramıştır (Samarajeewa vd., 1990: 499).

Ekstrüzyon pişirme, gıda endüstrisi alanında, özellikle tahıllar ve tahıl gıda maddeleri için yaygın olarak kullanılan yüksek sıcaklık ve yüksek basıncın birlikte kısa süreli olarak uygulanmasına dayanmaktadır. Bu işlem bazı doğal toksinlerin giderilmesinde uygulanmaktadır. Ekstrüzyon pişirme işlemi %0,3 kalsiyum oksit ve %1,5 hidrojen peroksit eşliğinde uygulandığında aflatoksin B₁ için %46, aflatoksin M₁ için %74 oranında detoksifikasyon görülmüştür (Peng vd., 2018: 163).

Mısır ürününe uygulanan γ -radyasyon ile detoksifikasyon yönteminde 6 kGy doz, 70 dakika ve 30 cm'lik mesafe %95 oranında aflatoksin B₁ seviyesini azaltmıştır (Çakır, 2020: 23).

Kimyasal yöntemler; klorlama (sodyum hipoklorit, klor gazı), antioksidan ajanlar (ozon, hidrojen peroksit, sodyum bisülfite) ve hidrolitik ajanlar (asitler, alkaliler, amonyak) olabilir (Neff vd., 2018).

Ozon gazı suyun bakteriyel yükünün azaltılmasında, taze ürün ve meyve sularının dekontaminasyonunda, böcek ilaçları ev kimyasal toksik bileşiklerin giderilmesinde kullanılmaktadır. Ozon gazı olarak veya suda çözünmüş halde kullanılır ancak suda çözündüğünde kararsız hale geçtiğinden sürekli olarak desteklenmesi gerekmektedir (Pankaj vd., 2018: 75). 60 dakikalık ozon uygulaması sonucunda aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin konsantrasyonu önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca aflatoksin B₁ ve G₁ ozon uygulamasına aflatoksin B₂'den daha duyarlı olduğu belirtilmiştir (Luo vd., 2014: 2256).

Kimyasal detoksifikasyonda amonyak uygun bir kimyasaldır. Ancak detoksifikasyon etkinliği sıcaklık, nem ve kullanılan amonyak miktarına bağlıdır. 25 °C, %15 nem, %0,5 amonyak ile 600 µg/kg'lık aflatoksin miktarı 20 µg/kg'ın altına indirgenmiştir (Asiedu, 2018).

Aflatoksin detoksifikasyonunda sitrik asidin pirinç örneklerinde aflatoksin B₁ ve B₂ seviyesini azaltmak için kullanıldığı bildirilmektedir. Ayrıca kontamine olmuş fındıkların sitrikasit eklenmesi ile kavrulma işlemine tabii tutulması ile aflatoksin B₁ seviyesini düşürebileceği belirtilmiştir (Mousavi Khaneghah vd., 2018: 7).

Sütte bulunan aflatoksin M₁ için uygulanan bentonitin 4 saat sonra %89, uygulanan K₂SO₃ (potasyum sülfid) ise 5 saatlik süre sonunda %45 oranında aflatoksin M₁'i indirgediği belirtilmiştir (Çakır, 2020: 24).

Biyolojik detoksifikasyonda bakteri, maya veya filamentli mantarlar gibi mikroorganizmalar kullanılmakta ve etki mekanizması etkileşim, besin ve rekabet edebilme yetenekleri üzerine kurulmaktadır. Bu yöntem gıda ürününün kalitesini ve gıda güvenliğini korumak açısından daha avantajlıdır. Ayrıca çevre dostu ve verimli olmasından ötürü daha kullanışlıdır. Bu uygulama için laktik asit bakterileri gıda çeşidine göre seçildiğinde uygulanabilir düzeydedir. Aflatoksin sentezini engellediği ve seçili gıda ürünü için fermantasyon yaparak kazançlı bir yöntem olarak belirtilmektedir. 1000-1400 g/kg aflatoksin B₁ içeren yoğurtlarda %90-97,8 oranlarında düşüş gözlemlenmiştir. Ayrıca *Saccharomyces cerevisiae* içeren ürünlerde %2,5-49,3 oranlarında aflatoksin indirgemesi gözlemlenmiştir (Asiedu, 2018; Wu vd., 2009: 5). Genel olarak güvenilir kabul edilen (GRAS) *L. plantarum*, *L. acidophilus*, *L. brevis*, *L. casei* bakterileri mısırdaki aflatoksinleri indirmede başarılı olmuştur (Mousavi Khaneghah vd., 2018: 7).

Flavobacterium aurantiacum NRRL B-184 suşu yemlerde ve gıdalarda kullanılarak 28 °C'de 12 saat inkübasyonu sonucunda aflatoksin G türünün tamamen indirgendiği ve aflatoksin B türünün ise azaldığı belirtilmiştir (Wu vd., 2009: 5). *Bacillus cereus*, pH 8, 37 °C'de 24 saat inkübasyon sonucunda ortama Mn⁺² iyonları ilavesi ile aflatoksinleri %90 ölçüde indirmiştir (Abdel-Shafi vd., 2018: 241).

Aflatoksini parçalayarak toksik olmayan bileşiklere metabolize edebilen laktonaz, epoksidaz, glukonaz gibi enzimler de detoksifikasyon için kullanılabilir. Antioksidan özelliğe sahip olan C vitamininden aflatoksini detoksifiye etmede yararlanılabileceği son zamanlarda yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Diler, 2019: 15).

2.8. Aflatoksin Analiz Yöntemleri

Mikotoksinler küfler tarafından sekonder metabolitler olarak iz miktarda (mg/L ve µg/L düzeyinde) üretildikleri için seviyelerinin belirlenmesinde çok hassas ve kesin sonuçlar veren yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Ancak mikotoksinlerin çok çeşitli türleri ve bu türlerin yapısal farklılıklara sahip olması nedeniyle özel metodların geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca gıda ürünü veya yemlerde iz miktarda bulunan mikotoksinin tespit edilebilmesi için etkili ekstrak işlemleri gerekir. Bunlara ek olarak mikotoksinler gıda ürünlerine ve yemlere düzensiz şekilde yayılım göstermekte ve eser miktarda bulundukları

için analiz duyarlılığı ve kesin sonuç almak için örnek almaya ve test sayısının fazlalığına dikkat edilmelidir (zsunar, 2005; Var vd., 2004).

Aflatoksin analizinde kullanılan genel prosedür örnek hazırlama, homojenize etme, ekstraksiyon ve temizleme olma kzere dört aşamada ilerlemektedir. Ayırma ve bileşen tespiti ise kromatografik teknikler veya immünokimyasal yollarla yapılmaktadır (Düzel, 2016: 25).

Aflatoksin analizinde ince tabaka kromatografisi (TLC), yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC), gaz kromatografisi (GC), kütle spektrometresi (MS), enzim bağlanmış immunoabsorbant yöntemi (ELISA), enzim aktivitesine bağlı immunoteknik (EMIT) ve flouresans polarization immunoassay (FPIA) teknikleri kullanılmaktadır (Oruç, 2005: 107; Radoi vd., 2008: 140).

HPLC ile yapılan analizlerde hassasiyet, kullanım kolaylığı ve tekrarlanabilirliği açısından yüksek performans göstermektedir. HPLC cihazında sabit faz, hareketli faz, pompa, enjektör bloğu, kolon ve dedektör kısımları bulunur (Deligöz, 2017: 11). Sabit fazda slika ve alümina, siyano, amino, diol, nitro bağlı katı faz eitleri kullanılırken hareketli fazda hekzan, diklorometan, metil t-bütil eter, etik asetat ve asetonitril gibi solventler kullanılmaktadır (Meçik, 2007). nemli olan hangi toksin için hangi dedektörün kullanılacağıdır. Aflatoksinler için flüoresans dedektör kullanılmaktadır. Toksinin daha saf elde edilebilmesi için immuno afinite kolonları kullanılmalıdır (Karapınar, 2013: 15).

ELISA yöntemi günümüzde en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde katı yüzeylere bağlanmış antikor ile numunede mevcut olan toksin ve toksinle iaretlenmi enzimlerin bağlanması prensibine dayanmaktadır. Enzimler yıkama ile ayrılır ve kullanılan substrat ile oluşan renkli madde miktarına dayanarak numunedeki toksin miktarı ters orantılı olarak hesaplanmaktadır (Karapınar, 2013: 15; Yapar, 2015: 27).

Immuno affinite kolonu ile uzunca bir süredir kullanılan TLC yönteminde silikajel, selüloz ve türevleri, nişasta, poliamid ve aliminyum oksit gibi inorganik/organik maddeler cam bir levha üzerine ince tabaka şeklinde sabit faz olarak kullanılırken hareketli faz olarak aseton, metanol ve hekzan gibi çözücüler kullanılmaktadır. Sabit faz ve hareketli faz arasındaki etkileşimler ile genel kromatografi yöntemine dayanır. Yöntemde sırasıyla; örnekleme, ekstraksiyon ve ekstrakt temizleme, yoğunlaştırma, kromatografik ayırım, kalitatif ve kantitatif tayin ve doğrulama testleri uygulanır. lme ise yoğunluk ile orantılı olarak yapılmaktadır (Düzel, 2016: 26). Hassas, güvenilir ve pahalı bir yöntemdir (Tiryaki vd., 2011: 50). TLC yöntemi HPLC yöntemine göre daha ucuz ve basit olmasına rağmen az

miktarlardaki örnekler için güvenilir olmayıp kullanılan kimyasallar da çevreye zararlıdır. Ayrıca analiz süresi daha uzundur. HPLC, pahalı bir yöntem olmasına rağmen kısa analiz sürelidir. Hata payı ise TLC'ye göre daha düşük ve duyarlıdır (Özpala, 2006).

Fourier kızıl ötesi spektroskopisi (FTIR) aflatoksin analizlerinde kullanılan bir diğer yöntemdir ve temeli kızılötesi ışıyım radyasyonlarının molekül titreşimlerini değiştirmesidir. Molekül içerisindeki bağların emdiği kızılötesi ışıyım oranı bağdan bağa değiştiği ve farklı frekanslarda farklı titreşim göstermesi üzerine ölçüm yapılmaktadır (Yörükoğlu, 2016: 36).

GC işlemi uygulanırken aflatoksinler genellikle uçucu olmadıklarından ötürü türevlendirme basamağı gereklidir. Türevlendirme için en uygun olan ajan trimetilsilil dedeksiyon tekniği gerektirmediği için ve kararlı türevler vermesinden dolayı en yaygın kullanılan ajandır. Ayrıca heptaflorobütirat ile elektron yakalama dedektörü ve MS kullanılarak hassas ölçümler yapmak mümkündür (Hacıbekiroğlu, 2013: 38).

Aspergillus flavus paraciticus agar (AFPA) besiyerinde üreme ve gelişme gösteren aflatoksijenik küfler turuncu renkli koloni yüzeyi oluşturarak ayırt edici bir özellik sergiler (Ok, 2019).

Kapiler elektroforez (CE) yöntemi hassas bir yöntemdir ve yakın ilişkili toksinlerin ayrımında elektriksel yük ve kütsel elektiriksel akım alanında göç etme farklılığına dayanarak ölçüm gerçekleştirilir. Ayrıca floresan dedektör ile birlikte kullanılması ile etkin sonuçlar elde edilmektedir (Ok, 2019).

2.9. Gıdalarda Yapılan Aflatoksin Çalışmaları

Özmenteşe'nin (2002) süt ve süt ürünlerinde aflatoksin M₁ üzerine yapmış olduğu araştırmada, 87 adet süt, 15 adet yoğurt, 15 adet peynir ve 1 adet süt tozu örneklerinde, süt örneklerinin %11,6'sı, yoğurt örneklerinin %93,3'ü, peynir örneklerinin ise %13,3'ü sınır değerlerin üzerinde tespit edilmiştir. Ayrıca aflatoksin B₁ peynir örneklerinde bulunamazken, 30 aadet süt örneğinde ortalama 0,015 µg/L tespit edilmiş, 8 adet yoğurt örneğinde 0,030-0,198 µg/L değerleri arasında bulunmuştur.

Alkan'ın (2006: 33) 50 adet peynir üzerinde aflatoksin M₁ varlığı için yapmış olduğu çalışmada 1 adet peynir örneğinin belirlenen sınırların üzerinde olduğu belirtilmiştir.

Kök'ün (2006) yapmış olduğu çalışmada 26 mandıraya ait; 13 adet süt, 7 adet peynir, 6 adet kaşar peynir, 6 adet tulum peyniri, 6 adet lor peynir ve 9 adet yoğurt olmak üzere toplamda 47 adet örnek aflatoksin M₁ varlığı yönünden analiz edilmiş örneklerde ortalama

0,105 ppb değerinde aflatoksin M₁ tespit edilmiştir. Süt örneklerinin %61,5, yoğurt örneklerinin %77,7 ve peynir örneklerinin %4'ü yasal olarak belirlenen sınırların altında tespit edilmiştir.

Özsunar'ın (2005) yapmış olduğu çalışmada 135 adet çiğ süt örneğinden 116 adedinde aflatoksin M₁ saptanmıştır. Aflatoksin M₁ bulunan sütlerden sadece 1 adedinde yasal sınırların üzerinde bir değer bulunmuştur. Ortalama aflatoksin M₁ miktarı 0,001-0,068 ppb aralığındadır.

Yapar vd., (2008) tarafından yapılan çalışmada 105 adet peynir örneğinden 40 adedinde aflatoksin M₁ için limitleri aştığı belirtilmiştir.

Fallah vd., (2009: 1874) tarafından İran'da 116 adet beyaz peynir ve 94 adet krem peynir için aflatoksin M₁ üzerine yapılan çalışmada 93 adet beyaz peynir örneğinde ve 68 adet krem peynir örneğinde aflatoksin M₁ varlığı tespit edilmiştir. Toksin düzeyi 52,1 ila 785,4 ng/kg değerleri arasında bulunmuştur.

Deveci'nin (2007: 1105) 1,5 ve 3,5 ppb değerinde aflatoksin M₁ kontamine olmuş iki adet inek sütünden üretilen peynir üzerinde yaptığı çalışmada pastörizasyon sonrası aflatoksin M₁ düzeylerinde %12 ve %9 oranında düşüş gözlemlenmiştir. Peynir üretimi sonrası aflatoksin M₁'in %56 ve %59'u peynirde kalmış ve 3 ay depolama sonrası aflatoksin düzeyleri %2,9 ve %2,8 oranında azalmıştır.

İşleyici vd., (2011: 109) yapmış olduğu çalışmada geleneksel bir ürün olan Divye tulum peynirinde aflatoksin M₁ seviyesine bakmıştır. 55 adet peynir örneğinden 10 adedinde 5,15-26,44 ng/kg arasındaki miktarlarda aflatoksin M₁ tespit edilmiştir. 22 adedinde toksine rastlanılmamıştır.

Özgören'in (2012: 35) yapmış olduğu tez çalışmasında ülkemizde en fazla tüketilen Erzurum göğermiş peyniri, Konya küflü peyniri, Mersin küflü tulum peyniri, Kayseri küflü çömlek peyniri, Isparta küflü çömlek peyniri üzerinde çalışılmıştır. Peynirlerin toplam aflatoksin ve aflatoksin M₁ değerleri tespit edilmiştir. 100 adet örnekten 52 adedinde aflatoksin M₁ tespit edilmiş ve 52 örneğin 19 adedinde yasal limitlerin üzerinde bir değer bulunmuştur. 19 adet örnekten 17 adedi Mersin küflü tulum peyniri, 2 adedi Isparta küflü çömlek peyniridir. Toplam aflatoksin ise 100 adet örnekten 49 adedinde saptanmıştır. 49 adet örnekten 10 adedinin yasal limitleri aştığı ve 10 örneğin 8 adedinin Mersin küflü tulum peyniri, 2 adedinin Erzurum göğermiş peyniri olduğu belirtilmiştir. Ortalama aflatoksin M₁ değerleri Erzurum göğermiş peyniri için tespit edilememiş, Konya küflü peyniri için 10,34

ng/kg, Mersin küflü tulum peyniri için 405,34 ng/kg, Kayseri küflü çömlek peyniri için 19,32 ng/kg, Isparta küflü çömlek peyniri için 112,61 ng/kg olarak bulunmuştur. Ortalama toplam aflatoxin değerleri Erzurum göğermiş peyniri için 2413,9 ng/kg, Konya küflü peyniri için 2397,7 ng/kg, Mersin küflü tulum peyniri için 6989,3 ng/kg, Kayseri küflü çömlek peyniri için 1814 ng/kg ve Isparta küflü çömlek peyniri için 20,12 ng/kg olarak tespit edilmiştir.

Aksoy vd., (2010: 15) 36 adet çiğ inek sütü, 25 adet taze peynir ve 25 adet kaşar peynir, 50 adet fındık örneği üzerinde yaptığı çalışmada süt ürünlerinde ve fındıkta aflatoxin M₁ ve aflatoxin B₁ varlığı araştırılmıştır. Çiğ süt, taze beyaz peynir ve kaşar peynirde aflatoxin M₁ bulaşan miktarı %61, %12 ve %80 olarak tespit edilmiştir. Fındık örneklerinde ise 43 adedinde aflatoxin B₁ bulunmuştur. Fındık örneklerinin 2 tanesinin aflatoxin B₁ yasal sınırları aşmıştır.

Hell vd., (2009: 102) toplam 180 kurutulmuş bamyada, acı biber, domates, kavun tohumu, soğan ve baobab yaprağında aflatoxin kontaminasyonu değerlendirilmiş ve bamyada 6 µg/kg ve acı biberlerde 3,2 µg/kg değerlerinde aflatoxin B₁ ve B₂ tespit edilmiştir. Ayrıca domatesten 18 ve baobab yapraklarında 218 adet küf kontaminasyonu belirlenmiştir.

Blankson vd., (2019: 172) bebeklere yönelik hazırlanan gıdalardaki pirinç, mısır, buğday, yulaf, darı, baklagil ve karışık taneli örneklerin aflatoxin B₁ değerleri 0,18-23,27 ng/g, aflatoxin B₂ değerleri 0,08 ila 2,62 ng/g, aflatoxin G₁ değerleri 1,0, 0,07 ila 6,18 ng/g ve aflatoxin G₂ değerleri 0,25 ila 3,25 ng/g değerleri arasında tespit etmiştir. Toplam aflatoxin miktarı 0,18-25,93 µg/kg arasında değişim göstermiştir. Tespit edilen değerler bebek gıdaları için belirlenmiş olan yasal sınırların üzerinde bulunmuştur.

