

T.C
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN KIRMIZI BİBERLERDE
AFLATOKSİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ

Ayşe MAKARACI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

TEZ YÖNETİCİSİ
Yrd. Doç. Dr. Figen DAĞLIOĞLU

2006
TEKİRDAĞ

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN KIRMIZI BİBERLERDE
AFLATOKSİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ

Ayşe MAKARACI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu teztarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Figen DAĞLIOĞLU

Üye

Yrd. Doç. Dr. Fatma COŞKUN

Üye

Yrd. Doç. Dr. Serdar POLAT

ÖZET

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kırmızı Biberlerde Aflatoksin Oluşumu Üzerine Etkisi

Bu araştırmada, taze, tatlı kırmızı biberlerin kurutulmasında, üç farklı kurutma yöntemi ve her kurutma yöntemi için plesantalı ve plesantasız olmak üzere altı farklı değişkeni bulunan bir deneme planı uygulanmıştır. Kurutma yöntemleri; açık havada kurutma, fırında kurutma ve mikrodalga kurutmadır. Her kurutma yöntemi, plesantalı ve plesantasız olmak üzere iki şekilde uygulanmıştır. Bu araştırmada elde edilen örneklerde, % nem değerleri, renk değerleri, maya-küf sayıları, mezofilik sporlu bakteri sayıları ve aflatoksin miktarları ölçülerek, aflatoksin üretimine fırsat vermeyen kurutma yöntemini tespit etmek amaçlanmıştır.

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kırmızı biberlerde nem oranları % 10,7 ile %13,8 arasında değişmiştir.

Mikrodalga kurutulan biberlerde renk bozularak soluk kahverengimsi bir hal almıştır. En iyi renk değerleri açık havada hem plesantalı ve hem de plesantasız olarak kurutulan örnekler ile fırında plesantasız olarak kurutulan örneklerde gözlenmiştir.

Yapılan mikrobiyolojik analizlerde, maya ve küf sayısı açık havada kurutulanlarda en yüksek miktarda iken mikrodalga kurutmada hiç maya ve küf gelişimi gözlenmemiştir. Kurutmanın plesantalı olarak yapılmasının maya ve küf yükünü %68,8 oranında azalttığı saptanmıştır. İstatistiksel analizler de bunu doğrulamaktadır. Mezofilik sporlu bakteri sayılarında kurutma yöntemleri arasında belirgin bir farklılık saptanmamıştır. Kurutulan biberlerin plesantalı yada plesantasız olmasının da mezofilik sporlu bakteri sayılarında belirgin bir farklılık yaratmadığı görülmüştür.

Hiçbir kurutma yönteminde aflatoksin varlığı tespit edilmemiştir. Açık havada hem plesantalı hem de plesantasız olarak kurutulanlar ile fırında plesantasız kurutulanlarda küf gelişimi gözlemlendiği halde, aflatoksin oluşturmaları saptanmıştır.

Sonuç olarak, renk kriterleri ve küf sayıları dikkate alındığında fırında plesantasız olarak kurutma en uygun kurutma yöntemi olarak kabul edilebilir.

SUMMARY

Effect of Three Different Drying Methods on Aflatoxin Formation in Dried Red Peppers

This research is practiced with six variables. Fresh, sweet, red peppers are dried with three different drying methods. Each drying method practised twice, peppers with plesanta and peppers without plesanta. Drying methods are: Natural air drying in the open areas, oven drying, microwave drying. Aim of the research is to determine the drying method, which doesn't permit the aflatoxin formation by measuring the moisture content, colour values, mold-yeast counts, spores of mesophilic bacteria counts and the aflatoxin amounts of the dried red pepper samples.

Moisture content of peppers with different drying methods changed between 10,7%-13%.

Discoloration occurred in microwave drying peppers and, the colour became pale brownish. The best colour is observed in natural air dried peppers, both with plesanta and without plesanta and in oven dried peppers without plesanta.

Microbiological analysis showed that, while mold-yeast count had the highest number in natural air dried peppers, no mold-yeast formation is observed in microwave dried peppers. If drying is done for peppers with plesanta, mold number could be cut down by 68,8%. Statistical results also approve this conclusion. No significant difference was observed in the number of mesophilic bacteria in spor formation between the three different drying methods. For peppers, having plesanta or without plesanta also doesn't have any significant difference in the number of mesophilic bacteria in spor formation.

None of the drying methods had aflatoxin formation. Even though, natural air drying both, with plesanta and without plesanta and oven dried without plesanta had mold-yeast counts, these molds didn't produce aflatoxins.

Based on the results of color values and mold-yeast counts, we can say that oven drying without plesanta is the best drying method of all.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
SUMMARY.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
TABLO LİSTESİ.....	v
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL ve METOD.....	9
3.1. Materyal.....	9
3.2. Metod.....	9
3.2.1. Biberlere uygulanan ön işlemler.....	9
3.2.2. Biberlerin kurutulması işlemleri.....	9
3.2.3. Kurutulan biberlerin toz biber elde etmek amacıyla öğütülmesi.....	10
3.2.4. Öğütülmüş toz biberlerin paketlenip analizler için hazırlanması.....	11
3.2.5. Analiz yöntemleri.....	11
3.2.5.1.Kimyasal analizleri.....	11
3.2.5.1.1. Nem oranının belirlenmesi.....	11
3.2.5.1.2.Renk tayini.....	12
3.2.5.2. Mikrobiyolojik analizler.....	12
3.2.5.2.1.Direkt örneklerde kültürel methodla maya ve küf sayımı.....	12
3.2.5.2.2.Direkt örneklerde kültürel methodla mezofilik sporlu bakteri sayımı	13
3.2.5.2.3. HPLC yöntemiyle aflatoksin tayini.....	13
3.2.5.3.İstatistiksel analizler.....	14
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA.....	15
4.1. Kimyasal Analiz Sonuçları.....	15
4.1.1. Nem oranları.....	15

4.1.2. Renk değerleri.....	16
4.2. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları.....	18
4.2.1. Maya ve küf sayıları.....	18
4.2.2. Mezofilik sporlu bakteri sayıları.....	19
4.2.3. Aflatoksin miktarları.....	20
5. SONUÇ.....	21
KAYNAKLAR.....	23
ÖZGEÇMİŞ.....	24

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Toz Kırmızı Biberlerin Nem Oranları (%).....	15
Tablo 2. . Toz Kırmızı Biberlerin Renk Değerleri.....	16
Tablo 3. Toz Kırmızı Biberlerde Duyusal Renk Değerleri.....	17
Tablo 4. Toz kırmızı Biberlerin Maya ve Küf Sayıları (kob/g).....	18
Tablo 5. Mezofilik sporlu bakteri sayıları (kob/g).....	19

1.GİRİŞ

Bir küf metaboliti olan aflatoksinin tarım ürünlerindeki varlığı 1960'lerden beri bilinmektedir. O yıllardan günümüze kadar aflatoksinlerle ilgili pek çok araştırma yapılmış ve aflatoksinlerin toksik, kanserojenik ve mutajenik metabolitler olduğu kanıtlanmıştır. İnsan ve hayvanları bu metabolitlerin zararlarından korumak amacıyla dünya çapında, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde aflatoksin üst limitleri belirlenmiştir. İnsan gıdası ve hayvan yemi olarak tüketime sunulan tarım ürünlerinde bu limitler ölçüt olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle ihracatı ve ithalatı yapılan ürünler, aflatoksin varlığı yönünden titizlikle incelenmekte ve kabul edilen limitlerin üzerindeki miktarlarda aflatoksin varlığı tespit edilen ürünler ticari değerini kaybetmektedir. Bu da, büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Küflerin tarım ürünlerine bulaşması ve aflatoksinleri oluşturması ürün daha tarlada iken olabildiği gibi, hasatta, ürün işleme aşamalarında veya depolama sırasında da ortaya çıkabilmektedir.

