

67865

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

KIRMIZI BİBERLERDE AFLATOKSİN
NİCELİĞİNİN OZONLA AZALTILMASI

Kimya Müh. Fatma İNAN

F.B.E. Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ



Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet PALA



Prof. Dr. Hüseyin Afşar



Y. Doç. Dr. Belma Özbek

İSTANBUL, 1997

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa no</u>
İÇİNDEKİLER	i
ŞEKİL LİSTESİ	iii
TABLO LİSTESİ	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
1. GİRİŞ	1
2. OZONUN ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ	3
2.1. Fiziksel Özellikleri	3
2.2. Kimyasal Özellikleri	5
2.3. Ozon Üretim Yöntemleri	6
2.3.1. Elektrik Deşarjı ile Üretim	7
2.3.1.1. Ozon Üretimi İçin Kullanılan Proses Cihazları	8
2.3.2. Fotokimyasal Yöntemlerle Üretim	11
2.4. Gıda Sanayinde Ozon Kullanım Alanları	12
3. AFLATOKSİN KİMYASAL, FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE AFLATOKSİN OLUŞUMU	15
3.1. Aflatoksinlerin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri	15
3.2. Aflatoksin Oluşumu ve Aflatoksin Oluşumunu Etkileyen Faktörler	16
3.3. Ozonla Aflatoksinlerin Detoksifikasyon Olanakları	18
4. MATERYAL VE YÖNTEMLER	21

	<u>Sayfa no</u>
4.1. Materyal	21
4.2. Materyalin Ozonla Muamelesi	21
4.3. Kalite Değişim Yöntemleri	21
4.3.1. Kuru Madde Tayini	21
4.3.2. Renk Ölçümü	23
4.3.3. Duyusal Analizler	23
4.3.4. Aflatoksin Analizleri	23
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	28
6. SONUÇ	38
KAYNAKLAR	39
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa no</u>
Şekil 2.1. Ozonun geometrisi ve bağ yapısı	4
Şekil 2.2. Ozon üretimi ekipmanının blok diyagramı	8
Şekil 2.3. Otto tipi düz elektrotlu üreticinin şematik diyagramı	10
Şekil 2.4. Borusal ozon üretici birimi	11
Şekil 2.5. Fotokimyasal ozon üreticisi	12
Şekil 3.1. Aflatoksinlerin kimyasal yapıları	15
Şekil 3.2. Aflatoksin B ₁ -8,9-epoksid	16
Şekil 3.3. Aflatoksin B ₁	19
Şekil 3.4. Aflatoksin G ₁	19
Şekil 3.5. Aflatoksin B ₂	20
Şekil 3.6. Aflatoksin G ₂	20
Şekil 4.1. Deney düzeneğinin şematik gösterimi	22
Şekil 4.2. Hunter renk ölçeğinin üç boyutlu göstergesi	24
Şekil 5.1. Kırmızı pul biberlere ozon uygulamasında (16 mg/L) aflatoksin konsantrasyonunun ozonlama süresine göre değişimi	30
Şekil 5.2. Kırmızı pul biberlere ozon uygulamasında (33 mg/L) aflatoksin konsantrasyonunun ozonlama süresine göre değişimi	31
Şekil 5.3. Kırmızı pul biberlere ozon uygulamasında (16 mg/L) aflatoksin konsantrasyonunun ozonlama süresine göre değişimi	35
Şekil 5.4. Kırmızı parça biberlere ozon uygulamasında (33 mg/L) aflatoksin konsantrasyonunun ozonlama süresine göre değişimi	35
Şekil 5.5. Kırmızı parça biberlere ozon uygulamasında (66 mg/L) aflatoksin konsantrasyonunun ozonlama süresine göre değişimi	36

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa no</u>
Tablo 3.1. Aflatoksinlerin kimyasal yapıları	16
Tablo 3.2. Çeşitli ülkelerde gıda ve yem maddelerinde bulunmasına izin verilen aflatoksin limitleri	17
Tablo 5.1. Ön deneme çalışmalarında kırmızı parça bibere ait değişik ozon konsantrasyonları ve işlem sürelerinde aflatoksin konsantrasyonları	29
Tablo 5.2. Kırmızı pul bibere ait değişik ozon konsantrasyonları ve işlem sürelerinde aflatoksin konsantrasyonları	30
Tablo 5.3. Kırmızı pul bibere ait renk ölçüm değerleri	32
Tablo 5.4. Kırmızı pul bibere ait duyu tat analizleri	33
Tablo 5.5. Kırmızı pul bibere ait değişik ozon konsantrasyonları ve işlem sürelerinde nem düzeyleri	34
Tablo 5.6. Kırmızı parça bibere ait değişik ozon konsantrasyonları ve işlem sürelerinde aflatoksin konsantrasyonları	34
Tablo 5.7. Kırmızı parça bibere ait değişik ozon konsantrasyonları ve işlem sürelerinde nem düzeyleri	37

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında her türlü yardımcı esirgemeyip beni yönlendiren Sayın Prof.Dr.Mehmet Pala'ya, Kimya Mühendisliği Bölüm Başkanımız Sayın Prof.Dr.Salih Dinçer'e, Kimya Fakültesi Bölüm Başkanı Sayın Prof.Dr.Hüseyin Afşar'a, Sayın Prof.Dr.Süheyla Uzman'a yardımlarından dolayı çok teşekkür ederim.

İstanbul İl Kontrol Laboratuvar Müdürü Sayın Aynur Sadıklar'a, Müdür yardımcısı Ahmet Kuzucu'ya, Mikrobiyoloji Laboratuvarı Şefi Sayın Ayşenur Ulca'ya bütün laboratuvar çalışanlarına en içten dileklerle teşekkür ederim.