Atasoy vd., (2017: 37) yapmış olduğu çalışmada geleneksel yöntemlerle evde üretilen isot biberlerinin aflatoxin içerikleri kontrol edilmiştir. Toplamda 20 adet isot biberi örneğinin en az 0,02 ppb en çok 9,54 ppb aflatoxin barındırdığı bulunmuştur. İso biber örneklerin aflatoxin G₁ ve G₂ tespit edilemezken 6 tanesinde 0,02-1,09 ppb değerlerinde aflatoxin B₂ tespit edilmiştir. Aflatoxin B₁ içeren isot biberi örneklerinde 0,02-8,45 ppb değerleri arasında varlığı tespit edilmiş ve bu örneklerin %10'unun yasal sınırlara uymadığı belirtilmiştir. Örneklerin toplam aflatoxin değerleri açısından yasal sınırları aşmadığı tespit edilmiştir.

Meçik'in (2007) kuru incirler üzerinde yaptığı çalışmada 44 incir numunesinden 14 adedinde aflatoxine rastlamıştır. Aflatoxin değerleri 1,38-49,20 arasında değişiklik göstermiştir.

Zahra vd., (2018: 319) yaptığı çalışmada kırmızıbiber, karabiber, incir ve kuru kayısı içeren toplam 90 adet örnek Lahor-Pakistan'da bulunan mağaza ve pazarlardan toplanılmış ve aflatoksin varlığı için analiz edilmiştir. 24 adet örnekte aflatoksin B₁ tespit edilmiş ve baharatlarda 23,99-97,42 µg/kg, karabiberde 47,68-75,78 µg/kg, incirde 6,72-14,43 µg/kg, kayısıda 13,2 µg/kg aflatoksin B₁ bulunmuştur. Aflatoksin tespit edilen 16 adet ürün yasal sınırlardan daha fazla aflatoksin B₁ seviyesine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Giray vd., (2007: 27) yaptıkları araştırmada Türkiye'nin bazı bölgelerinde yetiştirilen 41 adet buğday örneğinde aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂ bulaşan seviyelerini %42, %12, %37 ve %12 olarak tespit etmişlerdir. Toplam aflatoksin değerlerini ise 10,4-643,5 ng/kg olarak tespit etmişlerdir. Tespit edilen değerlerin hububat için izin verilen değerlerin altında olduğu belirtilmiştir.

Kos vd., (2018: 254) mısır üretimi ve ihracatında lider konumda olan Sırbistan'da 3000 mısır örneğinde yaptıkları çalışmada 2012 yılındaki örneklerde 1,0-111,2; 2013 yılındaki örneklerde 1,2-65,2; 2015 yılındaki örneklerde 1,1-76,2; 2016 yılındaki örneklerde 1,3-6,9 µg/kg değerleri aralıklarında aflatoksin tespit edilmiştir. 2012, 2013, 2015 ve 2016 yıllarına ait örneklerin sırasıyla %72,3, %24,7, %36,7 ve %5'i aflatoksin bulaşanı tespit edilmiştir.

Mohammed vd., (2018: 164) 40 adet ayçiçek tohumu ve 21 adet rafine edilmemiş ayçiçek yağında yapmış olduğu çalışmada tohum örneklerinin %15'i, rafine edilmemiş ayçiçek yağı örneklerinin %80,9'unun aflatoksin içerdiği belirtmiştir.

Azi vd., (2017: 5) buğday, sorgum, darı ve mısır örneklerinde yapılan aflatoksin analizinde 6 hafta boyunca aflatoksin seviyesi kontrol etmiştir. Buğday örneklerinde en düşük 7,3 ppb en fazla 9 ppb, sorgum örneklerinde en düşük 17 ppb en fazla 19,3 ppb, darı örneklerinde en düşük 17,3 ppb en fazla 19,4 ppb ve mısır örneklerinde en düşük 23,3 en fazla 24,6 ppb değerlerinde aflatoksin kontaminasyonuna rastlanılmıştır.

Dokuzlu'nun (2001: 22) 30 adet kırmızı toz biber üzerinde yapmış olduğu çalışmada 13 adedinde aflatoksin B₁, 1 adedinde aflatoksin B₁+G₁ tespit edilmiştir. Aflatoksin B₁ miktarı 5-25 ppb, G₁ miktarı 15 ppb iken aflatoksin B₂ ve G₂'ye rastlanılmamıştır.

Ağaoğlu'nun (1999: 28) Van'da açık halde satılan kırmızı pul biberde aflatoksin varlığını belirlemek için yaptığı çalışmada toplamda 40 adet kırmızı pul biber örneği incelenmiş ve örneklerdeki aflatoksin B₁ miktarı 1,1-44,0 ppb olarak tespit edilmiştir.

Güntekin'in (2007: 37) 82 adet kırmızı pul biber örneğinde yaptığı çalışmada 69 adet örnekte yasal limitlerin üzerinde aflatoksin miktarı olduğu, 13 adet örnekte yasal limitlerin altında aflatoksin miktarı olduğu tespit edilmiştir. Yasal limitlerin üzerinde çıkan örneklerin değer aralığı 5,1-20,94 ppb diğer örneklerin değer aralığı ise 1,62-4,94 olarak tespit edilmiştir.

Karapınar'ın (2013: 45) bazı gıdalardaki aflatoksin varlığı üzerine yapmış olduğu tez çalışmasında aflatoksin B₁ miktarı kuru kayısıda 0,01 ppb, kuru incirde 0,001 ppb, findıkta 0,004 ppb, mısırdaki 0,654 ppb, karabiberde 0,006 ppb, kırmızıbiberde 13,44 ppb ve ekmekte 0,07 ppb tespit edilmişken kuru üzüm, fıstık, badem ve peynir örneklerinde aflatoksin B₁ tespit edilmemiştir. Toplam aflatoksin değerleri ise kuru kayısıda 0,041 ppb, kuru üzümde 0,0672 ppb, kuru incirde 0,45 ppb, findıkta 0,04 ppb, fıstıkta 0,026 ppb, bademde 0,017 ppb, mısırdaki 0,708 ppb, karabiberde 0,066 ppb, kırmızıbiberde 14,99 ppb, ekmekte 0,008 ppb ve peynirde 0,081 seviyesindedir.

Özakça'nın (2014: 41) geleneksel yöntemlerle ve işletme ile kurutulan toplamda 54 adet kırmızı pul biber ve isot örneklerinde yaptığı çalışmada örneklerin %93'ünde aflatoksin B₁ miktarı 0,20-38,69 µg/kg, örneklerin %74'ünde aflatoksin B₂ 0,04-2,14 µg/kg, örneklerin %17'sinde aflatoksin G₁ 0,13-0,88 µg/kg miktarlarında rastlanırken aflatoksin G₂ tespit edilememiştir. Geleneksel yöntem ile kurutulan kırmızı pul biber örneklerinde aflatoksin B₁ kontaminasyon düzeyi 9,18 µg/kg iken işletme ile kurutulan örneklerde 1,17 µg/kg, isot biberi için geleneksel yöntemlerle kurutma yönteminde 4,3 µg/kg tespit edilirken işletme ile kurutma yönteminde toksin tespit edilememiştir. Toplam aflatoksin miktarı geleneksel yöntem ile kurutulan kırmızı pul biberde 9,75 µg/kg iken işletme yönteminde 1,28 µg/kg, geleneksel yöntemlerle kurutma ile kurutulan isot biberi için 4,6 µg/kg olarak tespit edilmiştir. 16 adet kırmızı pul biber ve 1 adet isot biberi örneğinde aflatoksin B₁; 14 adet kırmızı pul biber örneğinde toplam aflatoksin değerleri için yasal limitlerin üzerinde değerler olduğu belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada, 27 adet domates salçası, 5 adet biber salçası ve 26 adet domates ve biber karışık olmak üzere toplam 58 adet salça örneği, Bilecik bölgesinde semt pazarlarından ve direkt olarak üreticiden tesadüfi örnekleme yöntemine göre temin edilmiştir. Cam kavanozlarda modern yöntemler uygulanmadan üretilen geleneksel salçalar en az 500 g olmak üzere temin edilmiş olup örnekler temin edilirken salçaların çeşidi, temin edilme tarihi ve yeri, her örnek için belirlenmiştir. Örnekler soğuk zincir altında laboratuvara getirilmiş ve analizler tamamlanıncaya kadar buzdolabı koşullarında ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) muhafaza edilmiş olup çalışma Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Gıda ve Kimya Laboratuvarların da yürütülmüştür.

3.2. Metot

Çalışmada, geleneksel yöntemler ile üretilen salça örneklerinde aflatoksin toplam ve aflatoksin B₁ seviyesi belirlenmiştir. Ayrıca geleneksel yöntemler ile üretilen salça örneklerinde mikrobiyolojik özellik olarak; toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB), koliform grubu, *Enterobacteriaceae*, maya ve küf ile *Staphylococcus aureus* yönünden, fiziksel ve kimyasal özellik olarak; pH, asidite, % kuru madde, % kül, % tuz miktarı, kavanoz doluluk miktarı ve suda çözünür kuru madde tayini (Briks) özellikleri yönünden incelenmiştir.

3.2.1. Aflatoksin (B₁, Total) Miktarının Belirlenmesi

3.2.1.1. Aflatoksin B₁ miktarının belirlenmesi

Salça örnekleri, Aflatoksin B₁ konsantrasyonları ELISA yöntemi ile R-Biopharm GmbH (Darmstadt, Almanya) tarafından tarif edilen prosedüre göre belirlendi. Steril numune poşetine 5 g tartılıp üzerine 25 mL % 70 metanol eklendi ve 3 dakika ısıtma olmaksızın karıştırıldı. Whatman 1 numaralı filtre kâğıdı ile 10 - 20 mL uygun tüplere filtre edilip. $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edildi. Filtrattan 1 mL alınarak 1 mL distile su ile seyreltilip ve 50 μL 'si ELISA taramasında kullanılmadan önce tüm standartlar ve reaktifler oda sıcaklığına getirildi. Her kuyucuğa 50 μL standart ve örnek yerleştirilerek üzerine 50 μL konjugat ve antikor eklenerek, oda sıcaklığında 30 dakika karanlık ortamda inkübasyona bırakıldı. Inkübasyon sonrası yıkama işlemi gerçekleştirildi ve daha sonra her bir mikrokuyucuğa 100 μL durdurucu reaktif eklenip ve 450 nm'de okuma yapılarak Aflatoksin B₁ sonuçları R-Biopharm AG tarafından hazırlanan Rida®Soft Win programına göre değerlendirildi (Anonim, 2020c).

3.2.1.2. Aflatoksin total miktarının belirlenmesi

Salça örnekleri, Aflatoksin toplam konsantrasyonları ELISA yöntemi ile R-Biopharm GmbH (Darmstadt, Almanya) tarafından tarif edilen prosedüre göre belirlendi. Steril numune poşetine 20 g tartılıp üzerine 100 mL % 70 metanol eklendi ve 3 dakika ısıtma olmaksızın karıştırıldı. Whatman 1 numaralı filtre kâğıdı ile 10 - 20 mL uygun tüplere filtre edilip. ± 4 °C’de muhafaza edildi. Filtrattan 1 mL alınarak 1 mL distile su ile seyreltilip ve 50 μ L’si ELISA taramasında kullanılmadan önce tüm standartlar ve reaktifler oda sıcaklığına getirildi. Her kuyucuğa 200 μ L konjugat, 100 μ L standart ve numune eklendi. Karıştırma kuyucuklarından 100 μ L alınarak antikor sıvalı kuyucuklara sırası ile aktarıldı 15 dakika karanlık ortamda inkübasyona bırakıldı ve bu süre sonunda distile su ile 5 defa yıkama yapılır 50 μ L standart ve örnek yerleştirilerek üzerine 50 μ L konjugat ve antikor eklenerek, oda sıcaklığında 15 dakika karanlık ortamda inkübasyona bırakıldı. Inkübasyon sonrası yıkama işlemi gerçekleştirildi ve daha sonra her bir antikor sıvalı mikrokuyucuğa 100 μ L substrat eklendi ve 5 dakika oda sıcaklığında inkübasyona bırakıldı. Inkübasyon sonucunda her bir mikrokuyucuğa 100 μ L durdurucu reaktif eklenip ve 450 nm’de okuma yapılarak Aflatoksin toplam sonuçları R-Biopharm AG tarafından hazırlanan Rida®Soft Win programına göre değerlendirildi (Anonim, 2020d).

3.2.2. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3.2.2.1. Kuru madde miktarının belirlenmesi

Sabit Örneklerin kuru madde değerleri paralelli olarak 3-5 g tartılarak 105 ± 2 °C’deki etüvde sabit tartım ağırlığına ulaşınca kadar kurutulmuştur. Kuru madde değerleri (%) aşağıdaki formül ile belirlenmiştir (Anonim, 1990; Anonim, 2020a).

$$\% \text{ Kuru madde} = [(M3 - M2) / M1] \times 100$$

M1: Örnek Ağırlığı

M2: Kap Ağırlığı (Dara)

M3: Son Ağırlık (Kurutma sonu)

3.2.2.2. Suda çözünür kuru madde miktarının belirlenmesi (Brix)

Örnekler filtre kâğıdından süzölmüştür, süzöntüden 0,1 mL Abbe refraktometresine (Atago, NAR-1T) aktarılarak refraktometrik olarak tespit edilmiştir. Değerler °Briks olarak belirtilmiştir (Cemeroğlu, 2010: 8).

3.2.2.3. pH değerinin belirlenmesi

Örneklerin pH değeri, 50 g salça üzerine 50 mL saf su eklenerek 1:1 oranında homojenize edilmesinin ardından, pH metrede (WTW-7110 InoLab, 20±1°C’de) tespit edilmiştir (Cemeroğlu, 2010: 10).

3.2.2.4. Tuz miktarının belirlenmesi

Örneklerden, 10 g tartılıp 100 mL safsu ile homojenize edilmiştir. Fitre edildikten sonra 25 mL filtrat alınmış üzerine su eklenip fenolftaleyn indikatörü de katılarak 0,1 N NaOH ile nötrale edilmiştir. Üzerine %5’lik potasyum kromat eklenerek (2 mL) ve 0,1 N AgNO₃ ile titrasyon yapılarak tuz miktarı (%) aşağıdaki formül ile belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2010: 14).

$$\text{Tuz miktarı (\%)} = (V) \times (F) \times (0,005844) \times (S_f) \times (100)$$

V: Harcanan 0,1 N AgNO₃ miktarı, mL

F: 0,1 N AgNO₃ çözeltisinin faktörü

S_f: Seyreltme faktörü= (V₁/M) x (1/V₂)

M: Örneğin miktarı, g

V₁: Örneğin seyreltildiği hacim, mL

V₂: Titrasyon için alınan filtrat miktarı, mL

3.2.2.5. Toplam asitlik miktarının belirlenmesi

Örneklerden, 25 g tartılıp 250 mL safsu ile homojenize edilmiştir. Süzütüden 25 mL alınıp, 0,1 N NaOH ile pH 8,1 değerine ulaşana kadar titrasyon yapılarak sitrik asit cinsinden (g/100g) titrasyon asitliği değeri (%) aşağıdaki formül ile belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2010: 16).

$$\text{Titrasyon asitliği (\%)} = (V) \times (F) \times (0,0064) \times (100) / (M)$$

V: Harcanan 0,1 N NaOH miktarı, mL

F: 0,1 N NaOH çözeltisinin faktörü

M: Örneğin miktarı, g

3.2.2.6. Kül miktarının belirlenmesi

Örneklerden, 3-5 g tartılıp 525°C'de beyaz küle dönene kadar yakılmış ve % kül miktarı aşağıdaki formül ile belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2007: 264).

$$\% \text{ Kül} = [(M2-M1) / m] \times 100$$

M2: Yakmadan sonraki kroze ve kül ağırlığı

M1: Sabit tartıma getirilen krozenin ağırlığı

m: Örneğin miktarı, g

3.2.2.7. Doldurma boşluğunun belirlenmesi

Örneklerin Örneklerin doldurma boşluğunun belirlenmesinde cam kavanoz tamamen boşaltılıp yıkanarak kalıntılardan temizlendi. Kurutma işleminden sonra darası belirlendi. Tepe boşluğuna kadar 20°C'de saf su ile doldurulup tartıldı ve daha sonra alt düzeyine kadar doldurulup tartıldı. Doldurma oranı aşağıdaki formül ile belirlenmiştir (Anonim, 2007).

$$\% \text{ Kutu Doldurma Oranı} = [(M1-M2) / (M3-M1)] \times 100$$

M1: Boş kavanoz kütlesi (g)

M2: Kavanozun tepe boşluğuna kadar damıtık su ile doldurulunca saptanan ağırlık (g)

M3: Kavanozun kapak düzeyine kadar damıtık su ile doldurulunca saptanan ağırlık (g)

3.2.3. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.3.1. Enterobacteriaceae sayımı

Enterobacteriaceae sayımında besiyeri olarak Violet Red Bile Dekstrose Agar (VRBD agar, Merck) kullanılmıştır. 35°C de 48 saat anaerob şartlarda inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda çapı 1-2 mm, kırmızı renkli, oksidaz (-) olan koloniler sayılarak *Enterobacteriaceae* sayısı tespit edilmiştir. (Harrigan, 1998: 218).

3.2.3.2. Koliform grup bakteri sayımı

Koliform grubu bakteri sayımında besiyeri olarak Violet Red Bile Agar (VRBA, Merck) kullanılmıştır. 30°C de 48 saat anaerob şartlarda inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda koloniler sayılarak koliform grubu bakteri sayısı tespit edilmiştir (Harrigan, 1998: 218).

3.2.3.3. Maya - küf sayımı

Maya-küf sayımında Rose Bengal Chloramphenicol Agar (RBC, Merck) besiyeri kullanılmıştır. 25°C'de 5 gün inkübe edilmiştir, inkübasyon sonunda gelişen koloniler sayılarak örneklerdeki maya-küf sayısı tespit edilmiştir (Jarwis, 1998: 725).

3.2.3.4. Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayımı

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımında Plate Count Agar (PCA, Merck) kullanılmıştır. 30°C'de 72 saat aerob şartlarda inkübe edilmiştir, inkübasyon sonunda gelişen koloniler sayılarak total aerob mezofilik bakteri sayısı tespit edilmiştir (Harrigan, 1998: 219).