Ülkemizde bol miktarda üretilen, ülkemiz insanları tarafından sevilerek, tüketilen ve ihracatı da yapılan kurutulmuş kırmızı biberler üzerine yapılan pek çok aflatoksin varlığı tespit çalışmalarının sonuçları, maalesef aflatoksin varlığının kurutulmuş kırmızı biberlerde büyük bir sorun olarak karşımıza çıktığını göstermektedir.

1992 yılında ülkemizde üretilen toplam 16136 ton kuru kırmızı biberin, 1696 tonu işlenmiş olmak üzere, 2155 tonu ihraç edilmiş ve yaklaşık 3 milyon dolar gelir elde edilmiştir. 1994 yılında Almanya'da Türkiye'den ithal edilen pul ve toz biberlerin %52'sinde limitlerin çok üzerinde aflatoksin tespit edilmesi üzerine, ihracatta sıkıntılar yaşanmıştır. 1994'te 2094 ton olan ihracat, 1995, 96 ve 97 yıllarında sırasıyla; 1036, 285 ve 313 tonlara kadar gerilemiştir. Öğütülmüş/işlenmiş kırmızı biberlerin ihracatındaki azalmanın 2000 yılına kadar devam ettiği görülmüştür (Özkaya vd.,2001).

İhracat, ülke ekonomisinin iyileşmesinde büyük öneme sahiptir. Kurutulmuş kırmızı biber ihracatı da, bu anlamda önemlidir. İhracatın gerçekleşebilmesi ise, diğer

tarım ürünlerinde de olduğu gibi, satın alan ülkelerin standartlarına uygun üretim yapılmasına bağlıdır. Teknolojik açıdan ileri seviyedeki Avrupa ülkeleri ve ABD, iyi donatılmış laboratuvarlarıyla tüm analizleri en iyi şekilde yapabilmekte ve ithal edecekleri ürünlerde var olan sorunları anında tespit edebilmektedirler. Alacakları ürünlerde saptayacakları, standartlarına uygunluk göstermeyen sonuçlar, yapacakları alımı iptal etmelerine sebep olduğu gibi, ülkemize olan güven duygusunun azalmasına ve bağlantılı olarak, ülkemizin tarım ürünleri ihracatının zayıflamasına sebep olacaktır. Ayrıca, kötü üretim koşulları sebebiyle, üretimin herhangi bir aşamasında küf kontaminasyonuna maruz kalan ve aflatoksin içeren kurutulmuş biberlerin iç piyasada tüketime sunulması, halkımızın sağlığı açısından da çok büyük tehlike arz etmektedir.

Ülkemizde pazara sunulmuş ürünlerde kimyasal ve mikrobiyolojik kontroller maalesef yeterince yapılamadığından, aflatoksin barındıran kurutulmuş kırmızı biberler işlenip pazara arz edildikten sonra, aflatoksin varlıklarının tespit edilip, imha edilmeleri pek mümkün değildir. Bunun için, gereken bütün önlemler üretim aşamasında alınmalı ve aflatoksin oluşumu engellenmelidir.

Geleneksel olarak kırmızı biber, güneş ışığında yere veya çatılara serilerek kurutulmakta idi. Ancak, böcek, kuş, mikroorganizma kontaminasyonu sonucu ürün kalitesinin düşmesi sebebiyle, zemin üzerinde kurutma yerine kırmızı biberleri iplere geçirip, asarak kurutma yöntemleri geliştirilmiştir. Daha sonraları bu metod da yerini yapay kurutma yöntemlerine bırakmıştır. Ancak, Anadolu'nun birçok yerinde bahsi geçen kurutma yöntemleri hala kullanılmaktadır (Charalambous, 1994).

Çoksöyler (1999), kırmızı biberin uygun olmayan üretim koşulları sebebiyle aflatoksin oluşumu için çok hassas bir ürün olduğunu belirtmiştir.

Hammaddenin, hasattan ürüne işlenmesine kadar geçen süreçte ve özellikle kırmızı biberin kurutulması aşamasında, küf kontaminasyonu ve buna bağlı olarak aflatoksin oluşumu, büyük bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

İnsan sağlığını tehdit eden ve ekonomik kayıplara sebep olan, kırmızı biberde aflatoksin varlığının önlenmesi yada en azından standartlarda belirtilen sınırların altına çekilebilmesi için, ciddi çalışmaların yapılması ve bu soruna çözüm yollarının bulunması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, sonbahar döneminde pazardan alınan yaş kırmızı biberler; yıkama, ayıklama ve parçalama ön işlem aşamalarından sonra, üç farklı kurutma

yöntemi kullanılarak kurutulmuş ve kurumuş kırmızı biberler toz kırmızı biber haline getirildikten sonra, elde edilen toz kırmızı biberlerde aflatoksin varlığı araştırılıp, aflatoksin oluşumuna fırsat vermeyen veya en az miktarda aflatoksin oluşumu ile sonuçlanan kurutma yöntemini tespit etmek amaçlanmıştır. Ayrıca her kurutma yöntemi için plesantalı ve plesantasız olmak üzere iki farklı kurutma yapılmış ve biberlerin plesantalı veya plesantasız oluşunun aflatoksin oluşumuna etkisinin olup olmadığı da araştırılmıştır.

2.LİTERATÜR ÖZETLERİ

Küflerin metabolizma faaliyetleri sonucu meydana gelen iz miktarda organik yapıdaki toksik maddelere mikotoksin, mikotoksinler ile kontamine olmuş gıdaları ve yemleri tüketen insan ve hayvanlarda meydana gelen hastalığa da mikotoksikozis adı verilir (Davis and Diener, 1978; Charles and Hurburgh,1995).

Mikotoksin kelimesi, Yunanca fungus anlamına gelen ‘mykes’ ve Latince zehir anlamına gelen ‘toxicon’ kelimelerinin birleşmesinden oluşmuştur. Mikotoksinler, küflerin ikincil (sekonder) metabolitleridir ve iz miktarlarda (ppm veya ppb seviyelerinde) meydana gelirler. Çok düşük miktarları bile insan sağlığını etkiler. Mikotoksinleri belirli küf cinsleri üretir ve her birinin ürettiği mikotoksin farklı yapıdadır (Charles and Hurburgh,1995).

Değişik birçok çeşit mikotoksinin içinden aflatoksinler, insan ve hayvan sağlığına olan zararlı etkilerinden dolayı en önemlileri olarak kabul edilmektedirler. Bu sebeple aflatoksinler, en çok bilinen ve üzerinde en çok araştırma yapılan mikotoksinlerdendir. Aflatoksinler, *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* grubu küf mantarları tarafından gıdaların üzerinde yada içinde üretilen, kuvvetli toksik, kanserojenik, mutajenik ve bağışıklık sistemini çökerten ikincil metabolitler olarak tanımlanabilirler (Reddy and Waliyar, 2000).

Tespit edilmiş onsekiz değişik tip aflatoksinin içinde aflatoksin B₁, B₂, G₁, ve G₂ en önemlileridir. Aflatoksin B₁(AFB₁), kültürlerin ve gıda maddelerinin içinde miktar olarak en fazla bulunandır. Saf AFB₁, soluk beyazdan parlak sarıya kadar değişebilen renkte, kokusuz, ve katıdır. Aflatoksinler, metanol, kloroform, aktan ve aktonitril içinde çözünebilirler. *A. parasiticus*, AFB₁ ve AFB₂’nin yanında AFG₁ ve AFG₂’de üretebildiği halde, *A. flavus* sadece AFB₁ ve AFB₂ üretmektedir. Bunların dışında diğer dört çeşit aflatoksin (M₁, M₂, B₂A, G₂A) çok düşük miktarlarda üretilir. Bunlar *A. flavus* ve *A. parasiticus* kültürlerinden sonradan izole edilmişlerdir. Aflatoksin GM₁, parasitikol, aflasitikol isimli birkaç bileşik de ayrıca *A. flavus* tarafından üretilmektedir.