Yardımlarını ve anlayışını hiç esirgemeyen Kimya Fakültesi Araştırma Görevlisi Sayın Kadir Turhan'a, arkadaşlarıma ve beni her zaman destekleyip teşvik eden aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Kırmızı biber ülkemizde yetiştirilen ve Türkiye ekonomisi için büyük önemi olan ürünlerin başında gelmektedir. Halk sağlığı ve ihracatımız için kırmızı biberin mutojenik ve toksik açıdan güvenli üretimi gerekmektedir. Ancak, yapılan araştırmalarda biberlerin, toksik maddelerin başında gelen aflatoksinler ile sağlık riski taşıyacak düzeyde bulaşmış oldukları görülmektedir.

Bu çalışmada, ozonun yüksek oksidasyon gücünden ve güçlü bir dezenfektan olma özelliğinden yararlanılarak aflatoksinler inaktive edilmiştir. Kırmızı biber örneklerinin tesbit edilen aflatoksin konsantrasyonları ve nem içeriğine göre değişik ozon konsantrasyonları (16, 33, 66 mg/L) ve işlem süreleri (7.5, 15, 30, 60 dakika) belirlenmiştir. Kırmızı pul biberde ozon konsantrasyonu 33 mg/L ve işlem süresi 60 dakikada aflatoksin B₁ %80, kırmızı parça biberde ozon konsantrasyonu 66 mg/L ve işlem süresi 60 dakikada aflatoksin B₁ %93 azaltılmıştır. Bu işlemler uygulanırken kalitenin korunmasına özen gösterilmiştir.

SUMMARY

In our country, being grown red pepper comes at the head of the most important products for economy of Turkey. For the public health and exports, red pepper must be produced safe to include mutagenic and toxic microorganism. However, having been done investigations show red pepper carry the action level for health risks with the most toxic aflatoxin contamination.

In this study, making use of ozone's high oxidizing power and also its very powerful disinfectant properties, detoxification of aflatoxin have been obtained. According to confirmed aflatoxin concentration and moisture content of red pepper samples, different ozone concentrations (16, 33, 66 mg/L) and exposure time (7.5, 15, 30, 60 min.) were determined. The reduction of aflatoxin B₁ achieved with scaled red pepper was 80% after exposure to 33 mg/L of ozone for 60 minute. In addition, 66 mg/L of ozone is reported to reduce aflatoxin B₁ levels 93% in red pepper after treatment for 60 minute. While various conditions of ozone concentration and exposure time was being used, the protection of quality has been considered.

1.GİRİŞ

Türkiye, gıda üretimi açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Nitekim, gıda üretimi ve ihracatının Türkiye ekonomisinde önemli bir payı vardır. Gıda sanayinin geliştirilmesinde uygulanacak olan işleme ve muhafaza yöntemleri büyük önem taşımaktadır.

Gıda muhafaza yöntemleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak üç bölüme ayrılır. Fiziksel yöntemler sterilizasyon, pastörizasyon, kurutma, konsantre etme, dondurma, ıslama ve soğukta muhafaza olarak özetlenebilir. Kimyasal muhafaza tuz, şeker ve kimyasal koruyucular ile sağlanırken; enzimatik asitlendirme ise biyolojik bir yöntemdir.

İlerleyen teknoloji ışığında gıda muhafazasında birçok yeni buluşlar ortaya çıkmaktadır. Ozonun da gıda sanayinde giderek geniş bir kullanım olanağı bulacağına kesin gözü ile bakılmaktadır.

Ozon, yüksek oksidasyon özelliğinin yanında güçlü bir dezenfektandır. Yarı ömrünün az olmasından dolayı hemen oksijene dönüşür ve geride hiçbir kalıntı bırakmaz. Bu özelliğinden dolayı da gıda sanayinde ozon karbondioksit, klor, etilenoksit gibi dezenfektanların arasında yer alarak yeni çalışmalara yön vermiştir. Yapılan araştırmalarda; Ozonun havadaki ve yüzeylerdeki bakterileri %71, küfleri ve mantarları %83 azalttığı, klordan 3000 kez daha mikrop öldürücü olduğu, kükürtdioksitten 160 kez, formaldehitten 37 kez, hidrosiyamik asitten 1.7 kez daha iyi bakterileri yok ettiği bulunmuştur [2].

Avrupa'da ozon renk açmada, kötü kokuları temizlemede, demir ve manganezin oksidasyonu ve en önemlisi bakteriyel dezenfeksiyonda kullanılır. Suyun sterilizasyonunda ve atık suların muamelesinde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Gıdalarda mikrobiyal yükün azaltılması veya eliminasyonunda ozon giderek daha çok önem kazanmaktadır.

Gıdalar esas olarak tüketiciye zarar verecek herhangi bir madde veya mikroorganizma içermemelidir. Ülkemizde yapılan araştırmalar da gıda ve yem maddelerinin çeşitli seviyelerde Aspergillus cinsi küflerle bulaşmış oldukları ve aflatoksin içerdikleri görülmektedir. Gıda ve yem maddelerinde Aspergillus flavus türü küfler tarafından oluşturulan aflatoksinler 200'den fazla küf mantarı tarafından meydana getirilen 80 ayrı mikotoksin içersinde en toksik ve kanserojenik grubu oluşturmaktadır [17]. Kanserojenik

etkisinden dolayı aflatoksinlerin inaktivasyonu ile hem halk sağlığının korunması sağlanırken hem de ihracatımızın artacağı düşünölmüştür.