3.2.3.5. Staphylococcus aureus sayımı

Staphylococcus aureus sayımında Baird-Parker Agar (BPA, Merck) kullanılmıştır. 37 °C'de 24-48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda 2-3 mm çapında, düzgün kenarlı, konveks gri-siyah renkli ve etrafında şeffaf zon bulunan tipik ve atipik kolonilere koagülaz testi uygulanmış ve koagülaz (+) olan koloniler sayılarak *Staphylococcus aureus* sayısı tespit edilmiştir (Harrigan, 1998: 219).

3.2.4. İstatistiksel Analizler

Salça numunelerinin analizinde elde edilen tüm sonuçların istatistiksel analizinde ortalama değerler ve standart hataları hesaplanarak yüzde dağılımı ve frekans sayıları belirlenmiştir. Tüm salça numunelerine SPSS istatistik paket programında bulunan Nonparametrik korelasyon testi Spearman's rho yöntemi uygulanmış ve sonuçlar istatistiksel olarak açıklanmıştır.

4. BULGULAR

Bilecik ilinde geleneksel yöntem ile üretilen salça örneklerinde, toplam aflatoksin ve aflatoksin B₁ değerlerinin belirlenmesi yanında mikrobiyolojik analizler (toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı, koliform grubu bakteri sayısı, maya-küf sayısı, *Enterobacteriaceae* sayısı, *Staphylococcus aureus* sayısı) ve kimyasal ve fiziksel analizler (%kuru madde miktarı, suda çözünür kuru madde miktarı tayini (Brix), pH, % tuz miktarı, % asidite miktarı, % kül miktarı ve doldurma boşluğu miktarı) analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu salça örneklerinde; toplam aflatoksin, aflatoksin B₁, mikrobiyolojik analiz verileri (*Enterobacteriaceae* sayısı, maya-küf sayısı, *Staphylococcus aureus* sayısı, toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı, koliform grubu bakteri sayısı) ve pH değerleri arasındaki korelasyon Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.12. Salça örneklerinde toplam aflatoksin, aflatoksin B₁, mikrobiyolojik analiz verileri ve pH değerleri arasındaki korelasyon

	Toplam Aflatoksin (ppb)	Aflatoksin B ₁ (ppb)	<i>Enterobacteriaceae</i> (log kob/g)	Maya-Küf (log kob/g)	<i>Staphylococcus aureus</i> (log kob/g)	TAMB (log kob/g)	Koliform (log kob/g)	pH
Toplam Aflatoksin (ppb)	1,000							
Aflatoksin B ₁ (ppb)	0,186	1,000						
<i>Enterobacteriaceae</i> (log kob/g)	0,208	0,116	1,000					
Maya-Küf (log kob/g)	0,210	-0,028	0,192	1,000				
<i>Staphylococcus aureus</i> (log kob/g)	0,210	-0,028	0,192	1,000**	1,000			
TAMB (log kob/g)	0,067	-0,128	0,213	0,513**	0,513**	1,000		
Koliform (log kob/g)	0,210	-0,028	0,192	1,000**	1,000**	0,513**	1,000	
pH	-0,026	-0,136	0,033	0,028	0,028	-0,087	0,028	1,000

**p<0,001, N (Örnek Sayısı): 58, ppb: parts per billion (milyarda bir birim), kob: Koloni oluşturan birim, g: Gram

TAMB: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri, pH: Power of hydrogen

Buna göre salça örneklerine ait toplam aflatoksin ile pH değerleri arasındaki korelasyon testinde negatif korelasyon ($r=-0,026$) belirlenmiştir. Toplam aflatoksin ve aflatoksin B₁ değerleri arasında pozitif bir korelasyon ($r=0,186$) belirlenmiştir. Toplam aflatoksin ve *Enterobacteriaceae* değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=0,208$) belirlenmiştir. Toplam aflatoksin ve Maya-Küf değerleri arasındaki korelasyon

testinde pozitif korelasyon ($r=0,210$) belirlenmiştir. Toplam aflatoksin ve *Staphylococcus aureus* değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=0,210$) belirlenmiştir. Toplam aflatoksin ve toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=0,067$) belirlenmiştir. Toplam aflatoksin ve koliform grubu bakteri değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=0,028$) belirlenmiştir. Salça örneklerine ait aflatoksin B₁ ve *Enterobacteriaceae* değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=0,116$) belirlenmiştir. Aflatoksin B₁ ve Maya-Küf değerleri arasındaki korelasyon testinde negatif korelasyon ($r=-0,028$) belirlenmiştir. Aflatoksin B₁ ve *Staphylococcus aureus* değerleri arasındaki korelasyon testinde negatif korelasyon ($r=-0,028$) belirlenmiştir. Aflatoksin B₁ ve toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) değerleri arasındaki korelasyon testinde negatif korelasyon ($r=-0,128$) belirlenmiştir. Aflatoksin B₁ ve koliform grubu bakteri değerleri arasındaki korelasyon testinde negatif korelasyon ($r=-0,028$) belirlenmiştir. Aflatoksin B₁ ve pH değerleri arasındaki korelasyon testinde negatif korelasyon ($r=-0,136$) belirlenmiştir. Salça örneklerine ait Maya-Küf ve *Staphylococcus aureus* değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=1,000$) belirlenmiştir ($p<0,001$). Maya-Küf ve toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=0,513$) belirlenmiştir ($p<0,001$). Maya-Küf ve koliform grubu bakteri değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=1,000$) belirlenmiştir ($p<0,001$). Maya-Küf ve pH değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=0,033$) belirlenmiştir. Salça örneklerine ait *Staphylococcus aureus* ve toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=0,513$) belirlenmiştir ($p<0,001$). *Staphylococcus aureus* ve koliform grubu bakteri değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=1,000$) belirlenmiştir ($p<0,001$). *Staphylococcus aureus* ve pH değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=0,028$) belirlenmiştir. Salça örneklerine ait toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) ve koliform grubu bakteri değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=0,513$) belirlenmiştir ($p<0,001$). Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) ve pH değerleri arasındaki korelasyon testinde negatif korelasyon ($r=-0,087$) belirlenmiştir. Salça örneklerine ait koliform grubu bakteri ve pH değerleri arasındaki korelasyon testinde pozitif korelasyon ($r=0,028$) belirlenmiştir.

4.1. Total Aflatoksin Değerleri

Salça örneklerinin toplam aflatoksin değerleri Tablo 4.2’de, toplam aflatoksin değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.3’de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Salça örneklerinin toplam aflatoksin değerleri (ppb)

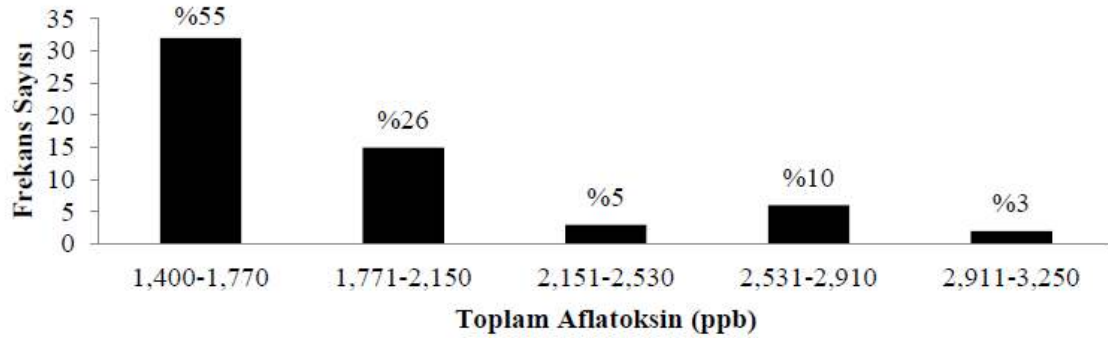
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. ±Std.h
Toplam Aflatoksin	58	1,400	3,250	1,833±0,466

N: Örnek Sayısı, ppb: parts per billion (milyarda bir birim), Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.3. Salça örneklerinin toplam aflatoksin değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	1,400-1,770		1,771-2,150		2,151-2,530		2,531-2,910		2,911-3,250	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Toplam Aflatoksin	32	55	15	26	3	5	6	10	2	3

N: Örnek Sayısı, ppb: parts per billion (milyarda bir birim), %: Yüzde



Grafik 4.1. Salça örneklerinin toplam aflatoksin değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde yapılan toplam aflatoksin analizleri sonucunda, 32 (%55) örnek en düşük değerlere sahip olurken 2 (%3) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak 1,833±0,466 (ppb) tespit edilmiştir.

4.2. Aflatoksin B₁ Değerleri

Salça örneklerinin aflatoksin B₁ değerleri Tablo 4.4’de, aflatoksin B₁ değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.5’de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.4. Salça örneklerinin aflatoksin B₁ değerleri (ppb)

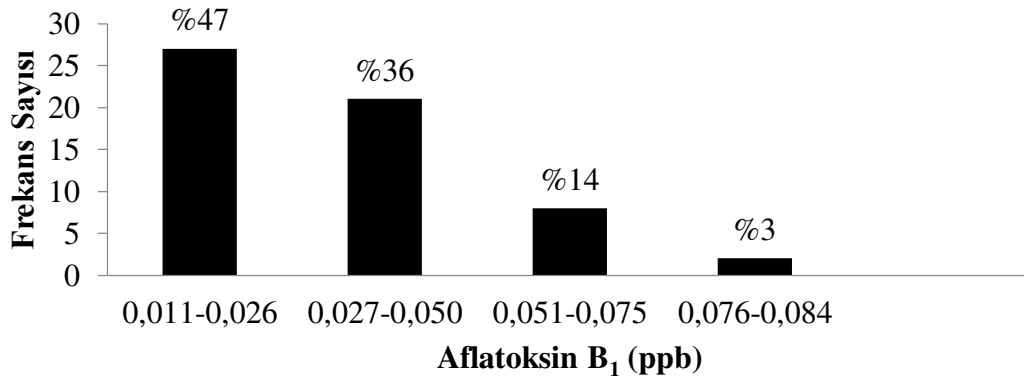
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. ± Std.h
Toplam Aflatoksin	58	0,011	0,084	0,032±0,017

N: Örnek Sayısı, ppb: parts per billion (milyarda bir birim), Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.5. Salça örneklerinin aflatoksin B₁ değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	0,011-0,026		0,027-0,050		0,051-0,075		0,075-0,084		> 0,084	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Toplam Aflatoksin	27	47	21	36	8	14	2	3	-	-

N: Örnek Sayısı, ppb: parts per billion (milyarda bir birim), %: Yüzde

**Grafik 4.2.** Salça örneklerinin aflatoksin B₁ değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde yapılan aflatoksin B₁ analizleri sonucunda, 27 (%47) örnek en düşük değerlere sahip olurken 2 (%3) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak 0,032±0,017 (ppb) tespit edilmiştir.

4.3. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Değerleri

4.3.1. Kuru madde miktarı değerleri

Salça örneklerinin kuru madde değerleri Tablo 4.6'da, kuru madde değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.7'de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.6. Salça örneklerinin kuru madde değerleri (%)

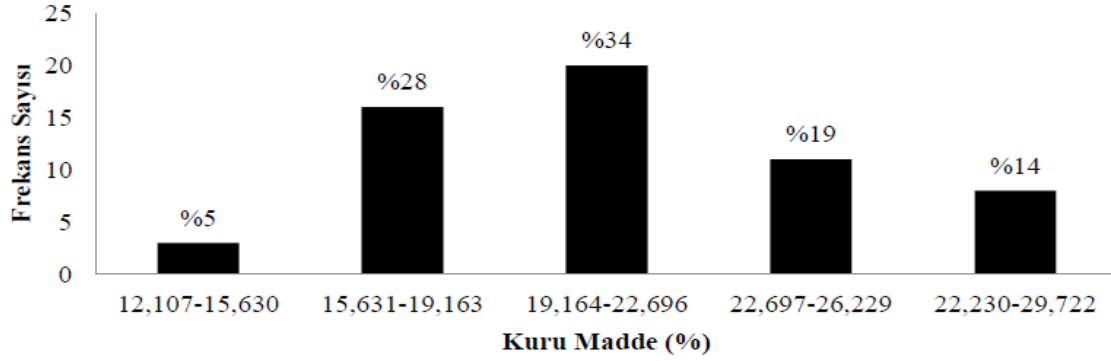
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. ± Std.h
Kuru madde	58	12,107	29,722	31,214±4,041

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde, Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.7 Salça örneklerinin kuru madde değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	12,107-15,630		15,631-19,163		19,164-22,696		22,697-26,229		22,230-19,722	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Kuru madde	3	5	16	28	20	34	11	19	8	14

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde

**Grafik 4.3.** Salça örneklerinin kuru madde (%) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde yapılan kuru madde (%) analizleri sonucunda, 3 (%5) örnek en düşük değerlere sahip olurken 8 (%14) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $31,214 \pm 4,041$ (%) tespit edilmiştir.

4.3.2. Suda çözünür kuru madde (brix) miktarı değerleri

Salça örneklerinin suda çözünen kuru madde değerleri Tablo 4.8’de, suda çözünen kuru madde değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.9’da, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.4’de verilmiştir.

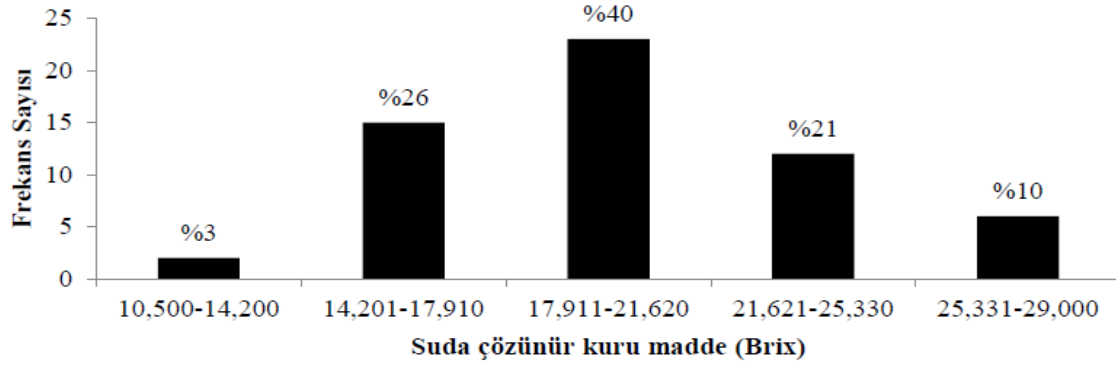
Tablo 4.8. Salça örneklerinin suda çözünen kuru madde değerleri ($^{\circ}\text{Bx}$)

Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. $\pm$ Std.h
Suda Çözünen Kuru Madde	58	10,500	29,000	23,182 $\pm$ 3,869

N: Örnek Sayısı, $^{\circ}\text{Bx}$: brix derecesi, %: Yüzde, Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata**Tablo 4.9.** Salça örneklerinin suda çözünen kuru madde değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	10,500-14,200		14,201-17,910		17,911-21,620		21,621-25,330		25,331-29,000	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Suda Çözünen Kuru madde	2	3	15	26	23	40	12	21	6	10

N: Örnek Sayısı, $^{\circ}\text{Bx}$: brix derecesi, %: Yüzde



Grafik 4.4. Salça örneklerinin suda çözünen kuru madde miktarı ($^{\circ}\text{Bx}$) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde yapılan suda çözünen kuru madde miktarı ($^{\circ}\text{Bx}$) analizleri sonucunda, 2 (%3) örnek en düşük değerlere sahip olurken 6 (%10) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $23,182 \pm 3,869$ (brix) tespit edilmiştir.

4.3.3. pH değerleri

Salça örneklerinin pH değerleri Tablo 4.10'da, pH değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.11'de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.13. Salça örneklerinin pH değerleri

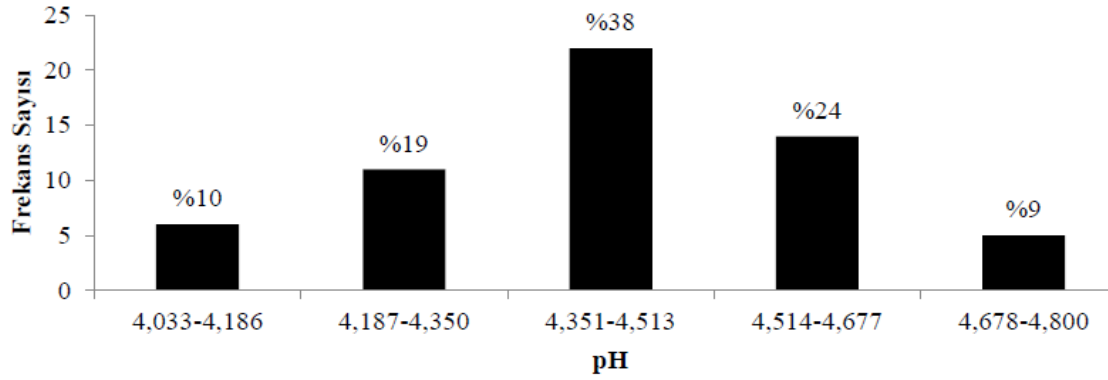
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. $\pm$ Std.h
pH	58	4,033	4,800	4,425 $\pm$ 30,176

N: Örnek Sayısı, pH: Power of hydrogen, %: Yüzde, Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.11. Salça örneklerinin pH değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	4,033-4,186		4,187-4,350		4,351-4,513		4,514-4,667		4,678-4,800	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
pH	6	10	11	19	22	38	14	24	5	9

N: Örnek Sayısı, pH: Power of hydrogen, %: Yüzde



Grafik 4.5. Salça örneklerinin pH değerlerinin yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde yapılan pH analizleri sonucunda, 6 (%10) örnek en düşük değerlere sahip olurken 5 (%9) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $4,425 \pm 30,176$ tespit edilmiştir.

4.3.4. Tuz miktarı değerleri

Salça örneklerinin tuz miktarı değerleri Tablo 4.12’de, tuz miktarı değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.13’de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.6’de verilmiştir.