AFM₁ ve AFM₂ aflatoksinle kontamine olmuş yem ile beslenen hayvanların sütlerinde bulunabilmektedir (Reddy and Waliyar, 2000).

Potansiyel toksik etkisi en fazla olan 6 çeşit aflatoksinin etkileri çoktan aza doğru, B₁ > M₁ > G₁ > B₂ > M₂ = G₂ şeklinde sıralanmaktadır (Jay, 1992).

Aspergillus flavus ve *Aspergillus parasiticus* izolatlarının %60'ı aflatoksin meydana getirmektedir. *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus flavus*'a göre daha sık toksin oluşturmaktadır (Eke, 1985).

Aspergillus flavus'un gelişimi ve aflatoksin oluşturabilmesi için, %85 nispi nem içeriği gereklidir (Sert, 1982). Davis ve Diener (1978)'e göre aflatoksin oluşumu için en düşük sıcaklık 12°C, optimum 27-30 °C ve en yüksek 40-42 °C'dir (Rose, 1979).

Ürünün fiziksel yapısının bozulması, küf gelişimi ve aflatoksin oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Ürünlere uygulanan depolama ve diğer işlemler de bulaşmayı kolaylaştırır. Besinlerin küflerle bulaşması sonucu aflatoksin 3-7 gün içinde oluşmaktadır. Depolanan her besin maddesinde özellikle yüksek karbonhidrat içeren buğday ve pirinçte, yağlı tanelerde aflatoksin üreten küfler kolaylıkla üreyebilmektedirler (Brien, 1976).

Bullerman (1978)'in bildirdiğine göre, yapılan bir çalışmada laboratuvar için örnek alınırken örnek, ürün tipine bağlı olarak çeşitli öğütme ve karıştırma ekipmanlarıyla homojen hale getirilmelidir. Daha sonra 1/4 azaltma metodu ile örnek miktarı homojen bir şekilde azaltılır.

Analiz için alınacak örnek miktarı analiz metoduna göre 20-100 g arasında değişir. Genellikle 50 g analiz örneği almak yeterli görülmektedir (Anon., 1988). Aflatoksin analizi için alınan örneklerin taşınması ve saklanması da, üzerinde durulması gereken bir konudur. Örnek alındıktan sonra aflatoksin oluşumunun önlenmesi için, ya 0°C'de muhafaza edilmeli yada küflerin gelişemeyeceği nem oranı ayarlanmalıdır (Wilson, 1986).

Tabata ve ark. (1993), 1986 ve 1990 yılları arasında Tokyo'da marketlerden topladıkları 3054 gıda numunesinde aflatoksin kontaminasyonu yönünden yaptıkları çalışmada, en yüksek AFB₁ miktarı Hindistan cevizi (%80) ve antep fıstığında (1382 ppb) bulunmuştur ve bunları sırasıyla kırmızı biber, yer fıstığı, susam ve baharat karışımları izlerken; fındık numunelerinde hiç aflatoksine rastlanmamıştır.

Elden ve Taydaş (1993), Gaziantep ve Kahramanmaraş yöresinde yetiştirilen kırmızı biberlerde aflatoksin ve okratoksin A oluşumu üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu amaçla 33 adet taze, 33 adet kuru, 31 adet toz ve 30 adet pul kırmızı biber olmak üzere toplam 127 adet kırmızı biber örneğini incelemişlerdir. Taze %9,1, kuru %66,7, toz %90,3 ve pul kırmızı biberde %100 olarak aflatosin bulunma oranı saptamışlardır.

Samsun ilinde satışa sunulan bazı gıdalarda yapılan aflatoksin çalışmasında, 8 pul biber, 8 ceviz, 3 fındık, 6 antepfıstığı, 6 yerfıstığı, 1 susam ve 1 tahin olmak üzere 33 örnek incelemeye alınmıştır. Fındık örneklerinde aflatoksine rastlanmazken, 1 yerfıstığı örneğinde AFB₁ 183.19 µg/kg, AFB₂ 58,62 µg/kg olarak saptanmış ve 8 pul biber örneğinde AFB₁ 4,46-24,25 µg/kg arasında tespit edilmiştir (Apak, 1995).

Birleşik Krallık'da çeşitli etnik gıdalarda mikotoksin seviyelerini tespit etmek amacıyla yapılan araştırmada, 121 gıda örneğinde aflatoksin, okratoksin ve *fusarium* mikotoksinleri (fumonisinler, zearalenon ve trichothecenler) aranmıştır. En yüksek mikotoksin seviyesi ve mikotoksin varlığının en sık tespit edildiği gıdalar, kırmızı toz biber, curry tozu baharatı ve zencefil olarak tespit edilmiştir (Patel vd., 1996).

Japonya'nın Osaka bölgesinde, 1988'den 1992' yılına kadar kabuklu yemişler, baharatlar, doğal peynirler, etler, kahvaltılık gevrekler ve fasulyelerden oluşan 195 adet ithal edilmiş gıda örneği aflotoksin varlığı açısından analiz edilmiştir. 8 örnekte aflatoksin varlığı tespit edilmiştir. 38 yerfıstığı ürününün 4'ü, 3 küçük Hindistan cevizi (nutmeg) örneğinin 2'si 13 beyaz biber örneğinin 1'i ve 2 kırmızı biber örneğininin 1'inde aflatoksin tespit edilmiştir (Taguchi vd., 1995).

Birleşik Krallık'da şifalı bitkilerde ve baharatlarda aflatoksin varlığı ve aflatoksinin baharat soslarındaki stabilitesini tespit etmek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Curry tozu, biber, acı kırmızı biber, kırmızı biber, az acı kırmızı biber, zencefil, tarçın ve kişnişten oluşan ve perakende satış noktalarından alınmış 157 örnekten neredeyse %95'inde 10 µg/kg'ın altında aflatoksin tespit edilirken, sadece 9 örneğin 10 µg/kg'ın üzerinde toplam aflatoksin içerdiği tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyon 48 µg/kg olarak toz kırmızı biberde tespit edilmiştir. 14 adet bütün haldeki kırmızı biber ve toz kırmızı biber örneği gemiden sevkiyat sırasında, ülkeye girişte alınmış ve sadece 2 tane toz kırmızı biber örneğinde 10 µg/kg'ın üzerinde (35 ve 51 µg/kg miktarlarında) aflatoksin tespit edilmiştir (Macdonalds and Castle, 1996).

40 adet baharat, 20 adet şifalı ot ve 12 adet kırmızı biber ile hazırlanmış ürün, yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılarak AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ varlığı açısından incelenmiştir. Baharatların %75'i ölçülebilir miktarda aflatoksin içerirken, toz kırmızı biber örneklerinde 234 µg/kg ile en yüksek AFB₁ miktarı tespit edilmiştir (Finoli ve Ferrari, 1994).

Yine, aflatoksin varlığını tespit etmek üzere yapılan başka bir çalışmada, rastgele seçilmiş 15 adet az acı toz kırmızı biber örneği ile 24 adet acı toz kırmızı biber örneği incelenmiştir. 7 az acı toz kırmızı biber örneği 15.3 mug/kg'a kadar toplam AFB₁ ve AFB₂ içerirken, 13 acı toz kırmızı biber örneğinin 218,4 mug/kg'a kadar toplam AFB₁, AFB₂, AFG₂ içerdiği tespit edilmiştir (Eldessouki, 1992).

Finoli vd. (1995), yaptıkları bir çalışmada, baharatların hijyenik kalitesini tespit etmek ve hijyenik kalitenin *Aspergillus flavus* varlığı ile ilişkisini ortaya koymak ve ayrıca bu baharatlardan izole edilen küflerin aflatoksin üretme yeteneğini tespit etmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda, küçük Hindistan cevizi kabuğu (mace), küçük Hindistan cevizi ağacı (nutmeg) ve acı kırmızı biber (cayenne pepper) olmak üzere üç değişik baharat çeşidi içinde, acı kırmızı biberin aflatoksin biyosentezi için en uygun baharat olduğunu ortaya koymuşlardır.