Pekçok araştırma gözönüne alınarak gıdalarda aflatoksinlerin giderilmesinde ozon kullanımı ucuz ve pratik aynı zamanda duyuşal niteliklerinde önemli değişiklikler meydana getirmeyen bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

İlk defa yapılan bu çalışma, ölkemizde yılda ortalama 30 bin ton üretilen ve büyük ekonomik değere sahip olan biberlerdeki toksik ve kanserojenik etkisi olan aflatoksinlerin ozonlama ile detoksifikasyon olanaklarını araştırmak amacı ile yapılmıştır.



2. OZONUN ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Ozon üç oksijen atomu içerir (O_3) ve yüksek oksidasyon gücüne sahiptir. Ozon reaktif ve stabil olmayan bir gazdır. Bu gazın yarı ömrü 20-30 dakikadır ve hemen oksijene dönüşür.

2.1. Fiziksel Özellikleri

Gaz formda ozon renksizdir, fakat kalın tabaka halindeyken mavidir, sıvı ozon ise neredeyse saydam değildir, mavi-siyahtır ve kristalleri menekşe mavisidir. Fosfor ve kükürtdioksiti hatırlatan karakteristik bir kokusu vardır. Koku alma organları ozona oldukça duyarlıdır ve havada yarım milyonda birlik seyreltiklikte bile insanlar tarafından tanınabilir. Koku ile algılanan en düşük ozon limiti konsantrasyonu 0.1-1 Pa kısmi basınca uymaktadır. Ozon genellikle, nitrojen oksit mevcudiyetinde 0.01 mg/kg limitinde algılanabilir. Saf ozonda bu limit 0.02'den 0.05 mg/kg'a yükselir.

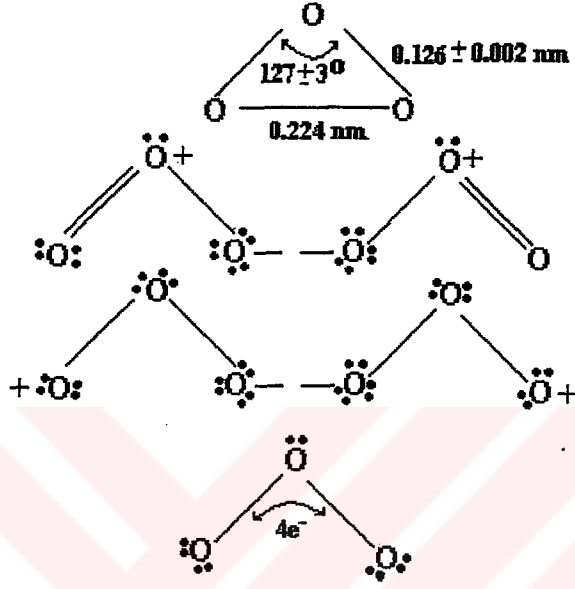
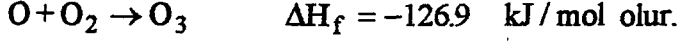
Ozonun moleküler yapısına bakıldığında, elektron kırınım ölçümleri üç oksijen atomunun gaz fazında $127 \pm 3^\circ$ 'lik tepe açısıyla bir ikiz kenar oluşturduğunu göstermiştir. İkizkenarın uzunluğu 0.126 ± 0.002 nm ve taban uzunluğu 0.224 nm'dir.

X-ray kırınım ölçümleri ozonun sıvı oksijen içinde çözüldüğünde oksijen-oksijen uzaklığının 0.13 ve 0.22 nm olduğunu göstermiştir. Mikrodalga spektral analizleri, bulunmuş farkları kısmen doğruladıkları kadarıyla tepe açısının $116^\circ 49' \pm 30'$ ve üçgenin eşit kenarlarının 0.1278 ± 0.0003 nm olduğunu göstermiştir. Böylece mikrodalga spektral analizleri, elektron kırınım ölçümlerinden tepe açısının 10° daha fazla olduğunu göstermiştir.

Ozon elektrik deşarjı, ultraviyole ışınla veya kimyasal reaksiyonlarla oksijenden oluşturulur. Reaksiyonlar ve entalpiler aşağıdaki gibidir :



Bu sonuçlar için gereken sıcaklık 273K ve basınç 1.013 bardır. Sıcaklığın yükselmesi ile entalpisi de yükselir. Böylece 373K için



Şekil 2.1. Ozonun geometrisi ve bağ yapısı [9]

Ozonun erime noktasını hesaplamak için bir çok çalışma yapılmıştır. Ozon hidrojenin kaynama noktasında mavi-siyah kristallize olarak donar. İlk önceleri yapılan çalışmalar ozonun donma noktasının hidrojenin kaynama noktasına yakın (dolayısıyla 21.75K) sıcaklıkta olduğunu göstermiştir. Gözlemler daha fazla araştırma yapılmaksızın ozonun hidrojenin kaynama noktasında katı olduğunu ortaya çıkartmıştır. Son ölçümler ise ozonun erime noktasının daha yüksek olduğunu göstermiştir [9].

Erime noktasındaki yeni araştırmalar sıvı nitrojen kullanılarak yapılmıştır ve $80.2 \pm 0.5K$ ve $80.7 \pm 4 K$ değerinde sonuçlanmıştır.

Kaynama noktası için hemen hemen aynı değerler, farklı araştırmacılar tarafından bireysel olarak bulunmuştur. Sonuçta $161.3 \pm 3K$ kesin değer kabul edilmiştir.