Tablo 4.12. Salça örneklerinin tuz miktarı ortalama değerleri (%)

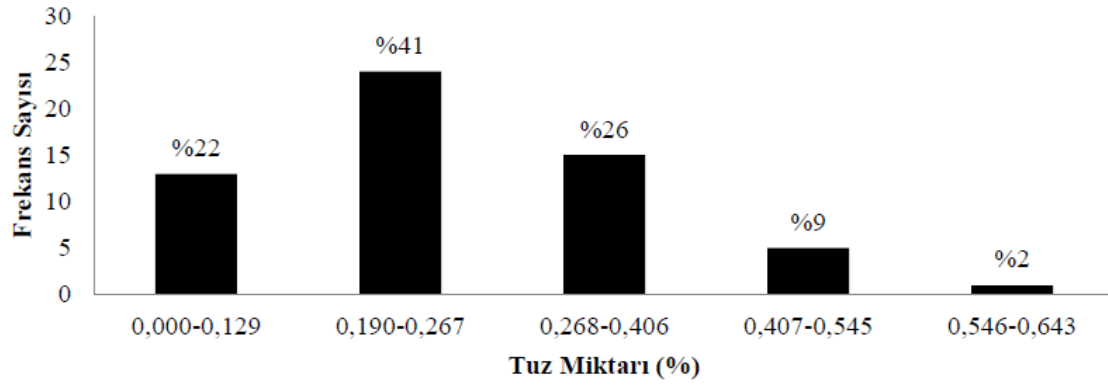
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. $\pm$ Std.h
Tuz Miktarı	58	0,000	0,643	$0,329 \pm 0,147$

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde, Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.13. Salça örneklerinin tuz miktarı değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	0,000-0,129		0,190-0,267		0,268-0,406		0,407-0,545		0,546-0,643	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Tuz Miktarı	13	22	24	41	15	26	5	9	1	2

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde



Grafik 4.6. Salça örneklerinin tuz (%) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde yapılan tuz miktarı (%) analizleri sonucunda, 13 (%22) örnek en düşük değerlere sahip olurken 1 (%2) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $0,329 \pm 0,147$ (%) tespit edilmiştir.

4.3.5. Asidite (%) değerleri

Salça örneklerinin asidite (%; sitrik asit cinsinden) değerleri Tablo 4.14’de, asidite değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.15’de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.7.’de verilmiştir.

Tablo 4.14. Salça örneklerinin asidite değerleri (%)

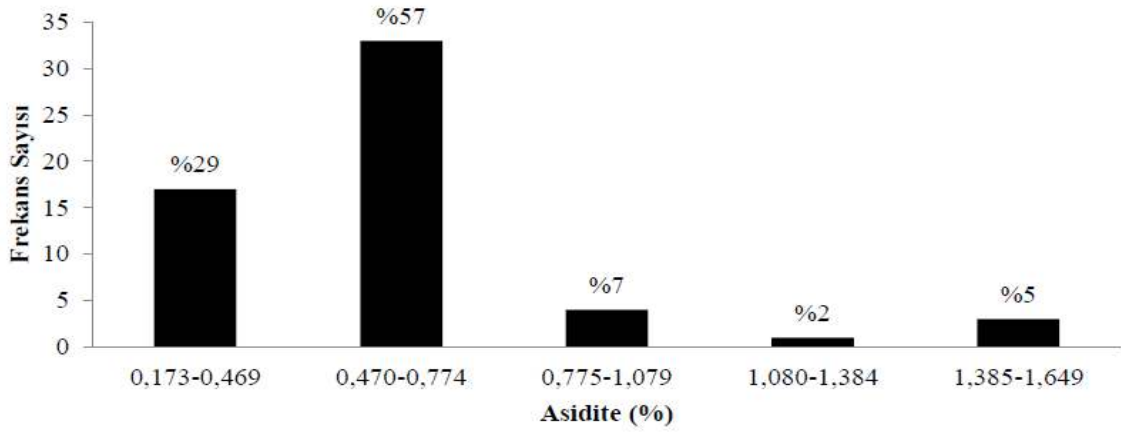
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. $\pm$ Std.h
Asidite	58	0,173	1,649	$0,626 \pm 0,299$

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde (sitrik asit cinsinden), Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.15. Salça örneklerinin asidite değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	0,173-0,469		0,470-0,774		0,775-1,079		1,080-1,384		1,385-1,649	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Asidite	17	29	33	87	4	7	1	2	3	5

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde



Grafik 4.7. Salça örneklerinin asidite (%) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde yapılan asidite (%) analizleri sonucunda, 17 (%29) örnek en düşük değerlere sahip olurken 3 (%5) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $0,626 \pm 0,299$ (%) tespit edilmiştir.

4.3.6. Kül miktarı değerleri

Salça örneklerinin kül miktarı (%) değerleri Tablo 4.16’de, kül miktarı değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.17’de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.8’da verilmiştir.

Tablo 4.16. Salça örneklerinin kül miktarı değerleri (%)

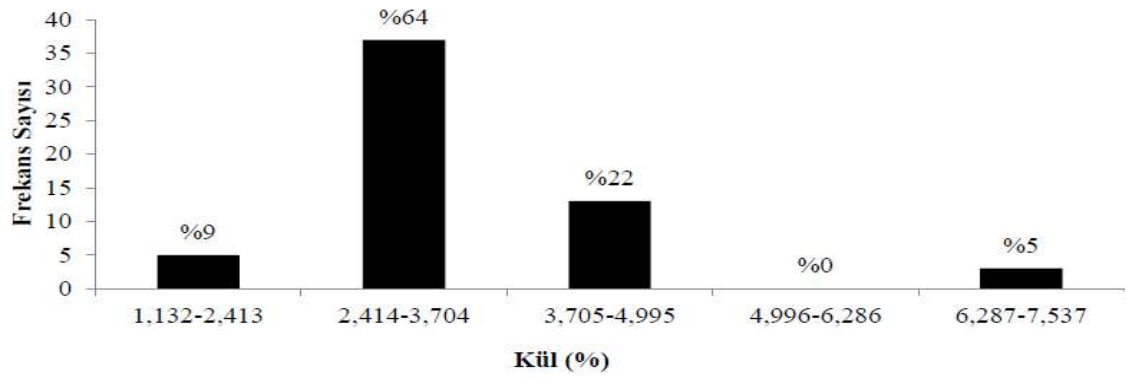
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. $\pm$ Std.h
Kül miktarı	58	1,132	7,537	3,449 $\pm$ 1,225

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde (sitrik asit cinsinden), Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.17. Salça örneklerinin kül miktarı değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	1,132-2,413		2,414-3,704		3,705-4,995		4,996-6,286		6,287-7,537	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Kül miktarı	5	9	37	64	13	22	-	-	3	5

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde



Grafik 4.8. Salça örneklerinin kül miktarı (%) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde yapılan kül miktarı (%) analizleri sonucunda, 5 (%9) örnek en düşük değerlere sahip olurken 3 (%5) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $3,449 \pm 1,225$ (%) tespit edilmiştir.

4.3.7. Doldurma boşluğu değerleri

Salça örneklerinin doldurma boşluğu (v/v) değerleri Tablo 4.18’de, doldurma boşluğu değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.19’de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.18. Salça örneklerinin doldurma boşluğu değerleri (v/v)

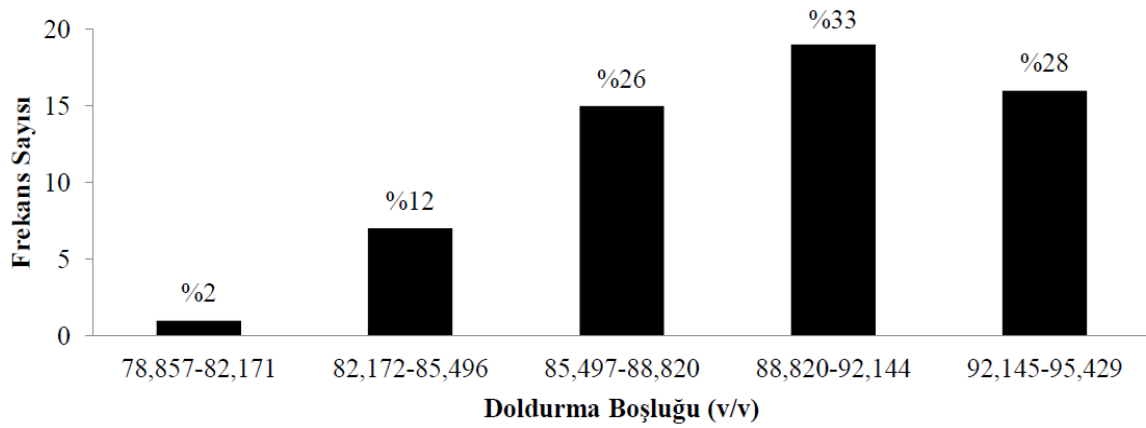
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. $\pm$ Std.h
Doldurma Boşluğu	58	78,857	95,429	89,6006 $\pm$ 3,716

N: Örnek Sayısı, Cm: Santimetre, Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.19. Salça örneklerinin doldurma boşluğu değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	78,857-82,171		82,172-85,496		85,497-88,820		88,820-92,144		92,145-95,429	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Doldurma Boşluğu	1	2	7	12	15	26	19	33	16	28

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde



Grafik 4.9. Salça örneklerinin doldurma boşluğu (cm) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde yapılan doldurma boşluğu (% v/v) analizleri sonucunda, 1 (%2) örnek en düşük değerlere sahip olurken 16 (%28) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $89,6006 \pm 3,716$ (% v/v) tespit edilmiştir.

4.4. Mikrobiyolojik Analiz Değerleri

4.4.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) değerleri

Salça örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) (log kob/g) değerleri Tablo 4.20’de, toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.21’de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.10’de verilmiştir.

Tablo 4.2014. Salça örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) (log kob/g)

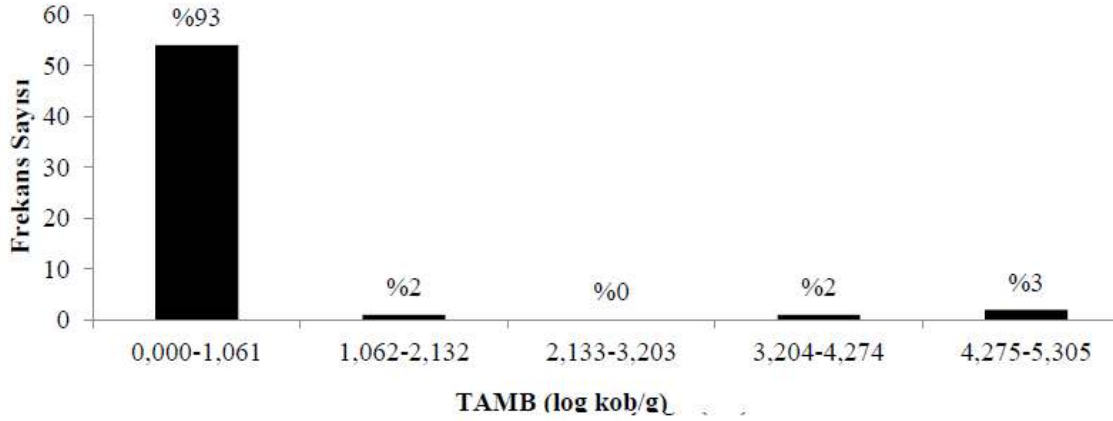
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. $\pm$ Std.h
TAMB	58	0,000	5,305	0,268 $\pm$ 1,061

N: Örnek Sayısı, TMAB: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısı, kob: Koloni oluşturan birim, g: Gram, Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.21. Salça örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	0,000-1,061		1,062-2,132		2,133-3,203		3,204-4,274		4,275-5,305	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
TAMB	54	93	1	2	-	-	1	2	2	3

N: Örnek Sayısı, TMAB: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısı, %: Yüzde



Grafik 4.10. Salça örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) (log kob/g) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) analizleri sonucunda, 54 (%93) örnek en düşük değerlere sahip olurken 2 (%3) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $0,268 \pm 1,061$ (log kob/g) tespit edilmiştir.

4.4.2. Koliform grup bakterileri sayısı değerleri

Salça örneklerinin koliform grubu bakteri sayısı (log kob/g) değerleri Tablo 4.22’de, koliform grubu bakteri sayısı değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.23’de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.22. Salça örneklerinin koliform grubu bakteri sayısı (log kob/g)

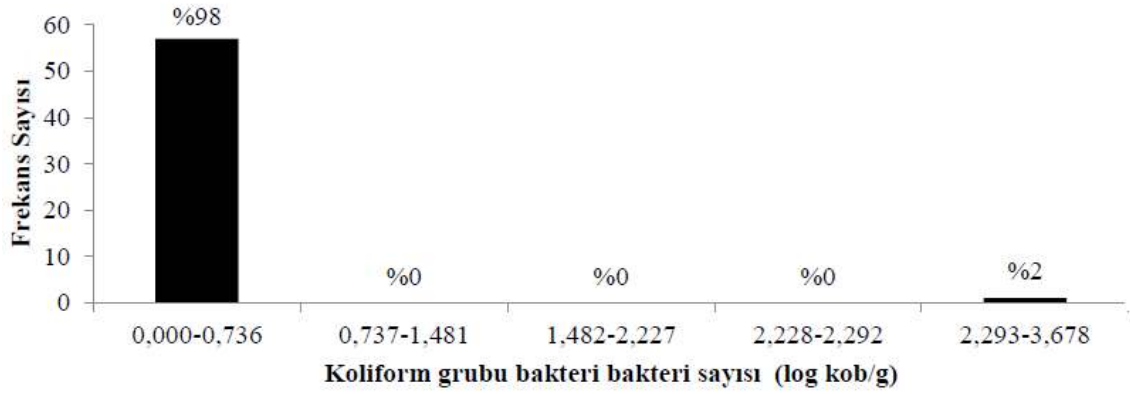
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. $\pm$ Std.h
Koliform Grubu Bakteri	58	0,000	3,678	$0,074 \pm 0,483$

N: Örnek Sayısı, kob: Koloni oluşturan birim, g: Gram, Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.23. Salça örneklerinin koliform grubu bakteri sayısı değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	0,000-0,736		0,737-1,481		1,482-2,227		2,228-2,292		2,293-3,678	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Koliform Grubu Bakteri	57	98	-	-	-	-	-	-	1	2

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde



Grafik 4.11. Salça örneklerinin koliform grubu bakteri sayısı (log kob/g) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde koliform grubu bakteri sayısı analizleri sonucunda, 57 (%98) örnek en düşük değerlere sahip olurken 1 (%2) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $0,074 \pm 0,483$ (log kob/g) tespit edilmiştir.

4.4.3. Maya - küf sayısı değerleri

Salça örneklerinin maya ve küf sayısı (log kob/g) değerleri Tablo 4.24'de, maya ve küf sayısı değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.25'de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.12'da verilmiştir.

Tablo 4.24. Salça örneklerinin maya ve küf sayısı (log kob/g)

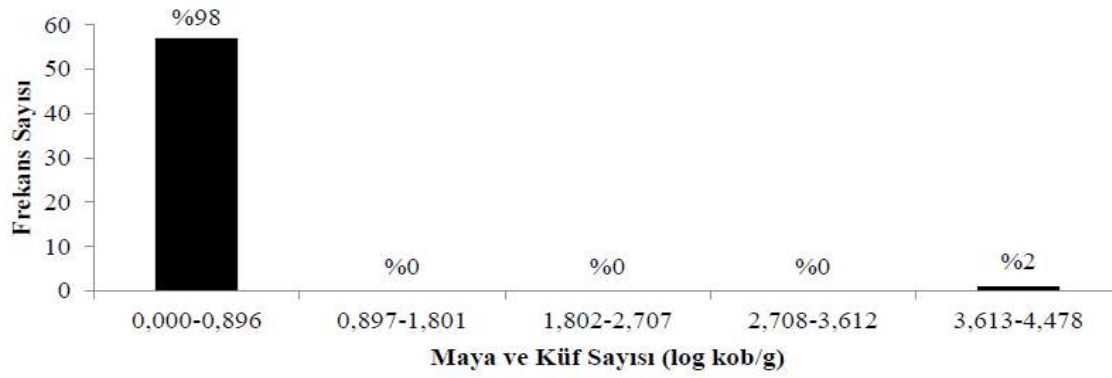
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. $\pm$ Std.h
Maya ve Küf	58	0,000	4,478	$0,077 \pm 0,588$

N: Örnek Sayısı, kob: Koloni oluşturan birim, g: Gram, Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.2515. Salça örneklerinin maya ve küf sayısı değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	0,000-0,896		0,897-1,801		1,802-2,707		2,708-3,612		3,613-4,478	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Maya ve Küf	57	98	-	-	-	-	-	-	1	2

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde



Grafik 4.12. Salça örneklerinin maya ve küf sayısı sayısı (log kob/g) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde maya ve küf sayısı sayısı analizleri sonucunda, 57 (%98) örnek en düşük değerlere sahip olurken 1 (%2) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $0,074 \pm 0,483$ (log kob/g) tespit edilmiştir.

4.4.4. *Enterobacteriaceae* sayısı değerleri

Salça örneklerinin *Enterobacteriaceae* sayısı (log kob/g) değerleri Tablo 4.26’de, *Enterobacteriaceae* sayısı değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.27’de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.26. Salça örneklerinin *Enterobacteriaceae* sayısı (log kob/g)

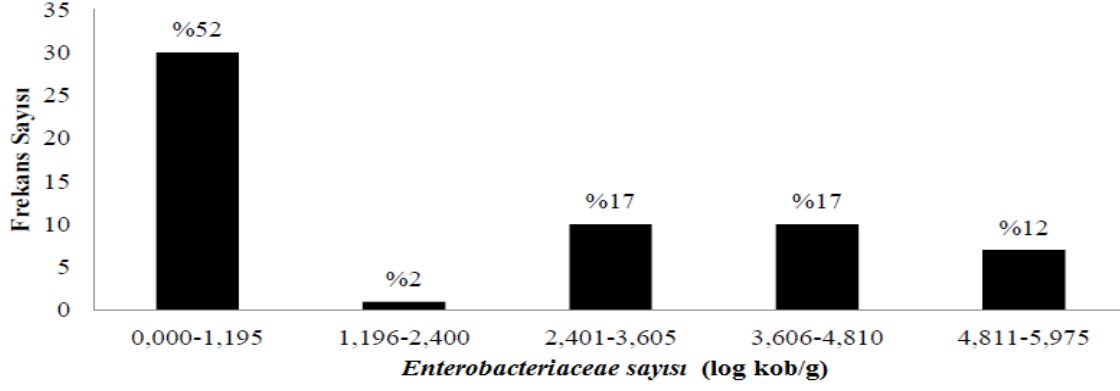
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. $\pm$ Std.h
<i>Enterobacteriaceae</i>	58	0,000	5,975	$2,210 \pm 2,205$

N: Örnek Sayısı, kob: Koloni oluşturan birim, g: Gram, Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.27. Salça örneklerinin *Enterobacteriaceae* sayısı değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	0,000-1,195		1,196-2,400		2,401-3,605		3,606-4,810		4,811-5,975	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>Enterobacteriaceae</i>	30	52	1	2	10	17	10	17	7	12

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde



Grafik 4.13. Salça örneklerinin *Enterobacteriaceae* sayısı (log kob/g) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde *Enterobacteriaceae* sayısı analizleri sonucunda, 30 (%52) örnek en düşük değerlere sahip olurken 7 (%12) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $2,010 \pm 2,205$ (log kob/g) tespit edilmiştir.