Erdoğan (2004), 44 kırmızı pul biber, 26 kırmızı toz biber ve 20 isot biber örneğini, ince tabaka kromatografisi kullanarak aflatoksin kontaminasyonu yönünden incelemiştir. 8 pul biber örneğinde (%18,2), 3 toz kırmızı biber örneğinde (%10,7), ve 1 isot biberi örneğinde (%5) aflatoksin (B+G) tespit etmiştir.

Çoksöyler (1999), parçalanıp toprak üzerinde kurutulmuş 9 biber örneğinin 1'inde 80 ppb B₁ tespit etmiş fakat, bütün halde toprakta, beton üzerinde ve ipe asılarak kurutulmuş 4 örnekte de 20 ila 80 ppb aflatoksin tespit etmiştir.

Çoksöyler (1999), tarafından yapılan başka bir çalışmada, parçalanmış ve bütün biberler arasında kuruma süreleri, kuruma hızları ve su aktiviteleri yönünden farkın önemli olduğu, biberlerin iç yüzeyinin tamamen dış atmosfer ile temas edecek şekilde açılarak kurutulmaları durumunda, fungal yük artışı ve kolonizasyon oluşumunun önemli bir ölçüde engellenebileceği bildirilmektedir.

Yıldırım vd. (1997), Bursa ve Sakarya'dan toplanmış 34 kırmızı biber örneğinin 8'inde (%23,5) 1.6 ve 15 ppb arasında değişen miktarlarda aflatoksin tespit etmişlerdir.

Fungal yönden ürünün analiz edilmesi, üründe mikotoksin oluşma potansiyelini de ortaya koyabilir. Ancak, mikotoksin oluşturan fungusun üründe bulunması, uygun koşullar olmadığı sürece mutlaka mikotoksinin de olacağı anlamına gelmemektedir. Tersine olarak da, mikotoksin oluşumu ile sonuçlanan bir fungus aktivitesinden sonra herhangi bir nedenle fungusun ölmesi, o üründe etken olmadığı halde mikotoksin bulunmasına neden olacaktır (Bullerman vd., 1984).

Aflatoksinlerin gıdalarda ve hayvan yemlerinde bulunma düzeyleri, gerek halk sağlığı, gerekse ekonomik kayıplar nedeniyle birçok ülke tarafından önemle ele alınmaktadır. İnsan gıdası ve hayvan yemi olarak tüketilen ürünler için her ülke kendi standartlarını belirlemiştir.

Ülkemizde, tüm gıda maddeleri için aflatoksin M ve ($B_1 + B_2 + G_1 + G_2$) seviyesi 0,010 mg/kg, bebek gıdaları ve hazır karışımlar için aflatoksin M ve ($B_1 + B_2 + G_1 + G_2$) seviyesi 0,00001 mg/kg, bebek mamaları ve devam formülleri için aflatoksin M_1 seviyesi 0,00002 mg/kg, süt ve süt ürünleri için M_1 seviyesi 0,00005 mg/kg, hububatlarda Aflatoksin B+M seviyesi 0,002 mg/kg ve baharatlarda aflatoksin B_1 seviyesi 0,005 mg/kg olarak belirlenmiştir (Anon. 2003).

3. MATERİYAL ve METOD

3.1. Materyal

Araştırmada Çanakkale yöresinde yetiştirilmiş ve Tekirdağ'da satışa çıkarılmış, salçalık, taze, tatlı, kırmızı biberler (*Capsicum annum L.*) kullanılmıştır.

3.2. Metod

3.2.1. Biberlere uygulanan ön işlemler

Araştırmada 60 kg biber kullanılmıştır. Biberlerin ön işlenmesi aşamalarında, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı kullanılmıştır. Biberlere uygulanan ön işlemler aşağıda sıralanmıştır.

Tartma ve ayırma: Biberler tartılarak üç ayrı kurutma yöntemi ve her kurutma yönteminin, plesantalı ve plesantasız olarak yapılacak olan kurutma aşamaları için, 10'ar kg'lık miktarlarda altı gruba ayrılmıştır.

Yıkama ve temizleme: Biberler laboratuvarda çeşme suyu ile yıkanmış ve istenmeyen yabancı maddeler ile çürük olanlar ayrılmıştır.

Plesantasız olarak kurutulacakların plasantalarının ayrılması: Plesantasız olarak kurutulacak olanlar ikiye bölünerek plesantaları ayrılmıştır.

Biberlerin saplarının çıkarılması ve doğranması: Biberlerin sapları ayrıldıktan sonra, plesantalı olarak kurutulacak olanlar plesantaları ile birlikte, plesantasız olarak kurutulacak olanlar plesantalarından ayrıldıktan sonra, ortalama 4×5 cm ebatlarındaki parçalar halinde doğranmıştır.

3.2.2. Biberlerin kurutulması işlemleri

Biberlerin kurutulmasında, Tekirdağ Ziraat Fakültesi (T.Z.F.) Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı etüvleri ve T.Z.F. Tarla Bitkileri Bölümü, kurutma fırınları

kullanılmıştır. Kurutma işlemleri açık havada kurutma, fırında kurutma ve mikrodalga kurutma şeklinde üç farklı yöntemle yapılmıştır. Her kurutma yöntemi kendi içinde plesantali ve plesantasız olmak üzere iki ayrı şekilde yapılmıştır.

Açık havada kurutma: 10 kg plesantali ve 10 kg plesantasız olmak üzere doğranan biberler, ayrı ayrı beton zemin üzerine serilen bez örtüler üzerinde, açık havada ve direkt güneş ışığında kurumaya bırakılmışlardır. Onbeş gün sonunda biberlerin su içeriğinin büyük bir miktarını kaybettiğini kırılganlığından ve görünüşünden anlaşıldığı andan itibaren, Anon. (1983)' göre nem oronları birkaç kez kontrol edilmiş ve nem oranı ortalama %12'lere düştüğünde kurutma işlemine son verilmiştir.

Fırında kurutma: Plesantali ve plesantasız olarak doğranmış biberler kurutma fırınının farklı raflarına ince tabakalar halinde yayılıp, 70°C sıcaklıkta kurutulmuştur. Ondört saat sonunda biberlerin su içeriğinin büyük bir miktarını kaybettiğini kırılganlığından ve görünüşünden anlaşıldığı andan itibaren, Anon. (1983)' göre nem oronları kontrol edilmiş ve nem içeriği ortalama %12'lere düştüğünde kurutma işlemine son verilmiştir.

Kurutma işleminde fanlı, $\pm 2^{\circ}\text{C}$ hassaslıktaki, Elektro-mag marka kurutucular kullanılmıştır.

Mikrodalga kurutma: Plesantali ve plesantasız olarak iki gruba ayrılan biberlerde, sırayla $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ hassasiyetinde, 5 güç seviyeli, döner tablalı arçelik marka mikrodalgalarda kurutma işlemi uygulanmıştır. Direkt mikrodalga kurutma denemelerinde biberlerde çok büyük bölgesel yanıklar oluştuğu için biberlere, etüvde 60°C 'de üç saat süreyle bir ön kurutma yapılmış ve sonra mikrodalga kurutma yöntemi uygulanmıştır. Mikrodalga kurutma işlemi, 1,5 güç seviyesinde 15 dakikada gerçekleşmiştir.

3.2.3. Kurutulan biberlerin toz biber elde etmek amacıyla öğütülmesi

Kuruması tamamlanan biberler, analizlerin daha kolay yapılabilmesi ve biberlerin piyasada bulunuş şekline uygunluğu açısından öğütme işlemine tabi tutulup, toz biber haline getirilmişlerdir.

Biberler, 2000 dev/dk ile Kika-Werke-M20 model öğütücüde öğütölmüşlerdir.