Ozonun gaz fazdaki yoğunluğu ise ideal gazlar kanunu kullanılarak yapılmıştır. Bu 273K ve 1.013 barda 2.1415 kg/m^3 değerini verir [9].

Sıvı ozonun yoğunluğu ilk olarak, oksijenin atmosferik kaynama noktası olan 90.2K'de $1.71 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur. Sıvı oksijenin yoğunluğu hesabı için aşağıdaki şu formül kullanılabilir :

$$\rho = 1.248874 - 0.00481(T - 68) \text{ g/cm}^3$$

Ozon katı halde, sıvı halden çok daha yüksek bir yoğunluğa sahiptir ve güvenilir değerler henüz mevcut değildir.

Gaz halindeki ozonun viskozite ve yüzey gerilim kesin değerleri de henüz yayınlanmamıştır. 300K'de ozonun molekül yapısından ve kritik sabitlerinden 0.0133 cp (mPa.s) viskozite değerleri hesaplanmıştır [9].

2.2. Kimyasal Özellikleri

Ozon oluşumunda iki temel eşitlik kullanılmaktadır:



şeklinindedir.

İlk eşitliğe göre ozon üretimi endotermik bir prosestir. Bu nedenle, ozon ve oksijen arasındaki denge sıcaklığının yükselmesiyle ozon yönüne kayar, yani ozon konsantrasyonu yükselir. Bu reaksiyon tamamen termaldir, sıcaklığın yükselmesiyle ayrılan oksijen moleküllerinin miktarı artar ve oksijen atomları oluşur, bu da $3\text{O} \rightarrow \text{O}_3$ ve $\text{O}_2 + \text{O} \rightarrow \text{O}_3$ şeklindeki ekzotermik reaksiyonları yükseltir [11].

Ozonun elektrik akımının geçmesiyle oluşum mekanizması ile ilgili pek çok görüş bugüne dek karanlık kalmıştır. Bu özellikle reaksiyonun elektrik olgusuna bağlılığından dolayı ileri gelmektedir.

Ozonun ısıl oluşumu için $80-500^\circ\text{C}$ aralığında çalışılmıştır ve buna bağlı olarak reaksiyon mekanizmasına aşağıdaki denklemlerin referansı ile yaklaşılabilir [11].



M: taşıyıcı gaz (O_2 , O_3 , N_2 , He vb.)

2.3. Ozon Üretim Yöntemleri

Atomik oksijen, oksijen içeren serbest radikaller veya uyarılmış oksijen moleküllerinin varlığı önemli ozon konsantrasyon ve miktarlarının üretimi için temel bir zorunluluktur.

Ozon oluşumunu veren ekzotermik reaksiyon $O_2 + O \leftrightarrow O_3$ veya $O_2 + O + M \leftrightarrow O_3 + M$ düşük sıcaklıklarda bir dereceye kadar yüksek bir denge sabitine sahiptir [9].

Endotermik reaksiyonun denge durumu $3O_2 \leftrightarrow 2O_3$, sıcaklık arttırılarak ozon oluşum yönüne değiştirilir. Bunun tersi de söz konusudur. Denge sabiti 1000K'lık sıcaklıklarda bile ihmal edilecek derecede sabit kalmaktadır.

Isıl proses yöntemi ozon üretimi için en önemli yöntemlerdendir ve yüksek sıcaklıklarda ısıl bozunmadan elde edilen oksijenin kullanıldığı ve yan ürünlerin giderildiği prosesten elde edilen oksijen atomlarının reaksiyonu ile pratikte gerçekleştirilebilir. Böylece ozonun hızlı ısıl bozunması önlenir ve bu şekilde oluşan ozon geçici olarak stabildir.

Fotokimyasal yöntemlerde ise, ultraviyole ışık etkisi altında oksijenin veya oksijen içeren moleküllerin bozunması veya uyarılmış oksijen moleküllerinin oluşumu sağlanır. Bu işlem duyarlı yapılabilir. Böylece 253.7 nm'den daha uzun dalga boyunda civa buharı emisyonu yoluyla oksijen molekülleri uyarılmış olur. Belirli dalga boyunun altında ultraviyole radyasyonunun O_3 'ün bozunmasını da arttıracığı bilinmelidir.

Oksijen hava veya oksijen içeren olası gazlar bir elektrik deşarj geçirirse önemli miktarda oksijen atomları veya oksijen iyonları da elde edilir. Bu olay ozon üretiminde önemli ölçüde kullanılan bir işlemle sonuçlanır. Durgun (silent), ışıklı (glow), taç (korona), geissler, kavisli (arc), kıvılcımlı (spark) ve yüksek frekanslı gibi çeşitli elektrik tahliye tipleri vardır. En geniş uygulamaya durgun deşarj (silent discharge) sahiptir.

Asit, baz, oksijen atomları veya oksijen içeren radikallerin sulu çözeltileri gibi oksijen içeren bileşiklerin elektrolizinde düşük sıcaklıklarda ve yüksek yoğunluklarda oksijen ilaveten önemli miktarda ozon anotta elde edilmektedir.

α radyasyonu, katot ışınları, nötron ve gama ışınması gibi çeşitli elementer parçacıkların etkisi de kullanılabilir. Bu özel yöntem son zamanlarda gerçekleştirilmektedir ve yöntem radyokimyasal veya kimyasal nükleer yöntemin bulgularına dayanır.

Son olarak belirli kimyasal reaksiyonların yan ürünü olarak ozon üretilir. Bunlar oksijen içeren bileşiklerin bozunması, peroksit bileşiklerinin asitlerle reaksiyonları ve flor-su H_2SO_4 , $K_2Cr_2O_7$ vb. arası etkileşimlerdir. Bu reaksiyonlardan atomik oksijen oluşur [9].