4.4.5. *Staphylococcus aureus* sayımına ait sonuçlar

Salça örneklerinin *Staphylococcus aureus* sayısı (log kob/g) değerleri Tablo 4.28’de, *Staphylococcus aureus* sayısı değerlerinin dağılımı (%) Tablo 4.29’de, yüzde dağılımı ve frekans sayıları Grafik 4.14’de verilmiştir.

Tablo 4.28. Salça örneklerinin *Staphylococcus aureus* sayısı (log kob/g)

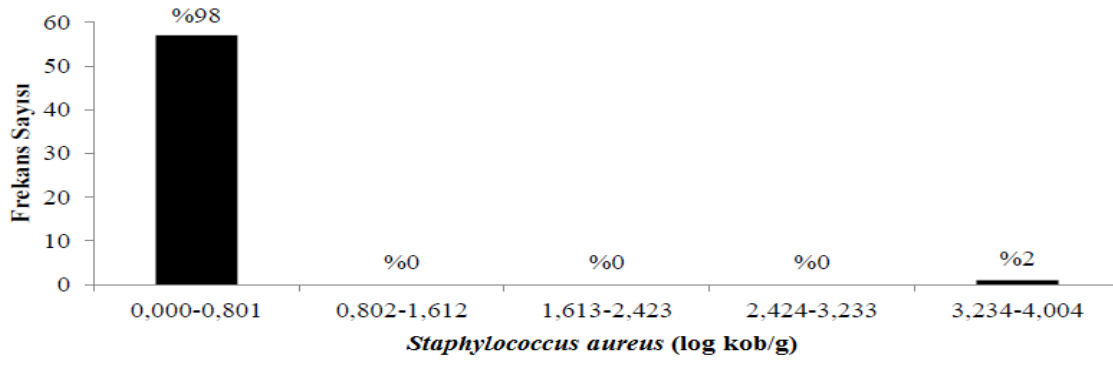
Özellik	N	En Küçük	En Büyük	Ort. $\pm$ Std.h
<i>Staphylococcus aureus</i>	58	0,000	4,004	0,069 $\pm$ 0,526

N: Örnek Sayısı, kob: Koloni oluşturan birim, g: Gram, Ort.: Aritmetik Ortalama, Std.h: Standart hata

Tablo 4.29. Salça örneklerinin *Staphylococcus aureus* sayısı değerlerinin dağılımı (%)

Özellik	0,000-0,801		0,802-1,612		1,613-2,423		2,424-3,233		3,234-4,004	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>Staphylococcus aureus</i>	57	98	-	-	-	-	-	-	1	2

N: Örnek Sayısı, %: Yüzde



Grafik 4.14. Salça örneklerinin *Staphylococcus aureus* sayısı (log kob/g) değerleri yüzde dağılımı ve frekans sayıları

Salça örneklerinde *Staphylococcus aureus* sayısı analizleri sonucunda, 57 (%98) örnek en düşük değerlere sahip olurken 1 (%2) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $0,069 \pm 0,526$ (log kob/g) tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Bilecik ilinde geleneksel metotlar ile üretilen domates ve biber salçalarında total aflatoksin ve aflatoksin B₁ miktarını saptamak ve aflatoksin düzeylerinin Türk Gıda Kodeksi'nde yer alan limitlere uygun olup olmadığını değerlendirmek üzere salça numuneleri mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel analizlere tabii tutuldu.

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'nde kırmızıbiber ve bunların kurutulmuş meyveleri, tüm ve öğütülmüş halleri de dahil olmak üzere en fazla bulunabilecek toplam aflatoksin (B₁+B₂+G₁+G₂) miktarı 10 ppb ve aflatoksin B₁ miktarı ise 5 ppb olması gerektiği belirtilmiştir (Anonim, 2011a). Salça için ise böyle bir kriter mevcut değildir. Salça örneklerinde yapılan toplam aflatoksin analizleri sonucunda, 32 (%55) örnek en düşük değerlere sahip olurken 2 (%3) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak 1,833±0,466 (ppb) tespit edilmiştir. Salça örneklerinde yapılan aflatoksin B₁ analizleri sonucunda, 27 (%47) örnek en düşük değerlere sahip olurken 2 (%3) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak 0,032±0,017 (ppb) tespit edilmiştir. Araştırmada yer alan salça numunelerinin tamamının Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne (Anonim, 2011a) uygun olduğu tespit edilmiştir. Numunelerden elde edilen toplam aflatoksin (B₁+B₂+G₁+G₂) ve aflatoksin B₁ seviyeleri, literatürde yer alan diğer çalışmalarda elde edilen verilere benzerlik göstermektedir. Öner'in (2018: 44) 34 domates, 35 acı biber ve 18 adet tatlı biber salçası olmak üzere toplamda 87 adet salça üzerine yapmış olduğu çalışmada 39 adet salça örnekte aflatoksin tespit edilmiş olup 48 adet salça örneğinde aflatoksin tespit edilememiştir. Yentür vd. (2012: 300) yapmış olduğu çalışmada 90 adet kırmızıbiber salçası, 50 adet kırmızıbiber sosu ve 50 adet kırmızı pul biber örneğinde aflatoksin B₁ aranmış olup ürünlerin sadece 1 adet numunenin belirlenen sınırların üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Mariutti vd. (2009: 432) domates ürünlerinde yaptığı çalışmada 15 adet salçada ve diğer domates ürünlerinde aflatoksine rastlanılmamıştır. Kalyoncu'nun (2001) yapmış olduğu çalışmada salça üretiminde kullanılacak olan domateslerden başta *Aspergillus* ve *Penicillium* olmak üzere toplamda 7 genusa ait 18 küf tespit edilmişken bu domateslerden üretilmiş olan salçada 18 adet küften 10 adedi tespit edilmiştir.

Çolak vd. (2006: 295) yapmış olduğu araştırmada İstanbul'dan toplanan 30 adet kırmızı pul biber, 30 adet kırmızıbiber ve 24 adet karabiber olmak üzere toplamda 84 adet örnekten 36 adedinin aflatoksin kontaminasyonuna maruz kaldığı tespit edilmiştir. 9 adet kırmızı pul biber, 3 adet kırmızıbiber ve 2 adet karabiber TKG tarafından belirlenen limitlerin üzerinde olduğu belirtilmiştir. Hazır ve Çoksöyler'in (1998: 17) yapmış olduğu çalışmada 141

adet kırmızıbiber örneğinin 46 adedinde aflatoksin B₁ bulunmuştur. Kahramanmaraş ve Gaziantep illeri pazarlarından alınan kırmızıbiber örneklerinin %88,2'sinde aflatoksin saptanmıştır. Türkiye'nin çeşitli yerlerinden toplanan geleneksel olarak evde kurutulan kırmızıbiber örneklerinin %24'ünde aflatoksin B₁ tespit edilmiştir. Evde kurutulan kırmızıbiber örneklerinde aflatoksin değerleri düşük çıkmasına rağmen diğer örneklerde aflatoksin düzeyleri belirlenen limitlerin üzerinde çıkmıştır. Blesa vd. (2004: 167) yapmış olduğu araştırmada kırmızı pul biberlerde aflatoksin saptanmamıştır. Reddy vd. (2001: 556) yaptığı çalışmada 182 adet kırmızıbiber örneği aflatoksin B₁ yönünden incelenmiş olup örneklerin %59'unun aflatoksin B₁ içerdiği ve %18'inin ise limit değerlerin üzerinde olduğu belirtilmiştir. Erdoğan'ın (2004: 324) 44 kırmızı pul biber ve 26 toz biber üzerinde yapmış olduğu çalışmada 8 adet kırmızıbiber, 3 kırmızı toz biber ve 1 isot örneğinde aflatoksin tespit edilmiştir. En yüksek aflatoksin değeri ise kırmızı pul biberde saptanmıştır. Dinçoğlu ve Karaçal'ın (2006: 831) 50 adet kırmızı pul biber üzerine yapmış olduğu çalışmada 35 adet örnekte aflatoksin tespit edilmiştir. Elden Taydış ve Aşkın (1995: 5) Gaziantep ve Kahramanmaraş'tan 33 adet taze, 33 adet kuru, 31 adet toz ve 30 adet kırmızı pul biber olmak üzere 127 adet örneğin aflatoksin miktarını incelemiş ve *Aspergillus flavus*'un kontamine olduğu tespit edilmiştir. Kanbur vd. (2006: 23), 50 adet kırmızıbiber örneği üzerine yapmış oldukları çalışmada 3 adet örnekte limit değerlerinin üzerinde aflatoksin olduğu saptanmıştır. Demircioğlu ve Filazi'nin (2010: 65) yapmış olduğu araştırmada 49 adet kırmızıbiber örneğinin 12 tanesinde aflatoksin B₁, aflatoksin B₂, 5 tanesinde aflatoksin G₁ ve 1 tanesinde aflatoksin G₂ tespit edilmiştir. Örneklerin 38 tanesi yasal limitlere uygun olmasına rağmen 11 tanesi uygun bulunmamıştır.

Kuru madde hammadde ve son üründe besin öğelerini içerdiği için önemlidir. Ayrıca iklim, hammadde çeşidi ve olgunluğa göre değişiklik göstermektedir (Uylaşer, 1996). Çalışmamızda yer alan salça örneklerinde yapılan kuru madde (%) analizleri sonucunda, 3 (%5) örnek en düşük değerlere sahip olurken 8 (%14) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak 31,214±4,041 (%) tespit edilmiştir. Numunelerden elde edilen kuru madde değerleri Manzo vd. (2019: 1840), Giovanelli ve Lavelli'nin (2002: 1265) yapmış olduğu çalışmalardan elde edilen değerlerden daha yüksektir. Erdoğan'ın (2013: 53) biber salçası üzerine yapmış olduğu çalışmadan elde edilen sonuçlardan düşük bulunmuştur.

Türk Standartları Entitüsü TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı'nda suda çözünen kuru madde miktarı domates salçasında en az %28 briks (°Bx), biber salçasında en az %18 briks (°Bx) olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim, 2020a). Araştırmada salça

örneklerinde yapılan suda çözünen kuru madde miktarı ($^{\circ}\text{Bx}$) analizleri sonucunda, 2 (%3) örnek en düşük değerlere sahip olurken 6 (%10) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $23,182 \pm 3,869$ (brix) tespit edilmiştir. Araştırmada 6 numune Türk Standartları Entitüsü TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı'nda belirtilen değere uygun olarak, 12 numune belirtilen değere yaklaşık olarak ve 40 numunenin belirtilen değere uygun olmadığı tespit edilmiştir. Numunelerden elde edilen suda çözünen kuru madde miktarı ($^{\circ}\text{Bx}$) değerleri Aydoğan'ın (2019: 23), Apuhan'ın (2012: 18), Kirkin'in (2013: 23), Erdoğan'ın (2013), Eraslan'ın (2017) ve Tufan'ın (2013) yapmış olduğu araştırmada elde ettiği değerlerden daha düşüktür. Numunelerden elde edilen suda çözünen kuru madde miktarı ($^{\circ}\text{Bx}$) değerleri Yassihüyük'ün (2012: 55) ve Bayod vd. (2008) yapmış olduğu çalışmada elde edilen değerler ile benzerlik göstermektedir. Çalışmada tespit edilen yapılan suda çözünen kuru madde miktarı ($^{\circ}\text{Bx}$) değerlerinde bu farklılık üretim teknikleri ve kullanılan hammadde farklılığından kaynaklandığı öngörülmektedir.

pH ve toplam asitlik miktarı salça için en önemli iki kriterdir ve bu değer doğrultusunda ısıtma işlemi uygulanmasının süresinin belirlenmesinden ötürü salçada ilk bakılan kalite kriterleri arasındadır. Düşük pH'a sahip olan salça daha düşük sıcaklıkta ve kısa süreli olmak üzere ısıtma işlemi tabii tutulur ve asitli olması üretim esnasında ve sonrasında ürünün kontrolün daha kolay olmasını sağlar (Apuhan, 2012: 18). Türk Standartları Entitüsü TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı'na göre domates salçasında pH değeri 3,9-4,6 arasında olması belirtilmiştir (Anonim, 2020a). Araştırmada salça örneklerinde yapılan pH analizleri sonucunda, 6 (%10) örnek en düşük değerlere sahip olurken 5 (%9) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $4,425 \pm 30,176$ tespit edilmiştir. Araştırmada 53 numune Türk Standartları Entitüsü TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı'nda (Anonim, 2020a) belirtilen değere uygun olarak tespit edilirken, 5 numunenin belirtilen değerden yüksek olduğu ve uygun olmadığı tespit edilmiştir. Araştırmada tespit edilen pH değerinin düşük olması hammaddeden kaynaklı olabileceği söylenebilir. Numunelerden elde edilen pH değerleri Apuhan'ın (2012: 18), Aydoğan'ın (2019: 23), Bozkurt ve Erkmen'in (2004: 175), Bayod vd. (2008), Eraslan'ın (2017), Giovanelli ve Lavelli'nin (2002: 1265), Manzo vd. (2019: 1840), Tufan'ın (2013) ve Yassihüyük'ün (2012: 55) yapmış olduğu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Aşkın Uzel'in (2018) ve Erdoğan'ın (2013: 53) yapmış olduğu çalışmadan daha düşük bulunmuştur.

Türk Standartları Entitüsü TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı'nda ürünlerde tuz miktarı, hammaddeden kaynaklanan tuz miktarı dâhil olmak üzere toplam kuru maddede

%5'i geçmemesi gerektiği belirtilmiştir (Anonim, 2020a). Ayrıca hammaddenin tuz içerebileceği ve bu nedenle salçada tuz bulunabileceği bilinmektedir. Araştırmada salça örneklerinde yapılan tuz miktarı (%) analizleri sonucunda, 13 (%22) örnek en düşük değerlere sahip olurken 1 (%2) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $0,329 \pm 0,147$ (%) tespit edilmiştir. Araştırmada salça numunelerinin Türk Standartları Entitüsü TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı'nda (Anonim, 2020a) yer alan kriterlere uygun olduğu tespit edilmiştir. Numunelerden elde edilen tuz miktarı değerleri Manzo vd. (2019: 1840), Kaya vd. (2013: 39) benzerlik göstermektedir. Numunelerden elde edilen tuz miktarı değerleri Aydoğan'ın (2019: 25), Kirkin'in (2013: 24), Uylaşer'in (1996), Eraslan'ın (2017) ve Yassihüyük'ün (2012: 55) çalışmalarından daha düşük bulunmuştur. Çalışmamızda incelenen geleneksel metotlar ile üretilmiş salçalarda tuz miktarının düşük olması üreticilerin tuz kullanmadığı veya düşük oranda tuz kullandığını göstermektedir. Ancak diğer çalışmalara bakıldığında ticari salçalara göre ev yapımı salçaların daha fazla tuz içerdiği görülmektedir.

Türk Standartları Entitüsü TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı'nda domates salçasının toplam asitlik miktarı toplam kuru maddede kütlece %10'dan ve biber salçasının %4'den fazla olmaması gerektiği belirtilmiştir (Anonim, 2020a). Araştırmada salça örneklerinde yapılan asidite (%) analizleri sonucunda, 17 (%29) örnek en düşük değerlere sahip olurken 3 (%5) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $0,626 \pm 0,299$ (%) tespit edilmiştir. Araştırmada salça örneklerinin Türk Standartları Entitüsü TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı'nda (Anonim, 2020a) yer alan toplam asitlik kriterine uygun olduğu tespit edilmiştir. Numunelerden elde edilen toplam asitlik miktarı değerleri Aşkın Uzel'in (2018), Erdoğan'ın (2013: 53), Yassihüyük'ün (2012: 55) yapmış olduğu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Araştırmada tespit edilen asidite değerleri Bozkurt ve Erkmen'in (2004: 175), Eraslan'ın (2017), Manzo vd. (2019: 1840), Kaya vd. (2013: 39) ve Apuhan'ın (2012: 18) yapmış olduğu çalışmalardan düşük bulunmuştur.

Türk Standartları Entitüsü TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı'nda %10'luk HCl'de çözünmeyen kül oranı, toplam kuru maddede %0,3'ten fazla olmaması gerektiği belirtilmiştir (Anonim, 2020a). Araştırmada salça örneklerinde yapılan kül miktarı (%) analizleri sonucunda, 5 (%9) örnek en düşük değerlere sahip olurken 3 (%5) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $3,449 \pm 1,225$ (%) tespit edilmiştir. Araştırmada salça örneklerinin Türk Standartları Entitüsü TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı'nda (Anonim, 2020a) yer alan %10'luk HCl'de çözünmeyen kül oranı değerinden yüksek olduğu ve standarda uygun olmadığı tespit edilmiştir. Numunelerden elde edilen kül miktarı Kirkin'in

(2013: 24) yapmış olduğu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Kaya vd. (2013: 39) yapmış oldukları çalışmadan elde edilen değerlerden yüksek ve Yassihüyük'ün (2012: 55) yapmış oldukları çalışmadan elde edilen değerlerden düşük olarak tespit edilmiştir. Ev yapımı salçaların kül miktarının daha yüksek değerde olduğu yapılan diğer çalışmalarda da belirtilmektedir. Buna göre çalışmamıza ait sonuçlar ile diğer çalışmalar birbirini destekler niteliktedir. HCl'de çözünmeyen kül miktarı gıda maddelerinin toprak ve diğer kirlilikler bakımından yüksek olduğunu gösteren bir parametredir (Toker ve Hayoğlu, 2003: 70).