3.2.4. Öğütölmüş toz biberlerin paketlenip analizler için hazırlanması

Üç farklı kurutma yöntemiyle kurutulup ve her bir yöntem için plesantalı ve plesantasız olmak üzere ikişer gruptan oluşan kurutulmuş biberler, öğütöldükten sonra 20x10 cm ebatlarındaki plastik gıda ambalaj poşetlerine konup, ağızları sıkıca kapatılarak paketlenmişler ve güneş ışığından korumak amacıyla karton kutulara yerleştirilerek serin bir yerde analizlerde kullanılmak amacıyla muhafaza edilmişlerdir.

3.2.5. Analiz yöntemleri

Laboratuvar analizleri, T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakölteı Gıda Mühendisliğı Bölümü Laboratuvarı, Tekirdağ İl Kontrol Laboratuvarı, Ünilever A.Ş. Laboratuvarı ve Karin Gıda A.Ş. Laboratuvarında yapılmıştır.

3.2.5.1. Kimyasal analizler

3.2.5.1.1. Nem oranının belirlenmesi

Nem oranı, etüvde rutubet tayini yöntemiyle belirlenmiştir.

Yöntemin ilkesi: Deney numunesinin elektrikle ısıtılan bir kurutma etüvünde 130-133 °C’de 1 saat 30 dakika süre ile kurutulması ilkesine dayanır. Fakat bu çalışmada, kurutulmuş gıdada nem bakacağımızdan, Cemeroğlu vd. (2003)’nin hazırladığı ders kitabına göre, kurutulmuş ürünlerde nem tayini için önerilen, 70°C sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutma yapılmıştır.

Daha sonra rutubet miktarı (R) aşağıda formöl ile hesaplanmıştır.

$$R = (m_2 - m_3) \times \frac{100}{m_2 - m_1}$$

m_1 = Kullanılan kapların darası, g
 m_2 = (Dara+örnek) toplam yaş ağırlık, g
 m_3 = (Dara+örnek) toplam kuru ağırlık, g
Anon. (1983)'e göre yapılmıştır.

3.2.5.1.2. Renk tayini

Hunter renk ölçme cihazı (hunter color difference meter) ile renk tayini yapılmıştır.

Metodun prensibi: Numunelerin belirli şartlar altında, spektral yansıtma ve geçirme faktörlerinin bir spektrofotometre ile ölçülmesi ve bu değerlerden rengin üç uyarıcı değerinin ve/veya kromatisite koordinatlarının hesaplanmasıdır.

Üç uyarıcı değer doğrudan okunabildiği bir kolorimetre (üç uyarıcı kolorimetre) ile rengin üç uyarıcı değeri (L,a,b) tespit edilir.

Sistemin birbirine dik olan üç koordinatı; L, a, ve b'dir.

L, ışıklık koordinatıdır. a, kromasite koordinatı, kırmızı yeşil renk çeşidinin miktarını belirler. $a=0$ olduğunda kırmızı ve yeşil renk yoktur. Aynı şekilde, b kromatisite koordinatı da sarı ve yeşil renk miktarını belirler. Rengi en iyi a/b oranı yansıtmaktadır bu nedenle ölçüm sonuçları bu oranla verilmektedir.

Anon., (1989) ve Cemeroğlu, (1992)'ye göre yapılmıştır.

3.2.5.2. Mikrobiyolojik analizler

3.2.5.2.1. Direkt örneklerde kültürel methodla maya ve küf sayımı

Maya ve küf sayımında direkt örneklerden, 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} ve 10^{-5} dilüsyonları hazırlanarak PDA (Patates Dekstroz Agar) besiyerine yüzeye ekim tekniği kullanılmıştır. Ekimler iki paralelli olarak yapılmıştır. Ekimi yapılan besiyerleri 24°C 'deki etüvde 3-5 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır.

3-5 gün sonunda gelişme olup olmadığına bakılmış, gelişme gözlenen preparatlardaki koloniler sayılarak dilüsyon oranlarına göre hesaplamaları yapılmış ve sonuçlar kob/g olarak kaydedilmiştir (Özçelik, 1992).

3.2.5.2.2. Direkt örneklerde kültürel metodla mezofilik sporlu bakteri sayımı

Toplam mezofilik sporlu bakteri sayımında direkt örneklerden 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} dilüsyonları hazırlanmıştır. Sadece sporlu bakterileri tespit etmek amacıyla hazırlanan dilüsyonlar onbeşer dakika süreyle 85°C sıcaklıktaki su banyosunda bekletilmişlerdir. Bu dilüsyonlardan PCA (Plate Count Agar) besiyerine dökme plak yöntemiyle iki paralelli olarak ekim yapılmıştır. 32°C ' deki etüvde 7 gün süreyle inkübasyona bırakılan petri kaplarında gelişen koloniler sayılmıştır. Sonuçlar hazırlanan dilüsyonlara göre hesaplandıktan sonra kob/g olarak kaydedilmiştir (Özçelik, 1992).

3.2.5.2.3. HPLC yöntemiyle aflatoksin tayini

Örneklerde aflatoksin analizi, immunoaffinite kolon (IAK) kullanılarak saflaştırma işleminden sonra, flüoresan detektörlü yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) tekniği uygulanarak yapılmıştır. Metod olarak da A.O.A.C., (2000)'nin (999.07) metodu kullanılmıştır.

Ekstraksiyon ve Clean-up:

Toz kırmızı biber örneklerinden $50 \pm 0,1$ g blender kabına tartılmış, üzerine 5 g NaCl, 150 ml metanol, 100 ml su ilave edilmiştir. Yüksek hızda 2 dk karıştırılmıştır. Watman no:4 süzgeç kağıdından süzölmüş, süzöntüden 5 ml alındıktan sonra üzerine 5 ml PBS ilave edilmiştir. İmmunoaffinity kolondan geçirilir.

Numune kolondan yaklaşık 1-2 damla / sn hızla geçtikten sonra yine 2 damla/sn hızla 15 ml su geçirilmiştir. Hava geçirilerek kolon kurutulmuş, filtratın geçirildiği kolon uygun bir vial içine oturtulduktan sonra kolona 1 ml metanol aktarılıp yerçekimi etkisiyle vial akması beklenmiştir.

Kolondan aynı şekilde 1 ml de su geçirilmiş ve numune Shimadzu marka HPLC' ye enjeksiyon yapılacak hale getirilmiştir.

Flüoresans detektör (em: 362 nm ex: 425 nm), HPLC Kolonu, Mobil faz (Su-Asetonitril-Metanol 6+2+3, v/v/v şeklinde hazırlanmış, degaze edilmiş ve Kobra Cell türevlendirmesi için mobil fazın 1 litresine 120 mg KBr ve 350 mikrolitre nitrik asit ilave edilmiş) kullanılarak çalıştırılmıştır. Akış hızı 1 ml/dak.

HPLC Kolonu sabit sıcaklıkta (T=40°C) tutulmuştur.
Sonuçlar μ / kg olarak ifade edilmiştir.

3.2.5.3.İstatistiksel analizler

Sonuçlar varyans TARİST istatistik paket programı (Anon.1987) ile varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiki fark olan ortalamalar DUNCAN çoklu karşılaştırma testi ile ayrılmıştır (Açıkgöz, 1993; Açıkgöz vd., 1994).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

4.1.Kimyasal Analiz Sonuçları

4.1.1. Nem oranları

% Nem oranları Tablo 1’de gösterilmiştir. Yüzdelik değerler arcsinüs dönüşümüne tabii tutulduktan sonra varyans analizi ile değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Toz Kırmızı Biberlerin Nem Oranları (%)

Örnekler Kurutma Ortamları	Nem (%)		
	Plesantasız	Plesantalı	Kurutma yöntemi ana etkisi
Açık havada kurutma	11,6 b	10,7 c	11,15 c
Fırında kurutma	13,3 a	13,8 a	13,55 a
Mikrodalga kurutma	12,9 a	12,4 b	12,65 b
Ayrım yöntemi ana etkisi	12,6	12,3	

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur ($P<0,05$). Ortalamalar Duncan testine göre sınıflandırılmıştır.