2.3.1. Elektrik Deşarjı İle Üretim

Elektrik deşarj, ısı, fotokimyasal ve elektron etkilerine ait olaylarda iyonların oluşumunu elektrik deşarj başlatır. İki elektrot arasındaki gaz boşlukta her zaman mevcut serbest elektronlar vardır. Bunlar elektrotlar ve elektrik alan arasındaki potansiyel farkın etkisiyle hızlanırlar ve serbest yol uzunluğuna bağlı bir hıza ulaşırlar. Yolları boyunca hareketlerinde, atomlarla elastik (esnek) olmayan çarpışmaları sonucu daha fazla iyon oluştururlar. Elektrotlar arasındaki boşlukta yeterli gaz iyonu oluştuğunda ve elektrotlar üzerinde yeterli miktar toplandığında deşarj voltaj etkisiyle başlar. Deşarj sırasında gaz iletken olur ve akım elektrotlar arasında akmaya başlar.

Artan voltaj ve akım yoğunluğunda gaz iyonlarının konsantrasyonu yükselir. Böylece gaz iyonları sadece moleküllerle reaksiyon vermez, aynı zamanda birbirleri ile de reaksiyon verir ve radyasyon açığa çıkarırlar. Bu olay, özellikle başlangıçta maksimum olan gücün yer aldığı elektrotların önünde meydana gelir. Bu taç (corona) deşarj adı verilen zayıf bir aydınlatıcı deşarj kademesi meydana getirir. Çarpışmaların etkisiyle, bütün elektrot boşluğu iyonlaşır ve aniden iletken olur. Bu olay kıvılcım (spark) deşarj olarak isimlendirilir.

Bağil olarak oldukça yüksek akımlı sürekli bir deşarj iki elektrot arasında meydana geldiğinde yay (arc) deşarj olarak isimlendirilir. Yay deşarjın özelliği yüksek sıcaklığa sahip olmasıdır ve akım önemsiz kütleli hareketli elektronları yoluyla tamamen taşır.

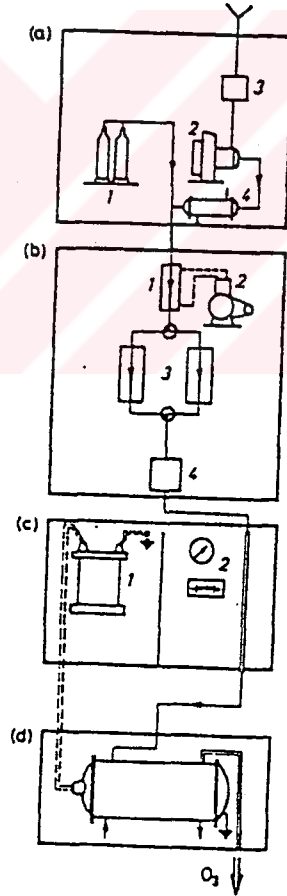
Akım yoğunluğunun artışı düşük elektron hızıyla ifade edilen karanlık deşarjı oluşturur. Bu durum kızıl ışık ve leke deşarjlarının farklılaşmasıyla ışık veren durgun deşarja kademe kademe gider.

Ozonun ekonomik ve pratik üretimi için tek önemli olasılık yüksek voltajlı deşarjdır. Bunun nedeni bu deşarj tipinde uzaklaştırılması şart olan yüksek sıcaklığın olmayışındır [9].

2.3.1.1. Ozon Üretimi İçin Kullanılan Proses Cihazları

Ozon üreten cihaz iki ana gruba ayrılabilir. Besleme gazının hazırlanması için kullanılan cihaz ve ozon üreticisi.

Hazırlama için kullanılan cihaz : Sisteme kullanılacak besleme gazının oksijen ya da hava olması önemli olmaksızın ozon üretiminde kullanılan besleme gazının hazırlanması için uygun bir hazırlayıcıdır. Üreticinin deşarj boşluğuna besleme ulaşmadan görev yapar. Besleme gazının hazırlanması için kullanılan cihaz laboratuvar ve büyük ölçekli üretim cihazının her ikisinde de bulunur. Şekil 2.2 bir ozon üreticinin şematik şeklini göstermektedir.



Şekil 2.2. Ozon üretimi ekipmanının blok diyagramı [9]

- | | | | |
|------------------------|------------------|---|----------------------|
| a) besleme sistemi | 1)kap bataryası | 2) itici | 3) hava filtresi |
| b) saflaştırma sistemi | 1)son soğutma | 2) yenileyici kompresör | 3) kurutucu 4)filtre |
| c) yardımcı sistem | 1) transformatör | 2) cihazlar (duyma ölçme, kontrol, doğrulama) | |

Donanım sistemi : Besleme gazları yüksek basınç altında çelik kaplarda depolandığı ve basınç indirgenmesi için çeşitli aletler kullanıldığında hava veya oksijenle beslenebilir. Hava kullanmak için tasarlanan cihazda kompresör ve döner üfleyiciler gibi genel iticiler kullanılabilir.

Ozon üretici tipine bağlı olarak kullanılan sistemde besleme gazı 1-7 bar arasında değişir. Bundan dolayı yüksek veya düşük basınç kompresörleri kullanılır. Piston tipi kompresörler kullanıldığında kurutma işlemi zorunludur. Kompresör bir filtre ve bir soğutucu ile donatılır. Soğutucuyu terk eden havanın sıcaklığı bütün vasitalarda 300K'den daha düşük olmalıdır. Soğutma sonrası nem içeriğinin bir miktarı uzaklaştırılır [9].