Türk Standartları Entitüsü TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı'nda (Anonim, 2020a) ambalaj doldurma oranı en az %90 (v/v) olarak belirtilmiştir. Araştırmada salça numunelerinde ambalaj doldurma oranı 78,857-95,429 (% v/v) arasında olup 1 (%2) numune en düşük değerlere sahip olurken 16 (%28) örnek en yüksek değerlerde olduğu ortalama ambalaj doldurma oranı değerleri olarak $89,6006 \pm 3,716$ (% v/v) tespit edilmiştir. Araştırmada 28 numune Türk Standartları Entitüsü TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı'nda (Anonim, 2020a) belirtilen değere uygun olarak, 7 numune belirtilen değere yaklaşık olarak ve 23 numunenin belirtilen değere uygun olmadığı tespit edilmiştir. Araştırmada tespit edilen ambalaj doldurma oranı değerlerindeki farklılık, salça üretiminde hammadde farklılığı ve üretim tekniklerinden kaynaklandığı söylenebilir.

Araştırmada salça örneklerinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) analizleri sonucunda, 54 (%93) örnek en düşük değerlere sahip olurken 2 (%3) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $0,268 \pm 1,061$ (log kob/g) tespit edilmiştir. Araştırmada tespit edilen toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) Bozkurt ve Erkmen'in (2004: 175) ile Okur'un (2011: 21) yapmış olduğu çalışmada tespit edilen sayıdan daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Uylaşer'in (1996) iki farklı firmaya ait ticari domates salçalarında yaptığı çalışmada toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı ilk firma örneklerinde $6,78 \times 10^3$ - $1,25 \times 10^5$ adet/g ve ikinci firma örneklerinde $3,93 \times 10^6$ - $2,51 \times 10^7$ adet/g olarak bulunmuştur.

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği'nde (Anonim, 2011b) salata ve yemek sosları, domates bazlı soslar (ketçap, soya sosu, hardal, nar ekşisi vb dâhil) için maya ve küf limiti 10^3 kob/g-mL olarak belirtilmiştir. Araştırmada salça örneklerinde maya ve küf sayısı analizleri sonucunda, 57 (%98) örnek en düşük değerlere sahip olurken 1 (%2) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $0,074 \pm 0,483$ (log kob/g) tespit edilmiştir. Araştırmada tespit edilen maya küf sayıları Okur'un (2011: 21) yapmış olduğu çalışmada bulunan sayıdan daha düşük olarak belirlenmiştir. Uzel'in (2017: 700) tatlı kırmızıbiber salçaları üzerine yapmış olduğu çalışmada hammaddede maya ve küf tespit edilmiştir ancak kırmızıbiberlerin

salçaya işlenmesinden sonra salçalarda maya ve küfe rastlanılmamıştır. Uylaşer'in (1996) ticari domates salçalarında yaptığı çalışmada toplam maya sayısı ilk firmanın örneklerinde $0-7,03 \times 10^3$ adet/g ve ikinci firma örneklerinde $4,36 \times 10^3-2,19 \times 10^5$ olarak bulunmuştur. Kalyoncu'nun (2001) yapmış olduğu çalışmada domates salçalarında 13×10^2 cfu/g küf tespit edilmiştir. Aydoğan'ın (2019: 25) yaptığı araştırmada farklı sıcaklıklarda üretilmiş domates salçalarının küf değerleri (% alan) %32,88, %28,78 ve %22,73 olarak belirtilmiştir. Araştırmada tespit edilen maya ve küf sayısının düşük olmasının nedeni ısıtma işlemi tabii tutulan bazı salçalarda mikroorganizmaların yok olurken bazı salçalara uygulanan ısıtma işleminin yetersiz olması öngörülmektedir. Bir gıda üzerine mikotoksijenik küfün bulunması gıdada mutlaka mikotoksin bulunması gerektiğini göstermediği gibi mikotoksin bulunması da küfün gıda üzerinde canlı olarak bulunması gerektiğini göstermemektedir. Küfün gıda üzerinde mikotoksin ürettikten sonra ölmesi böyle bir sonuç doğurmaktadır (Makaracı, 2006: 18).

Araştırmada salça örneklerinde *Enterobacteriaceae* sayısı analizleri sonucunda, 30 (%52) örnek en düşük değerlere sahip olurken 7 (%12) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $2,010 \pm 2,205$ (log kob/g) tespit edilmiştir. *Enterobacteriaceae* familyası geniş bir aile olmakla birlikte laktozu fermente edebilen (koliform) bakteriler ve laktozu fermente edemeyen enterik bakteriler bulunmaktadır. Ek olarak doğa orijinli bazı bakteriler de bu ailededir. Bazıları zararsız olmasına rağmen bazı bakteriler insan ve hayvan patojenidir, gıda kaynaklı hastalıklara neden oldukları gibi gıdaların bozulmasına da sebep olarak maddi kayıplara da yol açmaktadır. Bu ailenin üyeleri geniş çaplı olarak yayıldığı ve her yerde bulunduğu için kontaminasyon neredeyse kaçınılmazdır (Baylis vd., 2011: 52; Ünlütürk ve Turantaş, 2015).

Araştırmada salça örneklerinde koliform grup bakteri sayısı analizleri sonucunda, 57 (%98) örnek en düşük değerlere sahip olurken 1 (%2) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $0,074 \pm 0,483$ (log kob/g) tespit edilmiştir. Okur'un (2011: 21) yapmış olduğu çalışmada koliform grup bakteri tespit edilememiştir.

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği'nde yer alan limitlere göre koagülaz pozitif stafilokoklar için tüketime hazır gıdalarda limit 10^3 iken tüketime hazır olmayan gıdalarda 10^4 olarak belirtilmiştir (Anonim, 2011b). Araştırmada salça örneklerinde *Staphylococcus aureus* sayısı analizleri sonucunda, 57 (%98) örnek en düşük değerlere sahip olurken 1 (%2) örnek en yüksek değerlerde olup ortalama olarak $2,010 \pm 2,205$ (log kob/g) tespit edilmiştir. Okur'un (2011: 21) yapmış olduğu çalışmada *Staphylococcus aureus* tespit edilememiştir.

Stafilokoklar ısıya duyarlı olmalarından ötürü saatlerce kaynatılmış olan salçalarda inaktif olması ve bulunmaması normal bir durumdur (Erol, 2007: 141). İnsan ve sıcakkanlı hayvanların bağırsak sistemlerinde bulunan koliform grup bakteriler genel olarak fekal kontaminasyona işaret etmesine rağmen kesin bir yargıya varılamamaktadır. Çünkü bu bakteriler bağırsak sistemi dışında farklı yerlerde de bulunmaktadır (Ünlütürk ve Turantaş, 2015). Koliform grup bakteriler ve *Staphylococcus aureus* bakterisi üretim esnasında hijyen ve sanitasyon kurallarına riayet edilip edilmediğinin bir göstergesidir. Ancak geleneksel metotlar ile üretilen salçalar uzun süreli olarak ısıl işleme tabii tutulmasından dolayı inhibe olarak bu bakterilerin bulunmaması doğal bir sonuçtur.

Salçada gelişen laktik asit bakterileri, düşük pH, tuz eklenmesi ve düşük a_w patojen bakterilerin çoğalmasını engellemektedir. Hammaddenin salçaya işlenmesi işleminde uygulanan ısıl işlemlerin bakteri yükünü azalttığı belirtilmektedir (Okur, 2011: 22).

6. SONUÇ

Tüm dünyayı yakından ilgilendiren gıdalarda küf gelişimi ve mikotoksin kontaminasyonu sağlık riskleri ve güvenilir gıda açısından üzerinde durulması gereken bir konudur. Bu zamana kadar yapılan araştırmalardan elde edilen veriler aflatoksin kontaminasyonunun ne derece önemli olduğunu göstermiştir.

Ülkemizde geleneksel ürünlerin yaygın olarak üretilmesi ve tüketilmesinden ötürü geleneksel ürünlere yönelik araştırmaların artması gerekmektedir. Özellikle kırmızıbiber kaynaklı ürünler olan pul biber, salça ve soslarda hatalı üretim, kurutma işlemi ve kötü depolama şartlarının sonucu olarak mikrobiyal kontaminasyon yüksek olabilmekte ve aflatoksin oluşumuna sebep olmaktadır (Sabuncuoğlu vd., 2008: 64). Ayrıca domates de kontaminasyona açık ve yumuşak yüzeyli bir gıda olmasından dolayı üretim ve muhafaza sırasında toksin üreten suşlar ile kontamine olabilmektedir (Çoksöyler, 1999: 300). Yapılan çalışmalarda domates ve domates ürünlerinde *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus paraciticus* tespit edilmiş olup bu iki küf türü de toksin üretebilme yeteneğine sahiptir (Öner, 2018: 18).

Yapılmış olan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda gıdalarda tespit edilen aflatoksin düzeyleri bu gibi çalışmaların yapılması gerektiğini göstermektedir.

Yapmış olduğumuz çalışmada 58 adet salça örneği incelenmiş ve aflatoksin düzeyleri Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilen limitlerden daha düşük seviyede çıkması halk sağlığı açısından iyi bir sonuçtur. Ancak yine de aflatoksin riski göz ardı edilmemeli ve aflatoksin içeren gıdaların uzun süreli tüketiminin kanser başta olmak üzere birçok soruna yol açtığı göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak yine de geleneksel salça üretiminde kaliteli hammadde kullanılması, yeterli düzeyde ısıtma işlemi tabii tutulması, hijyen kurallarına riayet edilmesi gerekmektedir. Salçanın hammaddesi olan domates ve kırmızıbiberin hasat anından itibaren salçaya işlenmesi ve sonra salçaların muhafazası da dahil olmak üzere her aşamaya dikkat edilmesi küf kontaminasyonunun önüne geçilmesi gerekmektedir. Gıda ürünlerinin izlenebilirlik sisteminin tarladan sofraya kadar olan süreçte takibinin ve denetiminin yapılması ayrıca HACCP gibi sistemlerin sağlanması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdel-Shafi, S., Shehata, S., Shindia, A., El-Meligy, K., & Khidr, A.** (2018). Biodegradation of Aflatoxins by Bacteria. *Egyptian Journal of Microbiology*, 53(1), 241-254.
- Acar, B., & Karaman, S.** (2006). Uluslararası Gıda Ürünleri Ticareti ve Aflatoksin Yasal Düzenlemeleri. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 7 (2) 2006, 190-197.
- Adalid, A. M., Roselló, S., & Nuez, F.** (2010). Evaluation and selection of tomato accessions (*Solanum section Lycopersicon*) for content of lycopene, β -carotene and ascorbic acid. *Journal of food composition and analysis*, 23(6), 613-618.
- Agar, B. I.** (2004). Mycotoxins in foods and feeds: 1-aflatoxins. *Assiut University Bulletin for Environmental Researches*, 7(1), 173-205.
- Ağaoğlu, S.** (1999). Van ilinde açıkta satılan kırmızı pul biberlerde aflatoksin B₁ varlığının araştırılması. *Van Tıp Dergisi*, 6(4), 28-30.
- Akkaya, M. R.** (2011). *Süt Sığırlarında Aflatoksin B₁ İçeren Yemlerin Toksin Bağlayıcılar ile Kontrolü ve Aflatoksin M₁ Oluşumunun Saptanması*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Aksoy, A., Yavuz, O., Guvenc, D., Das, Y. K., Terzi, G., & Celik, S.** (2010). Determination of aflatoxin levels in raw milk, cheese and dehulled hazelnut samples consumed in Samsun province, Turkey. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(Suppl. A), 513-516.
- Albay, Z., & Şimşek, B.** (2011). Süt ve süt ürünlerinde mikotoksinler ve özellikleri. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 9(2), 50-60.
- Alkan, Y.** (2006). *Amasya İlinde Satışa Sunulan Beyaz Peynirlerde Aflatoksin M₁, Rutubet ve Asidite Değerleri Üzerine Bir Araştırma*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Altun, S. K., Aydemir, M. E., & Durmaz, H.** (2020). Sensorial and Microbiological Comparison of Lahmacunes Prepared by Using Isot (Pepper) Spices and Pasta Produced by Traditional and Fabrication Methods. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 5(1), 6-10.
- Anonim.** (1990). Türk Standartları Entitüsü, TS 7896 Biber Salçası Standardı.
- Anonim.** (2007). Türk Standartları Entitüsü, TS 2664 Konserve - Bitkisel Sıvı Yağlı Barbunya Pilaki - Hazır Yemek Standardı.

Anonim. (2011a). Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği.

Anonim. (2011b). Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği.

Anonim. (2014). Türk Gıda Kodeksi Salça ve Püre Tebliği. Tebliğ No: 2014/6.

Anonim. (2016). Domates. [Erişim:17.10.2019, <http://tarimsalistatistik.com/tr-TR/Sayfa/domates-tomato>].

Anonim. (2017). Tomatoes. [Erişim:19.10.2019, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>].

Anonim. (2018a). Domates Üretim İstatistikleri. [Erişim:17.10.2019, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001].

Anonim. (2018b). Domates İstatistikleri. [Erişim:17.10.2019, <http://www.tarimsalistatistik.com/tr-TR/Sayfa/bitkisel-uretim-verileri-2018>]

Anonim. (2019a). Tomatoes. [Erişim:17.10.2019, <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/342502/nutrients>].

Anonim. (2019b). Red Pepper. [Erişim:18.10.2019, <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/342633/nutrients>].

Anonim. (2019c). Tomato Paste. [Erişim:29.10.2019, <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170459/nutrients>].

Anonim. (2020a). Türk Standartları Entitüsü, TS 1466 Domates Salçası ve Püre Standardı.

Anonim. (2020b). Prevention of aflatoxin in pistachios [Erişim:13.05.2020, <http://www.fao.org/3/w9474t/w9474t06.htm>].

Anonim. (2020c). RIDASCREEN® Aflatoxin Total, Enzyme immunoassay for the quantitative analysis of aflatoxins. Art. No.: R4701R-Biopharm GmbH, Darmstadt, Germany.

Anonim. (2020d). RIDASCREEN® Aflatoxin B₁, Enzyme immunoassay for the quantitative analysis of aflatoxins. Art. No.: R-1201, R-Biopharm GmbH, Darmstadt, Germany.

Apuhan, E. (2012). *Domates Salçasının Farklı Sıcaklıklarda Depolanması Sırasında Enzimatik Olmayan Esmerleşme Kinetiğinin Belirlenmesi.* (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

- Ardıç, M., Atasever, M., Adigüzel, G., Atasever, M., Karakaya, Y., Unsal, C., & Durmaz, H.** (2008). A survey on the presence of aflatoxin M₁ in Urfa cheese. *International Journal of Food Safety*, 10, 13-17.
- Ardıç, M., Karakaya, Y., Atasever, M., & Adigüzel, G.** (2009). Aflatoxin M₁ levels of Turkish white brined cheese. *Food Control*, 20(3), 196-199.
- Arıcı, M.** (2019). *Kuru Besni Üzümünde Aflatoksin ve Ochratoxin A Varlığı*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Arslanğray, Y.** (2015). *Şanlıurfa'da Geleneksel Olarak Üretilen Pul Biberlerde Aflatoksin Oluşum Aşamalarının Belirlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Arsunar, E.S.** (2014). *Kapya Biber Tohumundan Soğuk Presleme ile Yağ Eldesinin Optimizasyonu ve Ürün Karakterizasyonu*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Artık, N., Şanlıer, N. & Ceyhun Sezgin, A.** (2019). *Gıda Güvenliği ve Gıda Mevzuatı*. İkinci basım, Ankara, s. 80 – 84.
- Asiedu, M.** (2018). *Levels of Ochratoxin A and Aflatoxins in Cocoa Beans from Four Cocoa Growing Regions in Ghana*. (Doctoral Dissertation). Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Ghana.
- Aşkın Uzel, R.** (2018). Preservation of sweet red pepper paste quality: effect of packing material, ozone gas and protective agent use. *Food Science and Technology*, (AHEAD), 0-0.
- Atakan, O.** (2019). *Ozon Uygulamasının Fındıkta Aflatoksin Miktarına ve Bazı Kalite Kriterlerine Etkisi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Atasever, M. A., Adigüzel, G., Atasever, M., & Özturan, K.** (2010). Determination of aflatoxin M₁ levels in some cheese types consumed in Erzurum, Turkey. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16, S87-S91.
- Atasoy, A. F., Hayoğlu, İ., Korkmaz, A., Esra, K. & Yıldırım, A.** (2017). Geleneksel ev isot baharatının aflatoksin içeriğinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(1), 35-40.