Kurutulup, toz biber haline getirilen numunelerde tespit edilen nem oranları, %13.8 ile %10.7 aralığında çıkmıştır.

Açık havada ve mikrodalga kurutmada plesantasız olarak kurutulanların % nem oranları plasantalılara oranla daha düşük olarak tespit edilirken, fırında kurutma tekniği uygulanan biberlerde % nem oranları, diğerlerinin tersine, plesantalılarda plesantasızlara göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

Erkahveci (1996), yaptığı bir çalışmada, Mısır Çarşısı'ndan alınan 8 toz kırmızı biber örneğinde nem oranlarının %7 ile %9,7 aralığında olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada tespit edilen % nem oranları Erkahveci (1996)'ya göre daha yüksektir. Anon. (2001)'e göre kırmızı toz biberdeki % nem oranı en çok %11 olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada tespit edilen % nem oranı TS standartlarının da üzerindedir. Bunun sebebini, Tekirdağ yöresinde havadaki nem oranının yüksek olması sebebiyle kırmızı biber kurutulması işleminde istenilen % nem seviyesine kadar düşülememesi olarak açıklayabiliriz. Kurutulmuş meyve-sebze üretiminin Trakya bölgesinde yaygınlaşmamış olması da, yüksek nem oranı sebebiyle kurutma işlemindeki zorluklar olarak açıklanabilir. Devlet istatistik enstitüsü verileri de ülkemizde kırmızı biber üretiminin yaklaşık %80'inin Gaziantep ve Kahramanmaraş illerinde yapıldığını (Anon., 1992) göstermektedir.

Akgül (1993)'ün bildirdiğine göre baharatlarda nemin mikrobiyolojik bozulmayı önlemek için %14'ten fazla olmaması gerekir. Yapılan bu çalışmada da elde ettiğimiz % nem oranlarının hiçbiri %14'ün üzerinde değildir.

4.1.2. Renk değerleri

Hunter sistemine göre yapılan renk tayini sonuçları aşağıda Tablo 2'de görüldüğü gibidir.

Tablo 2. Toz Kırmızı Biberlerin Renk Değerleri

Örnekler Kurutma Ortamları	Renk	
	Plesantasız	Plesantalı
Açık havada kurutma	1,37	1,43
Fırında kurutma	1,34	1,23
Mikrodalga kurutma	0,90	0,69

Denemede elde edilen toz kırmızı biberlerde renk değerleri, 1,43 ile 0,69 aralığında çıkmıştır.

Toz kırmızı biberde renk tayini, Anon., (1989)'a göre duyusal olarak değerlendirilmektedir ve sayısal değerlendirmeye ait başka bir kriter bulunamamıştır. Bu nedenle bu denemede yapılan sayısal ölçümler, renk uyumu ve renk ölçüm tekniğinin aynı metodla yapılmasından dolayı, salçadaki renk kriterleriyle karşılaştırılacaktır.

Cemeroğlu (1992), renk değeri 1,90'ın üzerinde olan salçaların birinci sınıf salçalar olarak kabul edildiğini bildirmiştir. Bu kritere göre yaptığımız çalışmada en iyi renk değeri, 1,43 ile açık havada kurutulan plesantali biber örneklerinde gözlenmiştir. Fakat bu değer, 1,90'dan daha düşük bir değer olduğundan birinci sınıf olarak nitelendirilemez. Yine açık havada plesantasız olarak kurutulan biberlerde renk değeri 1,37'dir.

En düşük renk değerleri, hem plesantahılarda ve hem de plesantasızlarda olmak üzere sırasıyla 0,90 ve 0,69 olarak, mikrodalga kurutma yönteminde gözlenmiştir.

Tablo 2'de de görüldüğü gibi, açık havada kurutma yönteminde renk analizinde plesantali olarak kurutulanlarda, plesantasızlara göre daha yüksek bir değer elde edilirken, fırında kurutma ve mikrodalga kurutma yöntemlerinde renk değerlerinin, plesantasız olarak kurutulanlarda plesantahılara göre, daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Tablo 3. Toz Kırmızı Biberlerde Duyusal Renk Değerleri

Örnekler Kurutma Ortamları	Renk(Duyusal değerlendirme)	
	Plesantasız	Plesantali
Açık havada kurutma	Kırmızı	Kırmızımsı kahverengi
Fırında kurutma	Kırmızımsı koyu kahverengi	Sarımsı
Mikrodalga kurutma	Soluk kırmızımsı kahverengi	İyice soluk kahverengi

Anon., (1989) kırmızı biberin rengini kalitesine göre; "Çok canlı parlak kırmızıdan sarımsıya, kahverengimsi kırmızıdan soluk kırmızımsı kahverengine kadar değişir." şeklinde tanımlamaktadır. Yine aynı standarda göre birinci sınıf toz kırmızı

biberde renk, karakteristik kırmızı olmalıdır ve ikinci sınıf toz kırmızı biberin rengi, pembeden kırmızıya kadar değişebilmektedir.

Yukarıda belirtilen standarda göre denemede elde ettiğimiz toz biberleri değerlendirecek olursak, kurutma yöntemlerinin hiçbirinde standartta bahsedilen parlak kırmızı renk elde edilememiştir. Fakat, açık havada kurutulan plesantasız ve plesantallı biberler ile fırında kurutulan plesantasız biberler, fırında plesantallı olarak kurutulanlar ile mikrodalga kurutmadaki hem plesantallı hemde plesantasızlardan daha koyu ve daha kırmızımsı renge sahiptirler. Mikrodalga kurutma yöntemi uygulanan biberlerde rengin tamamen bozulduğu ve kahverengimsi bir tona dönüştüğü gözlenmiştir. Bu sonuç da, hunter yöntemiyle elde ettiğimiz sayısal değerlerle paralellik göstermektedir.

4.2. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

4.2.1. Maya ve küf sayıları

Maya ve küf miktarları Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. Toz kırmızı Biberlerin Maya ve Küf Sayıları (kob/g)

Örnekler Kurutma Ortamları	Maya-küf (kob/g)		
	Plesantasız	Plesantallı	Kurutma yöntemi ana etkisi
Açık havada kurutma	2×10^5 a	6.26×10^4 a	$1,313 \times 10^5$ a
Fırında kurutma	10^3 b	0 ab	$0,5 \times 10^3$ b
Mikrodalga kurutma	0 b	0 b	0 b
Ayrım yöntemi ana etkisi	$6,7 \times 10^4$ a	$2,0867 \times 10^4$ b	

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur ($P < 0,05$). Ortalamalar Duncan testine göre sınıflandırılmıştır.

Maya-küf değerleri açık havada kurutmada, plesantasızlarda 2×10^5 kob/g ve plesantalılarda $6,26 \times 10^4$ kob/g olarak saptanmıştır. Fırında plesantasız olarak kurutulan biberlerde maya-küf sayısı 10^3 olarak tespit edilirken plesantali olarak kurutulanlarda maya-küf gelişimi görülmemiştir. Mikrodalga kurutmada ise maya-küf gelişmesi gözlenmemiştir.

Bu sonuçlara göre en yüksek maya-küf sayısının plesantali açık havada kurutma yönteminde olduğu saptanmıştır.

Ülkemizde toz kırmızı biber standardında mikrobiyolojik değerlendirmeye ait kriterler yer almamaktadır (Anon., 2001).

Türk Gıda Kodeksi (TGK), baharat tebliğine göre toz kırmızı biberde bulunabilecek maksimum küf sayısı $1,0 \times 10^4$ kob/g olarak bildirilmiştir (Anon., 2000). Bu çalışmada, açık havada kurutma yönteminde hem plesantasız olarak kurutulan gruptaki ve hemde plesantaları ile birlikte kurutulan gruptaki biberlerde elde edilen maya-küf sayıları Türk gıda kodeksi limitlerinin üzerindedir. Fırında plesantasız olarak kurutulan biberlerdeki küf sayısı, TGK'ne uygunluk göstermektedir.