Saflaştırma işlemi : Saflaştırma sisteminin temel birimi kurutucudur. Bilindiği gibi ozon üretiminin verimi nem varlığında düşer.

Düşük basınçlı ozon üreticileri durumunda, kurutucuya hava girmeden önce yaklaşık 278K'e havayı soğutmak zorunludur. Sonraki soğutucu ayrı bir soğutma çevriminde kullanılır. Düşük sıcaklıklı gaz beslemenin enerji verimi üzerindeki etkisi de bilinmektedir. Ferdi işlem ve gereksinimlere bağlı olarak adsorptif yada soğutmalı kurutma kullanılır. Silika jel, aktifleştirilmiş alüminyum jeli veya moleküler elek adsorban (yüzey tutucu) olarak hizmet görür. Kurutucular otomatik değişim yenileyici sistem ile donatılır. Kurutucuyu terk eden havanın nem içeriği en az 253K'lık ($\approx 0.8 \text{ g/dm}^3$) çiğ noktasına uygun olmalıdır. Bu kurutucular genellikle atmosfer basıncında çalışırlar [9].

Yardımcı sistemler : Bu gruba dahil olanlar üreticinin enerji kaynak, kontrol ve teçizatlandırma sistemleridir.

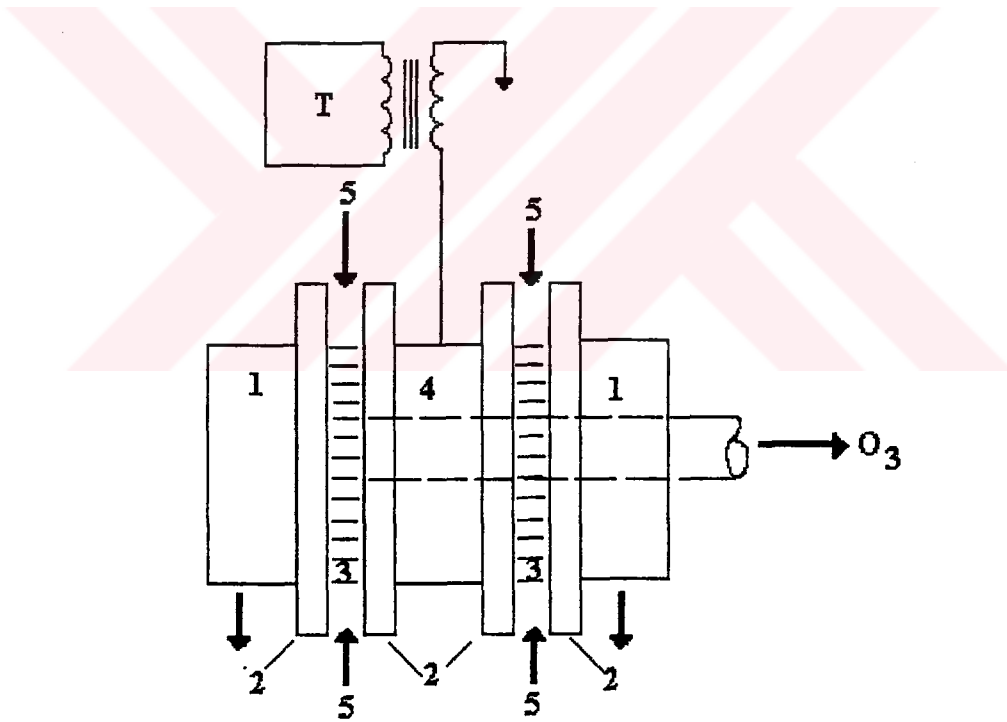
Ozon üreticileri genellikle tek fazlı a.c. formatörler 4 kV civarında kıvılcım voltajını ayarlayan kademesiz kontrol için uygundur. Transformatörler, ozon üreticilerinin %20 ile 100 arasındaki sürekli çıkış güç kontrolünü kolaylaştırır. Dielektrik olarak kullanılan camlı bir alet durumunda, cam tüpünün kırılması kısa devreye neden olur. Korumak için her tüp voltajlı sigorta ile korunmalıdır. En yüksek üretim birimleri otomasyon için kurulan maksimum olabilirliğe eğilimli olarak belirlenir.

Özel teçizatlandırma ile hava boşluğunu sürekli olarak izleme sağlıklı korunma gereksinimini sağlar.

Ozon üreticileri : Bu cihazlar tasarımlarına göre iki ana gruba ayrılabilir. Bunlar düz elektrotlu ve borusal elektrotlu ozon üreticileridir. 1930'lu yılların başından itibaren borusal elektrotlu ozon üreticileri karşımıza çıkmaktadır. Borusal elektrot birimleri genel teknik

gelişimi çerçevesinde oldukça hızlı bir ilerleme göstermekle beraber, bu iki grup cihazın tasarımındaki sapmalar, teknik mükemmellik veya kalite açısından bir fark göstermemektedir.

Şekil 2.3 düz elektrotlarla çalışan Otto ozon üreticisinin temel tasarımını göstermektedir. Yüksek voltajlı elektrot pasalanmaz çelikten yapılmış ince bir plakadır. Topraklı elektrot daha iyi soğutma için blok oluşturan bir alüminyum tepsideen yapılmıştır. Elektrotlar arasına yerleştirilen deşarj boşluğundan ürün gaz kendilerine dik açıda olan tepşilerin merkezinden geçerek kollektör borudan dolayı akım yönünde bir değişimden sonra çıkar. Giren ve çıkan gaz akımlarının bu gelişi güzel dağılımı bu tip üreticinin dezavantajlarından biridir ama cihaz yaygın olarak kullanılmaktadır. Otto ozon üreticinin tepsi elektrotları düşey olarak düzenlemiştir [9].