- Ayberkin, E., & Çiftçi, E.** (2009). Çocuklarda *Aspergillus* Enfeksiyonları. *Journal of Pediatric Infection*, 3, 118-25.
- Ayda, M.** (2020). *Farklı Yöntemler Kullanılarak Üretilen Biber Salçasının Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi ve Karşılaştırılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Aydeniz, R.** (2017). *Gıdalarda İnce Tabaka Kromatografisi ile Aflatoksinlerin Kantitatif Tayininde Görüntü Analizinin Kullanılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Aydoğan, M.** (2019). *Farklı Ön Isıtma Sıcaklıklarının Domates Pulpu ve Salçasının Özelliklerine Etkisi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Ayrancı, U. G.** (2019). *Modifiye Atmosferde Paketlenerek Depolanan Besiyeri ve Yarı-Kurutulmuş Kırmızıbiberlerde *Aspergillus flavus* Gelişimi ve Aflatoksin Oluşumu*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Azi, F., Oledinma, N. U., Njoku, H. A., Nwobasi, V. N., & Nwankwegu, A. S.** (2017). Microbial and Aflatoxins Analysis of Selected Cereal Flours Processed and Sold in Abakaliki Metropolis. *Advances in Research*, 1-8.
- Baçoğlu, F., & Uylaşer, V.** (1997). Salça üretim aşamalarına göre bakteri ve maya florasındaki değişim ve bozulmadaki etkileri üzerinde araştırmalar. *Gıda*, 22(1).
- Baylis, C., Uyttendaele, M., Joosten, H., & Davies, A.** (2011). *The Enterobacteriaceae and their significance to the food industry*. Publisher: ILSI Europe, Belçika, s. 52.
- Bayod, E., Willers, E. P., & Tornberg, E.** (2008). Rheological and structural characterization of tomato paste and its influence on the quality of ketchup. *LWT-Food Science and Technology*, 41(7), 1289-1300.
- Bennett, J., & Klich, M.** (2003). Mycotoxins. *Clinical microbiology reviews*, 16(3), 497.
- Bilgin, Ö.** (2014). *İnek, Koyun ve Keçi Sütlerinde Yaz ve Kış Mevsimlerinde Aflatoksin M₁ Düzeyinin Belirlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

- Blankson, G. K., Mills-Robertson, F. C., & Ofosu, I. W.** (2019). Survey of occurrence levels of Aflatoxins in selected locally processed cereal-based foods for human consumption from Ghana. *Food Control*, 95, 170-175.
- Blesa, J., Soriano, J. M., Molto, J. C., & Manes, J.** (2004). Limited survey for the presence of aflatoxins in foods from local markets and supermarkets in Valencia, Spain. *Food additives and contaminants*, 21(2), 165-171.
- Bozkurt, H., & Erkmen, O.** (2004). Effects of production techniques on the quality of hot pepper paste. *Journal of Food Engineering*, 64(2), 173-178.
- Bozkurt, H., & Erkmen, O.** (2005). Effects of salt, starter culture and production techniques on the quality of hot pepper paste. *Journal of food engineering*, 69(4), 473-479.
- Bozkurt, S.B.** (2019). *Kapya Tipi Biber (Capsicum annuum L. cv. Kapya) Yetiştiriciliğinde Kullanılan Organik Gübrelerin Bitki Gelişimi ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Bullerman, L. B.** (1986). Mycotoxins and food safety. *Food technology* (Chicago), 40(5), 59-66.
- Cemeroğlu B.,** (2007). *Gıda Analizleri*. In: Cemeroğlu, B., Ed. *Domates Salçasına Uygulanan Başlıca Test ve Analiz Yöntemleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:34, Ankara, s. 255-278.
- Cemeroğlu, B.** (2010). *Gıda Analizleri Genişletilmiş 2. Baskı*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34 Bizim Grup Basımevi. Ankara, s. 1-86.
- Cerit, İ.** (2015). *Kırmızı Biberin (Capsicum annuum L.) Fonksiyonel ve Mikrobiyal Özellikleri Üzerine Modifiye Atmosferde Paketlemenin Etkisi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Chung, J. H., Shin, H. C., Cho, J. Y., Kang, S. K., Lee, H. J., Shin, S. C., & Moon, J. H.** (2009). Isolation and structural determination of free radical scavenging compounds from Korean fermented red pepper paste (Kochujang). *Food Science and Biotechnology*, 18(2), 463-470.
- Çakır, C.** (2020). *Aktif Karbon Ve Bentonit Uygulamasının Fındık Sütünün Aflatoksin Profili ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.

Çaltinoğlu, Ç. (2014). *Effect of Tomato, Red Pepper and Carrot Pulp Addition on the Quality of Extrudates*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Çapanoğlu, E. (2008). *Changes in antioxidant profiles, metabolites and enzymes during development of tomato fruit and tomato paste processing*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Çelik, S. (2001). Karaciğer karsinogeni olan aflatoksinlerin biyokimyasal, histopatolojik etkileri ve sağaltım seçenekleri. *Journal of Research in Veterinary Medicine*, 2001; 20: 131-136.

Çetin, T. (2004). *Ankara piyasasında satışa sunulan kaşar peynirlerinde olası Aflatoksin M₁ varlığının HPLC metodu ile belirlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Çinicioğlu, S. (2017). *Erzurum İline Ait Geleneksel Küflü Peynirlerinde Total Aflatoksin ve Aflatoksin M₁ Varlığının Araştırılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Çoksöyler, N., (1999). Farklı yöntemlerle kurutulan kırmızı biberlerde *Aspergillus flavus* gelişimi ve aflatoksin oluşumunun incelenmesi, *Gıda*. 24(5): 297-306.

Çolak, H., Bingöl, E. B., Hampikyan, H., & Nazlı, B. (2006). Determination of aflatoxin contamination in red-scaled, red and black pepper by ELISA and HPLC. *Journal of Food and Drug Analysis*, 14(3), 292-296.

Çoşkun, F., & Çotra, Y. (2019). İstanbul İlinde Satışa Sunulan Domates Salçalarında Sorbik Asit ve Benzoik Asit Varlığı. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(2), 67-78.

Deligöz, E. (2017). *Kars İlinden Toplanan Çiğ Sütlerde Aflatoksin M₁ Miktarının Araştırılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Kafkas Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kars.

Demircioğlu, S., & Filazi, A. (2010). Türkiye’de Üretilen Kırmızı Biberlerde Aflatoksin Kalıntılarının Araştırılması. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 81(2), 63-66.

Deveci, O. (2007). Changes in the concentration of aflatoxin M₁ during manufacture and storage of White Pickled cheese. *Food Control*, 18(9), 1103-1107.

- Diler, F. B.** (2019). *Bursa’da tüketime sunulan çiğ ve pastörize süt örneklerinde aflatoksin M₁ kontaminasyonunun değerlendirilmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Dinçoğlu, A. H., & Karaçal, F.** (2006). İzmit Bölgesinden Elde Edilen Çeşitli Baharat Türlerindeki Aflatoksin Düzeylerinin Saptanması. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Djuric, Z., & Powell, L. C.** (2001). Antioxidant capacity of lycopene-containing foods. *International journal of food sciences and nutrition*, 52(2), 143-149.
- Dokuzlu, C.** (2001). Kırmızı toz biberlerde aflatoksin. *Journal of Research in Veterinary Medicine*, 20, 19-23.
- Doyle, M. P., Applebaum, R. S., Brackett, R. E., & Marth, E. H.** (1982). Physical, chemical and biological degradation of mycotoxins in foods and agricultural commodities. *Journal of Food Protection*, 45(10), 964-971.
- Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G., & Grolier, P.** (2003). Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(5), 369-382.
- Durmuş, M., Yetgin, Ö., Abed, M. M., Haji, E. K., & Akçay, K.** (2018). Domates Bitkisi, Besin İçeriği ve Sağlık Açısından Değerlendirmesi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 1(2), 59-74.
- Düzel, A.** (2016). *Piyasada Hazır Halde Satılan Pul Biberdeki Aflatoksin B₁ Miktarının Amonyak İle Azaltılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Ekici, G.** (2018). *Determination of Aflatoxin Levels and Microfungal Flora in Unpacked Red Pepper Samples in Istanbul Province*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Yeditepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eraslan, Z.** (2017). *Zeytin Yaprağı Ekstrakt Kullanımının Biber Salçalarındaki Kalite Değişimi Üzerine Etkisi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmaniye.
- Erdoğan, A.** (2004). The aflatoxin contamination of some pepper types sold in Turkey. *Chemosphere*, 56(4), 321-325.

- Erdoğan, B.** (2013). *Kırmızı Biber Salçası Üretimi Süresince Antioksidan Özelliklerdeki Değişim*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Erdoğan, A.Ö.** (2014). *Kapya Biberinde Bazı Hasat Sonrası Uygulamaların Depolama Kalitesine Etkileri*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Erge, H. S.** (2007). Domateste (*Lycopersicum esculentum*) karotenoid madde dağılımı ve antioksidant aktivite. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erol, İ.** (2007). *Gıda Hijyeni ve Mikrobiyolojisi*. Pozitif matbaacılık. Ankara.
- Escobedo- Avellaneda, Z., Pérez- Pérez, M. C., Bárcenas- Pozos, M. E., & Welti-Chanes, J.** (2011). Moisture adsorption isotherms of freeze- dried and air- dried Mexican red sauce. *Journal of Food Process Engineering*, 34(6), 1931-1945.
- Fallah, A. A., Jafari, T., Fallah, A., & Rahnama, M.** (2009). Determination of aflatoxin M₁ levels in Iranian white and cream cheese. *Food and chemical toxicology*, 47(8), 1872-1875.
- Farkhondeh Hal, A.** (2014). *Erzurum'da Açıkta Satılan Bazı Kurutulmuş Meyveler Üzerinde Gelişen Aflatoksin Üretici Mikrofungusların Araştırılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Gama, J. J. T., Tadiotti, A. C., & Sylos, C. M.** (2009). Comparison of carotenoid content in tomato, tomato pulp and ketchup by liquid chromatography. *Alimentos e nutricao Araraquara*, 17(4), 353-358.
- Gamli, Ö. F., Eraslan, Z., & Akben, S. B.** (2018). Determination of the protective effects of olive leaf extracts on microbiological and physicochemical properties of pepper paste using the image processing methods. *Journal of Food Process Engineering*, 41(7), e12861.
- Geng, X., Wang, N., Gao, Y., Ning, H., & Guan, Y.** (2018). A novel HPLC flow cell integrated UV light emitting diode induced fluorescence detector as alternative for sensitive determination of aflatoxins. *Analytica chimica acta*, 1033, 81-86.
- Giovanelli, G., & Lavelli, V.** (2002). Evaluation of heat and oxidative damage during storage of processed tomato products. I. Study of heat damage indices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(11), 1263-1267.

Giray, B., Girgin, G., Engin, A. B., Aydın, S., & Sahin, G. (2007). Aflatoxin levels in wheat samples consumed in some regions of Turkey. *Food control*, 18(1), 23-29.

Girgin, G., Başaran, N., & Şahin, G. (2001). Dünyada ve Türkiye’de İnsan Sağlığını Tehdit Eden Mikotoksinler. *Deneyisel Biyoloji Dergisi*, 97.

Gogus, F., Ozel, M. Z., Keskin, H., Yanık, D. K., & Lewis, A. C. (2015). Volatiles of fresh and commercial sweet red pepper pastes: processing methods and microwave assisted extraction. *International Journal of Food Properties*, 18(8), 1625-1634.

Güley, Z. (2008). *Investigation of effects of some lactic acid bacteria isolated from naturally produced mouldy cheese on aflatoxin M₁ and aflatoxin B₁*. (Ph. D. Thesis). Ege University Institute of Science and Technology, Izmir.

Günaydın, Ş. (2018). *Farklı besiyeri ortamlarında şelat ajanlarının kullanımıyla aspergillus flavus gelişimi ve aflatoksin üretiminin önlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Günşen, U., & Büyükyörük, İ. (2003). Piyasadan temin edilen taze kaşar peynirlerinin bakteriyolojik kaliteleri ile aflatoksin M₁ düzeylerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27, 821-825.

Güntekin, S. (2007). *Tüketime Sunulan Kırmızı Pul Biberlerde Aflatoksin B₁ Miktarının ELISA Yöntemi ile Araştırılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Gürhayta, O., & Çağındı, Ö. (2015). Kurutulmuş meyvelerde aflatoksin ve okratoksin a varlığının ve sağlık üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 327-338.

Hacıbekiroğlu, I. (2013). *Gıda Örneklerinde Aflatoksin (G1, G2, B1, B2) ve Okratoksin A'nın HPLC Metot Validasyonu ve Miktar Tayinleri*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Halkman A.K. (2013). *Gıda Mikrobiyolojisi II Ders Notları*. Ankara Üniversitesi. Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü.

Harrigan WF. (1998). *Laboratory Methods in Food Microbiology, Third Edition*. Academic Press, London, s. 217-219.

- Hazır, Z., & Çoksöyler, N.** (1998). Farklı bölgelerde ve farklı yöntemlerle elde edilen kırmızıbiberlerde aflatoksin düzeyleri. *Gıda Mühendisliği Kongre ve Sergisi*, Gaziantep, 479-483; 16-18.
- Hell, K., Gnonlonfin, B. G. J., Kodjogbe, G., Lamboni, Y., & Abdourhamane, I. K.** (2009). Mycoflora and occurrence of aflatoxin in dried vegetables in Benin, Mali and Togo, West Africa. *International journal of food microbiology*, 135(2), 99-104.
- Hobson, G., & Grierson, D.** (1996). *Tomato, Biochemistry of Fruit Ripening*. Seymour, G.B., Taylor, J.E. and Tucker, G.A. (Eds.), Chapman and Hall, London, 403-414.
- Hussein, H. S., & Brasel, J. M.** (2001). Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, 167(2), 101-134.
- İşleyici, Ö., Sancak, Y. C., & Morul, F.** (2011). Divle tulum peynirinde aflatoksin M₁ düzeyi üzerine bir araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22(2), 105-110.
- İzgi, C.** (2012). *Farklı Kurutma Metotlarının Domatesteki Likopen Miktarına Etkisi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Jarwis, B.** (1998). Comparison of an improved rose-bengal chlortetracycline agar with other media for the selective isolation and enumeration of moulds and yeasts in food. *J. Appl. Bacteriol*, 36, 723-727.
- Kabak, B., & Var, I.** (2006). *Ülkemiz açısından sorun olan mikotoksinler ve riskli gıda maddeleri*. Türkiye, 9. Gıda Kongresi, 25-26 Mayıs, Bolu.
- Kadalkal, Ç., Poyrazoğlu, E., Yemiş, O., Artık, N.** (2001). Kırmızıbiberlerde Acılık ve Renk Bileşikleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7 (3) , 359-366.
- Kalyoncu, F.** (2001). *Manisa İli'nde Yetiştirilen Lycopersicum Esculentum Miller Meyvelerinin ve Bu Meyvelerin İşlenmesi Sonucu Elde Edilen Salçaların Küf Folorası Yönünden İncelenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Kanbur, M., Liman, B. C., Eraslan, G., & Altınordulu, Ş.** (2006). Kayseri'de Tüketime Sunulan Kırmızı Biberlerde Aflatoksin B₁'in Enzim İmmunoassay (EIA) ile Kantitatif Analizi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 3(1), 21-24.

- Karapınar, H. S.** (2013). *Bazı gıdaların aflatoksin içeriğinin HPLC metodu ile tayini* (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.
- Kaya, C., Kirkin, F., & Esin, Y.** (2013). Ticari Domates Salçalarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *Academic Food Journal/Akademik Gıda*, 11(2).
- Kireççi, E., Savaşçı, M., & Ayyıldız, A.** (2007). Sarıkamış'ta Tüketilen Süt ve Peynir Ürünlerinde Aflatoksin M₁ Varlığının Belirlenmesi. *İnfeksiyon Dergisi (Turkish Journal of Infection)*, 21(2), 93-96.
- Kirkin, F.** (2013). *Ticari Olarak Üretilen Bazı Domates Salçalarının Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Kos, J., Janić Hajnal, E., Šarić, B., Jovanov, P., Mandić, A., Đuragić, O., & Kokić, B.** (2018). Aflatoxins in maize harvested in the Republic of Serbia over the period 2012–2016. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 11(4), 246-255.
- Kök, Z.** (2006). *Aydın ili ve çevresinde üretilen süt ve süt ürünlerinde aflatoksin varlığının araştırılması*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Kuleaşan, H., & Okur, M.** (2012). Industrial production of traditional red pepper paste and prevention of spoilage during storage. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2 Part 1), 241-246.
- Kumar, V., Basu, M. S., & Rajendran, T. P.** (2008). Mycotoxin research and mycoflora in some commercially important agricultural commodities. *Crop protection*, 27(6), 891-905.
- Lee, D. S., Jang, J. D., & Hwang, Y. I.** (2002). The effects of using packaging films with different permeabilities on the quality of Korean fermented red pepper paste. *International journal of food science & technology*, 37(3), 255-261.
- Li, Z., Dong, L., Huang, Q., & Wang, X.** (2016). Bacterial communities and volatile compounds in Doubanjiang, a Chinese traditional red pepper paste. *Journal of Applied Microbiology*, 120(6), 1585-1594.
- Li, Z., Dong, L., Jeon, J., Kwon, S. Y., Zhao, C., & Baek, H. H.** (2019). Characterization and evaluation of aroma quality in doubanjiang, a Chinese traditional fermented red pepper paste, using aroma extract dilution analysis and a sensory profile. *Molecules*, 24(17), 3107.

- Luo, X., Wang, R., Wang, L., Li, Y., Wang, Y., & Chen, Z.** (2014). Detoxification of aflatoxin in corn flour by ozone. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(11), 2253-2258.
- Maciel, L. F., Felício, A. L. D. S. M., Miranda, L. C. R., Pires, T. C., Bispo, E. D. S., & Hirooka, E. Y.** (2018). Aflatoxins and ochratoxin A in different cocoa clones (*Theobroma cacao* L.) developed in the southern region of Bahia, Brazil. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35(1), 134-143.
- Magan, N., Hope, R., Cairns, V., & Aldred, D.** (2003). *Post-harvest fungal ecology: impact of fungal growth and mycotoxin accumulation in stored grain. In Epidemiology of Mycotoxin Producing Fungi.* Springer, Dordrecht, s. 723-730.
- Makaracı, A.** (2006). *Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kırmızıbiberlerde Aflatoksin Oluşumu Üzerine Etkisi.* (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trakya.
- Mammadova, K.** (2018). *Azerbaycan'da Üretilen Motal Peynirinde Aflatoksin M₁ Seviyesinin Araştırılması.* (Yayınlanmış Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Manzo, N., Santini, A., Pizzolongo, F., Aiello, A., & Romano, R.** (2019). Degradation kinetic (D100) of lycopene during the thermal treatment of concentrated tomato paste. *Natural Product Research*, 33(13), 1835-1841.
- Mariutti, Lilian Regina Barros, and Lucia Maria Valente Soares.** (2009). Survey of aflatoxins in tomato products. *Food Science and Technology* 29, no. 2, 431-434.
- Meçik, N.** (2007). *Kuru incirde aflatoksin varlığının belirlenmesi.* (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mohammed, S., Munissi, J. J., & Nyandoro, S. S.** (2018). Aflatoxins in sunflower seeds and unrefined sunflower oils from Singida, Tanzania. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 11(3), 161-166.
- Mousavi Khaneghah, A., Eş, I., Raeisi, S., & Fakhri, Y.** (2018). Aflatoxins in cereals: state of the art. *Journal of Food Safety*, 38(6), e12532.
- Neeff, D. V. D., Carão, A. C. D. P., Gonçalves, B. L., Bordin, K., Corassin, C. H., Ledoux, D. R., & Oliveira, C. A. F. D.** (2018). Natural antioxidants as detoxifying agents for aflatoxins in animal feed. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 18(2), 281-295.