Akgül (1993), baharatlarda küf sayısının genellikle 10^3 adet/g kadar olduğunu, bazen bu sayının 10^6 adet/g'a kadar çıkabildiğini bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen değerler Akgül (1993)'e uygunluk göstermektedir.

4.2.2. Mezofilik sporlu bakteri sayıları

Tablo 5. Mezofilik sporlu bakteri sayıları (kob/g)

Örnekler Kurutma Ortamları	Mezofilik sporlu bakteri (kob/g)	
	Plesantasız	Plesantali
Açık havada kurutma	10^3	0
Fırında kurutma	0	2×10^3
Mikrodalga kurutma	0	10^3

Açık havada plesantalı, fırında ve mikrodalga ile plesantasız olarak kurutulan biberlerde mezofilik sporlu bakteri varlığı tespit edilmediği halde, açık havada plesantasız ve mikrodalga ile plesantalı olarak kurutulan biber örneklerinin mezofilik sporlu bakteri yükü 10^3 kob/g olarak tespit edilmiştir. En yüksek mezofilik sporlu bakteri sayısı, 2×10^3 kob /g ile fırında plesantalı olarak kurutulan biber örneklerinde tespit edilmiştir.

Türk gıda kodeksi, baharatlar tebliğinde baharatların mikrobiyolojik kriterlerinde mezofilik sporlu bakteriler ile ilgili bir hüküm bulunmamaktadır (Anon., 2001).

Yine ülkemizde toz kırmızı biber standartlarında bakteri varlığı ile ilgili bir limit bulunmamaktadır (Anon.,1989). Fakat, Hall (1951), yaptığı bir çalışmada kırmızı biberlerdeki sporlu bakteri miktarının, $2,4 \times 10^4$ adet/g olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen sporlu mezofilik bakteri sayıları Hall (1951)'e göre daha düşüktür.

Uygulamalar arasında mezofilik sporlu bakteri sayıları açısından istatistiksel bir fark bulunmamıştır.

4.2.3. Aflatoksin miktarları

Örneklerin hiçbirinde aflatoksin varlığına rastlanmamıştır. Açık havada ve fırında kurutma yöntemiyle elde edilen toz biber örneklerinde maya ve küf üremesi görüldüğü halde bu mikroorganizmaların aflatoksin oluşturmadığı görülmektedir. Bu sonuç, Bullerman vd., (1984)'nin mikotoksin oluşturan fungusun üründe bulunması, uygun koşullar olmadığı sürece mutlaka mikotoksinin de olacağı anlamına gelmemektedir. Tersine olarak da, mikotoksin oluşumu ile sonuçlanan bir fungus aktivitesinden sonra herhangi bir nedenle fungusun ölmesi, o üründe etken olmadığı halde mikotoksin bulunmasına neden olacaktır ifadesiyle uygunluk göstermektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada kırmızı biberler, açık havada kurutma, fırında kurutma ve mikrodalga kurutma olmak üzere üç farklı yöntemle kurutulmuş ve farklı kurutma yöntemlerinin aflatoksin oluşumuna etkisi araştırılmıştır. Ayrıca her kurutma yöntemi kendi içinde plesantali ve plesantasız olmak üzere iki farklı şekilde yapılmış ve biberlerin plesantali veya plesantasız olarak kurutulmasının aflatoksin oluşumuna etki edip etmediği de araştırılmıştır.

Örneklerde önce % nem oranları saptanmıştır. Gıdalarda yüksek nem oranlarında küfler daha iyi gelişebilmekte ve aflatoksin üretimi de, o oranda artmaktadır. Kurutma yöntemlerinde en düşük % nem değeri, açık havada kurutma yönteminde saptanmıştır. Plesantali olarak kurutulan biberlerin nem oranının plesantasızlara göre %0,3 daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu sonuca göre biberlerin plesantali veya plesantasız olarak kurutulmaları, kuru biberin nem içeriği açısından çok önemli bulunmamıştır.

Kurutma yöntemlerinin toz kırmızı biberin rengine olan etkilerine baktığımızda; mikrodalga kurutmada, kurutma esnasında oluşan bölgesel yanıklar, elde edilen toz kırmızı biberin rengine bozulmalara sebep olmuş ve soluk kahverengimsi bir renk elde edilmiştir. Açık havada kurutma yöntemiyle en iyi toz kırmızı biber rengi elde edilirken, fırında kurutma yöntemiyle elde edilen toz kırmızı biberin rengi de, açık havada kurutmada elde edilen renge yakın bulunmuştur. Plesantali olarak fırında kurutulan ve mikrodalga kurutma yapılan biberlerde plesanta rengin açılmasına sebep olurken, açık havada kurutmada bu etki gözlenmemiştir.

Maya ve küf miktarları, açık havada kurutmada oldukça yüksek değerlerde olduğu halde, fırında kurutmada küf-maya miktarı açık havaya göre çok düşük değerlerdedir. Bunun sebebini, fırında kurutmada kurutma işleminin zamanının açık havada kurutmaya göre çok kısılması ve dolayısıyla küf gelişimine fırsat vermeden biberin nem içeriğinin küfün gelişemeyeceği miktarlara kadar düşürülebilmesi olarak açıklayabiliriz. Mikrodalga kurutmada ise hiç maya ve küf görülmemiştir. Kurutma süresi mikrodalga kurutmada daha da kısadır ve dikkatli bir ön işleme yapıldıktan sonra

mikroalga kurutma yönteminin uygulanmasıyla maya ve küf gelişiminin önlenebileceğini söyleyebiliriz. Plesantasız olarak kurutulan biberlerde maya ve küf sayısının plesantalılara oranla üç kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Açık havada kurutma esnasında, plesantasız olarak kurutulan biberlerde bir miktar su kaybından sonra biber parçalarının kenarlardan içe doğru kıvrılarak kapandığı ve böylece biberin iç yüzeyinin hava ile temasının sınırlandığı, dolayısıyla kuruma süresinde uzama ve bazı parçalarda da küf gelişiminin olduğu gözlenmiştir. Plesantali olarak kurutulularda ise kıvrılmanın çok olmadığı ve kuruma işleminin daha kolay gerçekleştiği gözlenmiştir. Dolayısıyla daha kolay kuruyan parçaların küf yükü de daha düşüktür ve açık havada kurutmanın uygulanacağı durumlarda küf yükünün azaltılabilmesi için biberlerin parçalanarak plesantaları ile birlikte kurutulması önerilebilir.

Farklı kurutma yöntemlerinin mezofilik sporlu bakteri miktarları üzerine olan etkilerinde çok büyük farklılıklar görülmemiştir.

Yapılan aflatoksin analizlerinde, hiçbir kurutma yönteminde aflatoksin saptanmamıştır. Bunun sebebini, iyi kalitede yaş kırmızı biberlerin alınması, yıkama, temizleme ve ayırma işlemlerinin dikkatlice yapılması ve biberlerin işlenme anına kadar buzdolabı şartlarında muhafaza edilerek mikrobiyal bozulmaların belli oranlarda önüne geçilmesi ve kurutma işlemleri sonucu elde edilen kırmızı biberlerin nem almayacak şekilde paketlenerek karanlık bir ortamda bekletilmesi, yani kontrollü işleme koşullarında üretimin gerçekleştirilmesi sonucu aflatoksin üretiminin engellenebileceği şeklinde açıklayabiliriz.