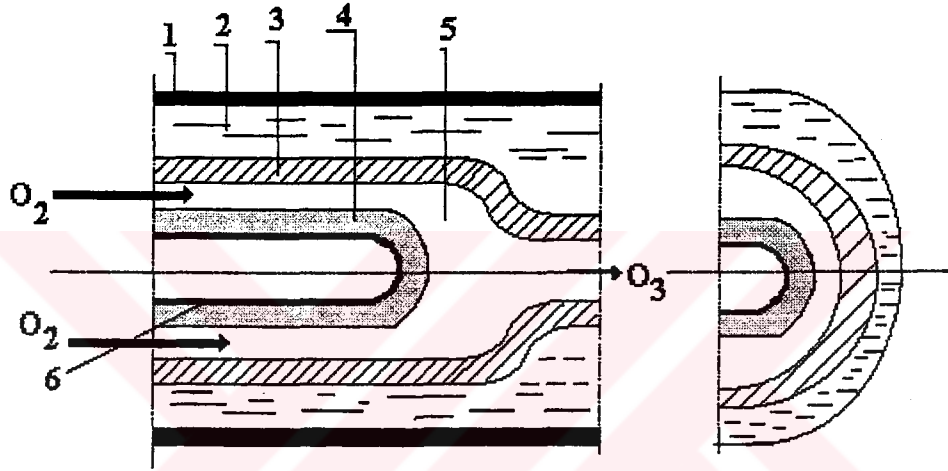


Şekil 2.3. Otto tipi düz elektrotlu üreticinin şematik diyagramı

- 1) su soğutmalı zemin elektrodu 2) cam dielektrik 3) deşarj boşluğu
 4) su soğutmalı yüksek voltaj elektrodu 5) hava girişi
 O₃ : ozon çıkışı T: transformatör

Borusal tip ozon üreticileri düşey veya yatay düzenli olabilirler ve birçok borusal birimden oluşabilirler. Borusal tip bir ozon üreticisinin tasarımı Şekil 2.4'te görülmektedir.

Çıkış elektrotları paslanmaz çelik borulardır, paslanmaz çelik aralıklara bağlıdır ve soğutma suyu ile çevrilidirler. Merkezi iç paslanmaz çelik borular; iç yüzeyleri ikinci bir yüksek voltaj elektrodu olarak görev yapan bir iletken ile kaplanmış, borusal cam dielektrikleridir. Üretici birimler paralel düzenlenmişlerdir ve soğutma suyu dağıtım sistemi ile birleştirilmişlerdir. Gaz sızdırmaz “demir lug” ile birleştirilmişlerdir. Böylece hava yada oksijen borularının sonundan ozon üreticiye beslenebilir ve diğerinden ozon alınabilir [9].



Şekil 2.4. Borusal ozon üretici birimi

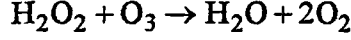
- 1)kapak 2)soğutma suyu 3)su soğutmalı paslanmaz çelik elektrot
4)cam boru dielektrik 5)deşarj deliği 6)yüksek voltaj elektrodu

2.3.2. Fotokimyasal Yöntemlerle Üretim

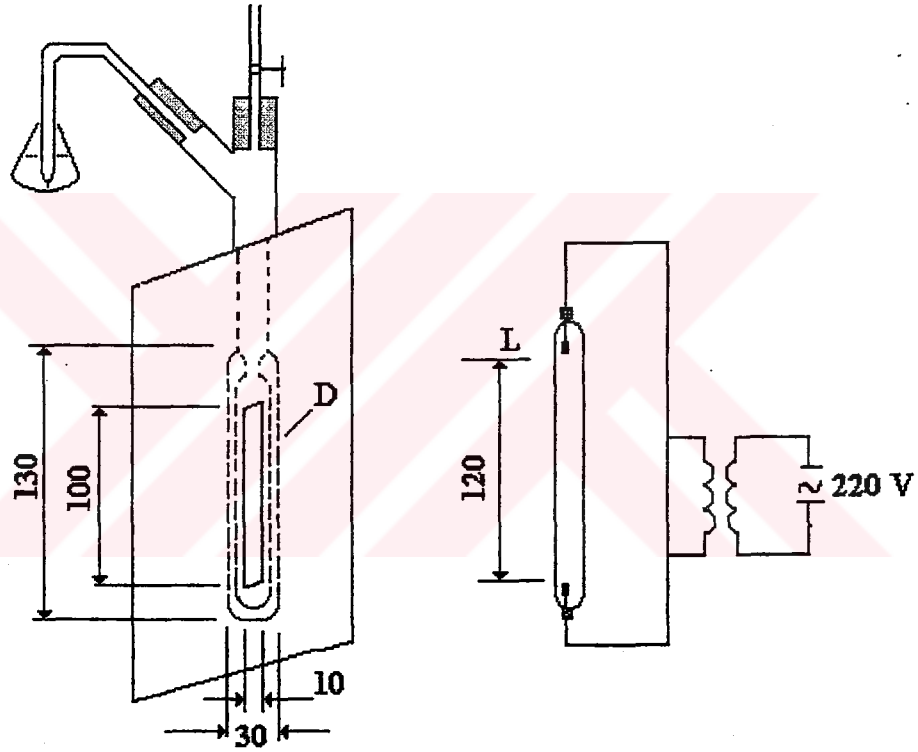
Kuru oksijen, ultraviyole ışık yoluyla uyarılırsa, uyarılmış oksijen moleküllerinin ayrılması sonucunda uyarılmış oksijen atomları üretilir. Ozon oluşumuna götüren ikincil reaksiyonlar, uyarılmış oksijen moleküllerinin kendileri arasında ve uyarılmış oksijen molekülleri ve atomları arasında yer alır.