- Oğuzkan, S. B., Merve, C. A. N., Kılıç, H. İ., İbrahim Uğraş, H., & Özaslan, M.** (2018). Güneydoğu anadolu bölgesinde yetişen yeşil acı biberlerdeki kapsaisin DNA koruyuculuğu üzerine etkisi. *Tarım ve Doga Dergisi*, 21(1), 26.
- Ok, M. T.** (2019). *Süt Bazlı İnfant Formülalarında Aflatoksin M₁ Düzeyinin Belirlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Okur, M.** (2011). *Biber salçası üretiminde ve sonrasında sorun oluşturan mikroorganizmaların tespit edilmesi ve bu sorunların giderilme yöntemlerinin belirlenmesi*, (Yayınlanmış Doktora Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Oruç, H. H.** (2005). Mikotoksinler ve tanı yöntemleri. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(1-2-3-4), 105-110.
- Öksüztepe, G., & Erkan, S.** (2016). Mikotoksinler ve Halk Sağlığı Açısından Önemi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 5(2), 190-195.
- Öner, L.** (2018). *Üretim ve Saklanmalarında Farklılık Gösteren Biber ve Domates Salçalarında Aflatoksin Miktarlarının Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi ve Elisa Yöntemleri ile Tayini*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özakça, S.** (2014). *Kırmızı Pul Biberlerde Aflatoksin ve Okratoksin A Varlığının İncelenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özbahçe, A., & Padem, H.** (2007). Üstün Verim ve Teknolojik Özelliklere Sahip Bazı Salçalık Domates Çeşitlerinin Isparta Koşullarına Uygunluğunun Belirlenmesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 128-133.
- Özer, N.** (2013). *Domates (Salça) Endüstrisi Atıklarından Bazı Antioksidan Bileşiklerin Derişiklendirilmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özgören, E.** (2012). *Türkiye’de Ticari Ölçekte Üretilen Bazı Küflü Peynirlerin Toplam Aflatoksin, Aflatoksin M₁ ve Okratoksin A Düzeylerinin Belirlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.

Özkalp, B. (1992). *Konya ve çevresinde üretilen küflü peynirlerde küf florası ve mikrotoksinlerin (B_1 B_2 G_2 ve penisilik asit) araştırılması.* (Yayınlanmış Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Özkavalalı, Ö. (2010). *Antimikrobiyal aktivitesi olan bazı bitkilerin gıda konservelerinin korunmasında kullanımı.* (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Özkaya, Ş., & Temiz, A. (2003). Aflatoksinler: Kimyasal yapıları, toksisiteleri ve detoksifikasyonları. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(01), 1-2.

Özmenteşe, N. (2002). *İstanbul piyasasından sağlanan süt ve süt ürünlerinin aflatoksin B_1 ve M_1 içerikleri yönünden yüksek basınçlı sıvı kromatografisi yöntemi ile araştırılması.* (Yayınlanmış Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Özpala, A. (2006). *Aydın Yöresi Kuru İncirlerinde Aflatoksin Tayini ve Yöntemlerin Karşılaştırılması.* (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

Özsunar, A. (2005). *Trakya bölgesinde üretilen inek sütlerinde aflatoksin M_1 varlığı.* (Doktora Tezi). Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Pankaj, S. K., Shi, H., & Keener, K. M. (2018). A review of novel physical and chemical decontamination technologies for aflatoxin in food. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 73-83.

Peng, Z., Chen, L., Zhu, Y., Huang, Y., Hu, X., Wu, Q., & Yang, W. (2018). Current major degradation methods for aflatoxins: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 155-166.

Polat, N. (2012). *Erzurum İlindeki Bazı Süt Sığırtı İşletmelerinde Kullanılan Kaba, Konsantre ve Karma Yemlerde Total Aflatoksin, Aflatoksin B_1 ve Okratoksin ile Sütte Aflatoksin M_1 Düzeylerinin Tespiti.* (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Ponzilacqua, B., Corassin, C. H., & Oliveira, C. A. F. (2018). Antifungal Activity and Detoxification of Aflatoxins by Plant Extracts: Potential for Food Applications. *The Open Food Science Journal*, 10(1).

- Radoi, A., Targa, M., Prieto-Simon, B., & Marty, J. L.** (2008). Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) based on superparamagnetic nanoparticles for aflatoxin M₁ detection. *Talanta*, 77(1), 138-143.
- Reddy, S. V., Kiran Mayi, D., Uma Reddy, M., Thirumala-Devi, K., & Reddy, D. V. R.** (2001). Aflatoxins B₁ in different grades of chillies (*Capsicum annum L.*) in India as determined by indirect competitive-ELISA. *Food additives & contaminants*, 18(6), 553-558.
- Richard, J. L.** (2007). Some major mycotoxins and their mycotoxicoses-An overview. *International journal of food microbiology*, 119(1-2), 3-10.
- Sabuncuoğlu, S.A., Baydar, T., Giray, B., Şahin, G.** (2008). Mikotoksinler: toksik etkileri, degradasyonları, oluşumlarının önlenmesi ve zararlı etkilerinin azaltılması. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 28(1): 63-92.
- Samarajeewa, U., Sen, A. C., Cohen, M. D., & Wei, C. I.** (1990). Detoxification of aflatoxins in foods and feeds by physical and chemical methods. *Journal of food protection*, 53(6), 489-501.
- Sayin, K., & Arslan, D.** (2015). Antioxidant properties, ascorbic acid and total carotenoid values of sweet and hot red pepper paste: a traditional food in turkish diet. *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 9(7), 834-837.
- Sekin, Y., Bağdathoğlu, N., & Kırdinli, Ö.** (2005). Domates konservesi üretiminde çeşitli faktörlerin likopen niceliğine etkisi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 7-14.
- Söğüt, Z., İlten, N., & Oktay, Z.** (2011). Bir Salça Fabrikasında Enerji Taramasına Bağlı Enerji Tasarruf Potansiyelinin İncelenmesi. *6th International Advanced Technologies*.
- Sönmez, K., & Ellialtıoğlu, Ş.** (2014). Domates, karotenoidler ve bunları etkileyen faktörler üzerine bir inceleme. *Derim*, 31(2), 107-130.
- Sözen İbek, G.** (2019). *Aflatoksin M₁ Tayinine Yönelik Elektrokimyasal İmmünoensör Geliştirilmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Şeker, A.** (2018). *Bazı Biber (Capsicum annum L.) Çeşitlerinin Ssr Markerlar ile Moleküler Karakterizasyonu*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Tahir, N. I., Hussain, S., Javed, M., Rehman, H., Shahzady, T. G., Parveen, B., & Ali, K. G.** (2018). Nature of aflatoxins: Their extraction, analysis, and control. *Journal of Food Safety*, 38(6), e12561.
- Taydış, E. E., & Aşkın, O.** (1995). Kırmızıbiberlerde aflatoksin oluşumu. *Gıda*, 20(1).
- Timbrell, J. A.** (1998). Biomarkers in toxicology. *Toxicology*, 129(1), 1-12.
- Tiryaki, O., Seçer, E., & Temur, C.** (2011). Yemlerde mikotoksin oluşumu, toksisiteleri ve mikotoksin kalıntı analizleri. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 44-58.
- Toker, A., & Hayoğlu, İ. A.** (2004). Şanlıurfa yöresi gün pekmezlerinin üretim tekniği ve bazı fiziksel-kimyasal özellikleri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2), 67-73.
- Tufan, C.** (2013). *Aseptik Torba Ambalajlı Domates Salçasının Depolama Sırasındaki Kalite Değişimi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tunail, N.** (2000). *Funguslar ve Mikotoksinler*, Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, Genişletilmiş 2. Baskı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü yayını. Sim Matbaası, Ankara, s. 522.
- Türkoğlu, Ç.** (2018). *Çiğ, Pastörize ve Uht Sütlerde Aflatoksin M₁ ile Okratoksin A Varlığının Araştırılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Burdur.
- Türüt, N.** (2016). *Domates İşleme Teknolojilerinin Likopen Üzerine Etkisinin Araştırılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uluçay, B.** (2016). *Iğdır ve Yöresinde Üretilen Sütlerin Bazı Kimyasal Özellikleri ve Aflatoksin M₁ Miktarının Belirlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Iğdır.
- Uylaşer, V.** (1996). *Salça Üretim Aşamalarına Göre Bakteri ve Maya Florasındaki Değişim ve Bozulmadaki Etkileri Üzerinde Araştırmalar*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

- Uzel, R. A.** (2017). Alternative Methods To Preserve Sweet Red Pepper Paste Quality: Effect Of Temperature And Protective Agents. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, 18(3), 695-704.
- Ünlütürk, A. & Turantaş, F.** (2015a). *Gıda Mikrobiyolojisi*. 4. Baskı. Meta Basım, İzmir.
- Var, I., Kabak, B., & Özkarslı, M.** (2004). Mikotoksin Aranmasında Kullanılan Analiz Yöntemleri. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, Cilt: 02 Sayı:11, s. 1-11.
- Wangikar, P., Dwivedi, P., Sinha, N., Sharma, A. K., & Telang, A. G.** (2005). Teratogenic effects in rabbits of simultaneous exposure to ochratoxin A and aflatoxin B₁ with special reference to microscopic effects. *Toxicology*, 215(1-2), 37-47.
- Wu, F., & Khlangwiset, P.** (2010). Health economic impacts and cost-effectiveness of aflatoxin-reduction strategies in Africa: case studies in biocontrol and post-harvest interventions. *Food Additives and Contaminants*, 27(4), 496-509.
- Wu, Q., Jezkova, A., Yuan, Z., Pavlikova, L., Dohnal, V., & Kuca, K.** (2009). Biological degradation of aflatoxins. *Drug metabolism reviews*, 41(1), 1-7.
- Wu, Q., Xie, L., & Xu, H.** (2018). Determination of toxigenic fungi and aflatoxins in nuts and dried fruits using imaging and spectroscopic techniques. *Food chemistry*, 252, 228-242.
- Yapar, K., Elmalı, M., Kart, A., & Yaman, H.** (2008). Aflatoxin M₁ levels in different type of cheese products produced in Turkey. *Medycyna Weterynaryjna*, 64(1), 53-55.
- Yapar, N.** (2015). *Kırmızıbiberlerde Aspergillus Flavus'un Gelişimi, Aflatoksin Üretimi ve Biyosentez Yolundaki Bazı Genlerin Ekspresyon Düzeyleri Üzerine, Su Aktivitesi, Sıcaklık ve Zamanın Etkisinin Modellenmesi*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Yassıhüyük, N.** (2012). *Kurutulmuş Domates, Kurutulmuş Biber ve Biber Salçasında Ergosterol ve Patulin Düzeyi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Yentür, G., Onurdag, F. K., Er, B., & Demirhan, B.** (2012). Investigation of aflatoxin B₁ levels in red pepper and products consumed in Ankara. *Turkish Journal Of Pharmaceutical Sciences*, 9(3), 293-300.
- Yentür, G., & Er, B.** (2011). Gıdalarda aflatoksin varlığının değerlendirilmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(1), 41-52.

Yıldız, H. (2020). *Farklı Üretim Teknikleri İle Üretilen Domates Sularının Bazı Kimyasal ve Antioksidan Özelliklerinin Raf Ömrü Boyunca Karşılaştırılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Yıldız, H., & Baysal, T. (2005). Domates salçası üretiminde verim ve kaliteyi yükseltmeye yönelik bazı yeni uygulamalar. *Gıda*, 30(1), 3-8.

Yörükoğlu, T. (2016). *Kırmızıbiberden İsoot Yapım Aşamalarının Aflatoksin Parçalanması Üzerine Etkisinin Araştırılması*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Yücel, M. (2019). *Aflatoksin M₁'in (AFM₁) Laktik Asit Bakterileri Tarafından Bağlanması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

Zahra, N., Khan, M., Mehmood, Z., Saeed, M. K., Kalim, I., Ahmad, I., & Malik, K. A. (2018). Determination of Aflatoxins in Spices and Dried Fruits. *Journal of Scientific Research*, 10(3), 315-321.

EKLER

EK – 1 Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği Aflatoksin Limitleri.

2.1.	Gıda ⁽¹⁾	Maksimum Limit (µg/kg)		
	AFLATOKSİN	B ₁	B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	M ₁
2.1.1.	Yer fıstığı ve diğer yağlı tohumlar (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan) - Rafine bitkisel yağ üretiminde kullanılacak yerfıstığı ve diğer yağlı tohumlar hariç	8 ⁽⁴⁾	15 ⁽⁶⁾	-
2.1.2.	Badem, Antepfıstığı ve kayısı çekirdeği (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan)	12 ⁽⁶⁾	15 ⁽⁶⁾	-
2.1.3.	Fındık ve Brezilya fındığı (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan) - Rafine bitkisel yağ üretiminde kullanılacak olan fındık hariç	8 ⁽⁶⁾	15 ⁽⁶⁾	-
2.1.4.	Sert kabuklu meyveler (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan)	8 ⁽⁶⁾	15 ⁽⁶⁾	-
2.1.5.	Yerfıstığı, diğer yağlı tohumlar ⁽⁵⁾ ve bunların işlenmiş ürünleri (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan) - Rafine edilecek bitkisel ham yağ ve rafine bitkisel yağ hariç	5 ⁽⁶⁾	10 ⁽⁶⁾	-
2.1.6.	Badem, Antepfıstığı ve kayısı çekirdeği (doğrudan insan tüketimine sunulan eya gıda bileşeni olarak kullanılan)	8 ⁽⁶⁾	10 ⁽⁶⁾	-
2.1.7.	Fındık ve Brezilya fındığı ⁽⁷⁾ (doğrudan insan tüketimine sunulan eya gıda bileşeni olarak kullanılan) - Rafine bitkisel yağ üretiminde kullanılacak olan fındık hariç	5 ⁽⁶⁾	10 ⁽⁶⁾	-
2.1.8.	Sert kabuklu meyveler ve bunların işlenmiş ürünleri (Bölüm 2.1.6 ve 2.1.7’de belirtilenler hariç) (doğrudan insan tüketimine sunulan eya gıda bileşeni olarak kullanılan)	5 ⁽⁶⁾	10 ⁽⁶⁾	-
2.1.9.	Kurutulmuş meyveler (doğrudan insan tüketimine sunulan eya gıda bileşeni olarak kullanılan)	8	10	-
2.1.10.	Tahıllar, bunlardan elde edilen ürünler ve bunların işlenmiş ürünleri (Bölüm 2.1.11, 2.1.12 ve 2.1.16’da belirtilenler hariç)	2	4	-

2.1.11.	Mısır ve pirinç (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan)	5	10	-
2.1.12.	Çiğ süt ⁽⁸⁾ , ısıtılmış süt, süt bazlı ürünlerin üretiminde kullanılan süt	-	-	0,5
2.1.13.	Baharatların aşağıdaki türleri için, - Kırmızıbiber (<i>Capsicum</i> spp.) (bunların kurutulmuş meyveleri, tüm ve öğütülmüş halleri dahil) - Karabiber (<i>Piper</i> spp.) (bunların kurutulmuş meyveleri, akbiber ve karabiber dahil) - Hintceviz/Muskar (<i>Myristica fragrans</i>) - Zencefil (<i>Zingiber officinale</i>) - Zerdeçal (<i>Curcuma longa</i>) - Bunların bir veya birkaçını içeren karışım baharat	5	10	-
2.1.14.	Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları ⁽³⁾ , ⁽⁹⁾	0,10	-	-
2.1.15.	Bebek formülleri ve devam formülleri ⁽⁴⁾ , ⁽¹⁰⁾ (bebek sütleri ve devam sütleri dahil)	-	-	0,025
2.1.16.	Bebekler için özel tıbbi amaçlı diyet gıdalar ⁽¹¹⁾ , ⁽¹²⁾	0,10	-	0,025

⁽¹⁾ Meyve, sebze ve hububat için Türk Gıda Kodeksi – Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliğinde yer alan sınıflandırma esas alınır. Buna göre; karabuğday (*Fagopyrum* spp) hububat ve karabuğdaydan elde edilen ürünler ise hububat ürünleri kapsamında değerlendirilir. Meyveler için belirlenen maksimum limitler sert kabuklu meyveleri kapsamaz.

⁽³⁾ Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları ilgili mevzuatında tanımlanan ürünleri kapsar.

⁽⁴⁾ Maksimum limit; üretici tarafından beyan edilen kullanım talimatına göre hazırlanan veya doğrudan tüketime hazır olarak piyasaya arz edilen ürünler için geçerlidir.

⁽⁵⁾ GTİP 1201, 1202, 1203, 1204, 1205, 1206, 1207 kapsamındaki yağlı tohumları ve GTİP 1208'den üretilen ürünler; GTİP 1207 99 kavun tohumu hariç.

⁽⁶⁾ Maksimum limit; yerfıstığı ve sert kabuklu meyvelerin yenilebilir kısımlarına uygulanır. Yerfıstığı ve sert kabuklu meyveler kabuklarıyla analiz edilirse Brezilya fıstığı hariç aflatoksin miktarı hesaplanırken tüm bulaşanların yenilebilir kısım üzerinde olduğu kabul edilir.

⁽⁷⁾ İşlenmiş ürünlerin tamamı veya hemen hemen tamamı bahse konu sert kabuklu meyvelerden üretiliyorsa bu sert kabuklu meyveler için belirlenen maksimum limit; işlenmiş ürünü için de kullanılır. Aksi halde 6. Maddenin birinci, ikinci ve üçüncü fıkraları uygulanır.

⁽⁸⁾ Hayvansal Gıdalar için Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliğinde tanımlanan ürünleri kapsar.

⁽⁹⁾ Maksimum limit; kuru madde üzerinden geçerlidir. Kuru madde, mikotoksin limitlerinin resmi kontrolü için gıdalardan numune alma, numune hazırlama ve analiz metodu kriterleri ilgili mevzuatında belirtilen şekilde hesaplanır.

⁽¹⁰⁾ Bebek formülleri ve devam formülleri ilgili mevzuatında tanımlanan ürünleri kapsar.

⁽¹¹⁾ Özel tıbbi amaçlı diyet gıdaları ilgili mevzuatında tanımlanan ürünleri kapsar.

⁽¹²⁾ Maksimum limit; süt ve süt ürünleri için üretici tarafından beyan edilen kullanım talimatına göre hazırlanan veya doğrudan tüketime hazır olarak piyasaya arz edilen ürünlere uygulanırken süt ve süt ürünleri dışındaki ürünler için ise kuru madde üzerinden geçerlidir. Kuru madde, mikotoksin limitlerinin resmi kontrolü için gıdalardan numune alma, numune hazırlama ve analiz metodu kriterleri ilgili mevzuatında belirtilen şekilde hesaplanır.