Elde edilen sonuçlar ışığında, üç farklı kurutma yönteminde, mikroorganizma yükü açısından en iyi sonuç mikrodalga kurutmada elde edildiği halde, renkteki bozulmadan dolayı iyi kalitede bir ürün elde etmek mümkün olmamıştır. Mikroorganizma yükünün çok yüksek olmadığı ve rengin de iyi bir şekilde muhafaza edilebildiği, fırında kurutma yöntemi en uygun kurutma yöntemi olarak önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz, N., 1993. Research and Experimental Methods in Agricultur(III. Press), (in Turkish). Publications of E.U. Faculty of Agriculture, Bornova, İzmir, No:478,230p.
- Açıkgöz, N., Akkaş, M. E., Moghaddam, A. Ve Özcan, K., 1994. Database Dependent Turkish Statistical Software for PC's: TARİST (in Turkish). 1. Congress of Field Crops, 24-25th April, 1994, İzmir, V:1, 264- 267pp.
- Akgül, A., 1993. Baharat Bilimi ve Teknolojisi, 40-50, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 15, Ankara.
- A.O.A.C., 2000- 999.07. Aflatoxin Extraction Method; Application Note for Analysis in Hazelnuts Using Aflaprep. Rhone-Diognostics Thecnologies Instructions; Arlington, VA.
- Anonim, 2003. Mikrobiyal Toksinler, EK-14. Açıklamalı-İçtihtatlı, Gıda – Tarım – Hayvancılık ve Sağlık Rehberi. Türk Gıda Kodeksi. Ankara
- Anonim, 2001.(Toz) Kırmızı Biber-Öğütülmüş. Türk Standartları Enstitüsü. TS 2419.
- Anonim, 2000. Türk Gıda Kodeksi, Baharat Tebliği. EK-5, Baharat İçin Mikrobiyolojik Kriterler.
- Anonim, 1992. Tarım istatistikleri. Devlet İstatistikleri Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 1989. Renk Tayin Metodları. Türk Standartları Enstitüsü. TS 7259.
- Anonim, 1988. Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Metodları Kitabı, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1987. Tarist Deneme Değerlendirme Paketi Sürüm 4.0. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bornova, İzmir.
- Anonim, 1983. Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Metodları. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Gıda İşleri Genel Müdürlüğü, Yayın No: 65, 225-226, Ankara.

- Apak, S., 1995. Samsun'da Satışa Sunulan Bazı Besinlerin Aflatoksin Yönünden Araştırılması. Uludağ Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, (yayınlanmamış).
- Brien, C.A.O., 1976. Current of the Aflatoxin Problem. The Southwest Vet. 29 (3):226.
- Bullerman, L.B. ve diğerleri, 1984. Formation and Control of Mycotoxins in Food. J. Food Protec. 47: 637-646.
- Bullerman, L.B., 1978. Methods for Detecting Mycotoxins in Foods and Beverages. Food and Beverage Mycology, L.R. Beuchat (Ed) AVI Publishing Company Inc. Westport Con., 455 -469.
- Cemeroğlu, B., 1992. Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metodları. Biltav Üniversite Kitapları Serisi. No: 02- 2, 304-305. Ankara
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F. Ve Özkan, M.,2003. Meyve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. No: 28, 672-673. Ankara.
- Charalambous, G., 1994. Spices, Herbs and Edible Fungi Developments in Food Science V:34, Netherlands.
- Charles, R., Hurburgh, J.R. 1995. Mycotoxins in the Grain Market. World Grain, October, pp 23- 26.
- Çoksöyler, N., 1999. Farklı Yöntemlerle Kurutulan Kırmızı Biberlerde *Aspergillus flavus* Gelişimi ve Aflatoksin Oluşumunun İncelenmesi. Gıda 24 (5), 297-306.
- Davis, N.D., Diener, U.L. 1978. Mycotoxins: Food and Beverage Mycology, Ed:L.R. Beuchat, AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, 397- 444.
- Eke, D., 1985. Fındıklarda Aflatoksin Gelişimi. Doktora Tezi. TÜBİTAK-MAE. Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümü. İzmir.
- Elden ve Taydaş, E., 1993. Kırmızı Biberlerde Aflatoksin ve Okratoksin Oluşumu Üzerine Araştırmalar. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Mühendislik Tezi. Ankara.
- Eldessouki S., 1992. Aflatoxins in Cayenne-Pepper and Paprika-Powder. Deutsche Lebensmittel-Rundschau. 88(3):78.
- Erdoğan A., 2004. The aflatoxin contamination of some pepper types sold in Turkey. Chemosphere 56: 321-325.

- Erkahveci, A., 1996. Kırmızı Toz Biberlerde Aflatoksin Miktar Tayininde Kullanılabilecek Üç Farklı Analiz Metodunun Karşılaştırılması. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Finoli C., Ferrari M. 1994. Aflatoxins in spices and herbs. *Industrie Alimentari*: 33 (328): 732-736.
- Finoli C., Galli A., Vecchio A., Villani A., 1995. Aflatoksin- producing strains of *Aspergillus flavus* from spices. *Industrie Alimentari*. 34(342): 1147-1151.
- Hall, L., 1951. Ethylene oxide process reduces spoilage organisms. *Food Packer*, 32, 26-28, 47.
- Hazır, Z. ve Çoksöyler, N., 1998. Farklı Bölgelerde ve Farklı Yöntemlerle Elde Edilen Kırmızı Biberlerde Aflatoksin Düzeyleri. Gıda Mühendisliği Kongresi. Gaziantep, 479-483.
- Jay, J.M. 1992. *Modern Food Microbiology*. Pub. by Van Nostrand Reinhold, New York., pp. 648- 649.
- Macdonalds S., Castle L., 1996. A UK retail Survey of Aflatoxins in Herbs and Spices and Their Fate During Cooking. *Food Additives and Contaminants*. 13(1) : 121- 128.
- Özçelik S., 1992. Gıda Mikrobiyolojisi Laboratuvar Kılavuzu. Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Ders Notları 1.Elazığ. No:1, s: 20-21-22-23- 24-25.
- Özkaya, Ş., Kaymak, T., Balıkcı, T., Elden, E., Çoksöyler, N., Özkan, R., Başaran, A., Kesici, S., Alma, A., 2001. Kırmızı Biberlerde Aflatoksin Oluşum Nedenleri ve Çözüm Yolları Üzerinde Araştırmalar. İl Kontrol Laboratuvar Genel Müdürlüğü –ANKARA. 72-37, 4.
- Patel, S., Hazel CM, Wintarten AGM, Morty E. 1996. Survey of Ethnic Foods for Mycotoxins. *Food Additives and Contaminants*: 13: (7) 833-841.
- Reddy, S.V. and Waliyar F., 2000. Properties of Aflatoksin and it Producing Fungi. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Rose, A.H., 1979. *Secondary Products of Metabolism*, Academic Press, Economic Microbiology, Volume 3. London.
- Sert, S., 1982. Bazı Çevre Faktörlerinin Karma Yemlerde Aflatoksin Oluşumuna Etkisi Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Rota Baskı A.Ü. Ziraat Fakültesi Süt ve Gıda Teknolojileri Bölümü. Erzurum. s. 92 .

- Tabata, S., Kamimura, H., İbe, A., Hashimoto, H., Iida, M., Tamura, Y., Nishima, T., 1993. Aflatoxin Contamination in Foods and Foodstuffs in Tokyo. Journal of the AOAC International, 76 (1), 32-35.
- Taguchi S., Sumimoto T., Yoshida S., Nishimune t., 1995. Aflatoksins in Foods Collected in Osaka, JAPAN, from 1988 to 1992; Journal of AOAC International, 78: (2) 325 327
- Wilson, D.M., 1986. Detection and Determination of Aflatoxin in Maize. Aflatoksin in Maize, M.S., Zubur, E.B., Zillehoj, B.L., Renfro(Ed.)CIMMYT., Mexico, pp.100-109.
- Yıldırım, T., Tanrıseven, A., Özkaya, Ş., 1997. Bursa ve Sakarya Kırmızı Biberlerinde Aflatoksin Çalışması. Gıda Teknol. 2(6), 60-63.

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Kırklareli’nde doğdum. İlk, orta ve lise eğitimimi Kırklarelinde tamamladım. 1993 yılında T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümünden mezun oldum. 2003 yılında T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Programına kabul edildim. Halen yüksek lisans eğitimim devam etmekte. 2005 yılında, ZARBUN Gıda ve Ambalaj San. ve Tic. A.Ş.’de sorumlu yönetici olarak çalışmaya başladım ve halen bu görevime devam etmekteyim.