Gaz fazdaki oksijenin radyasyona tabi tutulması, 1-60 bar aralığındaki çeşitli basınçlarda sıvı oksijenin ultraviyole bölgesinde aydınlatılmasıyla incelenmektedir. Ozon üretimi için uygun dalga boylarının üst limiti 220 nm'ye uzanmaktadır.

Hava veya oksijen içerisinde subuharının varlığı ozon üretimini azaltır radyasyon etkisi altında H_2O_2 oluşur. Ozonla olan reaksiyonu sonucu kolaylıkla suya dönüşür.



Fotometrik olarak çalışan bir küçük ozon üreticisi Şekil 2.5’de gösterilmektedir. 10 mm’e genişlikli bir pencere içerisinden 90K sıcaklığında sıvı oksijen demir kabına depolana karışık fazın radyasyonlanması yeteneği olan civa buhar lambası içeren bir radyasyon kaynağı olarak cihaz ele alınabilir [9].



Şekil 2.5. Fotokimyasal ozon üreticisi

2.4. Gıda Sanayinde Ozon Kullanım Alanları

İnsanlara ve hayvanlara zararlı etkisi olan bakteri, mantar ve virüsler üzerinde ozonun öldürücü etkisi bilinmektedir. Gıda sanayinde ve tarımda ozonun çeşitli kullanım olanakları, bakteri ve mikrop öldürücü özelliğinden dolayı geliştirilmiştir. Aynı zamanda sadece mikrop öldürücü olmayıp iyi bir spor öldürücüdür. Aynı zamanda diğer maddelerle de reaksiyona girerek iyi ve kötü kokuları da bozar [1].

Bu özelliklerinin iyi yönde kullanımı ile ozon geniş bir uygulama alanı bulur. Bakterileri inaktive etmede, sporların azaltılmasında ve kötü kokuların giderilmesinde ozon etkili olduğundan bir çok alanda kullanılma çalışmaları vardır. Özellikle laboratuvarlarda, hotel odalarında, morglarda, hastahanelerde, toplantı salonlarında ve soğuk hava depolarında ve frigofrik taşıma araçlarında kullanılabilir olan ozon jeneratörleri dizayn edilmiştir [1].

Kolay bozulan gıdaların depolanmasında da ozon kullanımı uygun olmaktadır. Çeşitli meyvelerin depolanmasında ozon muamelesinin elverişli olup olmadığı soğuk hava tesislerinde çok daha kapsamlı denemeler ve çalışmalar gerektirmiştir [2].

Ozonun diğer bir kullanım alanı içme sularıdır. Ozonun içme suyundaki uygulamaları tüm bakteri ve virüs formlarını sterilize etmek, durulmayı arttırmak, tat, koku ve rengi uzaklaştırmak amacıyla [16].

Bakteriler, mikroskopla görülebilecek küçüklükte, tek hücreli, basit yapıli besinini dışarıdan alan metabolik artıklarını dışarı bırakan ve bölünerek çoğalan bir canlıdır. Virüsler ise oldukça küçük bağımsız kristal ve makro moleküllerden oluşmuşlardır. Bakterilerden farklı olarak bunlar dışı hücre içinde çoğalırlar. Bakteri öldürücüler ve sterilizasyon ajanları daha çok enzimatik kontrol sisteminin operasyonlarına engel olarak veya bloke ederek bakteri hücrelerinin metabolizmasını önlerler. Oksidasyon aracının yeterli miktarı hücre membranını kırar ve bakteri yada virüsün imhasını sağlar. Klor suyla reaksiyona girer, konsantrasyon birim hacmindeki bakteri miktarına ve ortamın pH'ına bağıli olarak mikropları imha eder. Ozon ise su ile reaksiyona girmez ve mikrop imha yüzdesi de ortamın pH'ına bağıli değildir. Bu da ozonun diğer dezenfektanların yanında önemli bir avantajını oluşturur.

Ozon suyun dezenfeksiyonunda yıllardır kullanılıyor olmasına rağmen gaz fazda dezenfeksiyon ya da sterilizasyon amacı ile kullanımı azdır. Bu amaçla çoğunlukla etilen oksit, formaldehit ve ultraviyole yada iyonlaştırıcı radyasyon kullanılmaktadır. Ozonun bazı patojenik organizmalar üzerinde %60-80 bağıl nem de 0.05 mg/l'de bile bakterileri öldürücü etkisi bulunmuştur [10].

Bugüne kadar yapılan uygulamalardan biri de şeftali, çilek ve salatalığın hasat sonrası kalitesini kontrol etmek amacıyla kullanılmasıdır. Diğer yandan ozon içeren bir ortamda saklanan patateslerin yüzeyindeki patojenik mikropların ozon ile imhası da başarıyla gerçekleştirilmiştir [15].

Başka bir araştırmada, taze sığır etinin 0.15'den 5 mg/m³'e kadar ozonlanmış havaya maruz bırakılarak mikrobiyel yükteki değişimi gözlenmiştir. *Pseudomonas* spp, *Candida* Scotti, *Thomnidum* ve *Penicillium* spp aşılana sığır etinin yoğunluğu 2 mg/m³ olan ozon uygulamasında *Candica* Scotti ve *Pseudomonas* spp miktarında önemli ölçüde azalma gözlenmiştir [18].

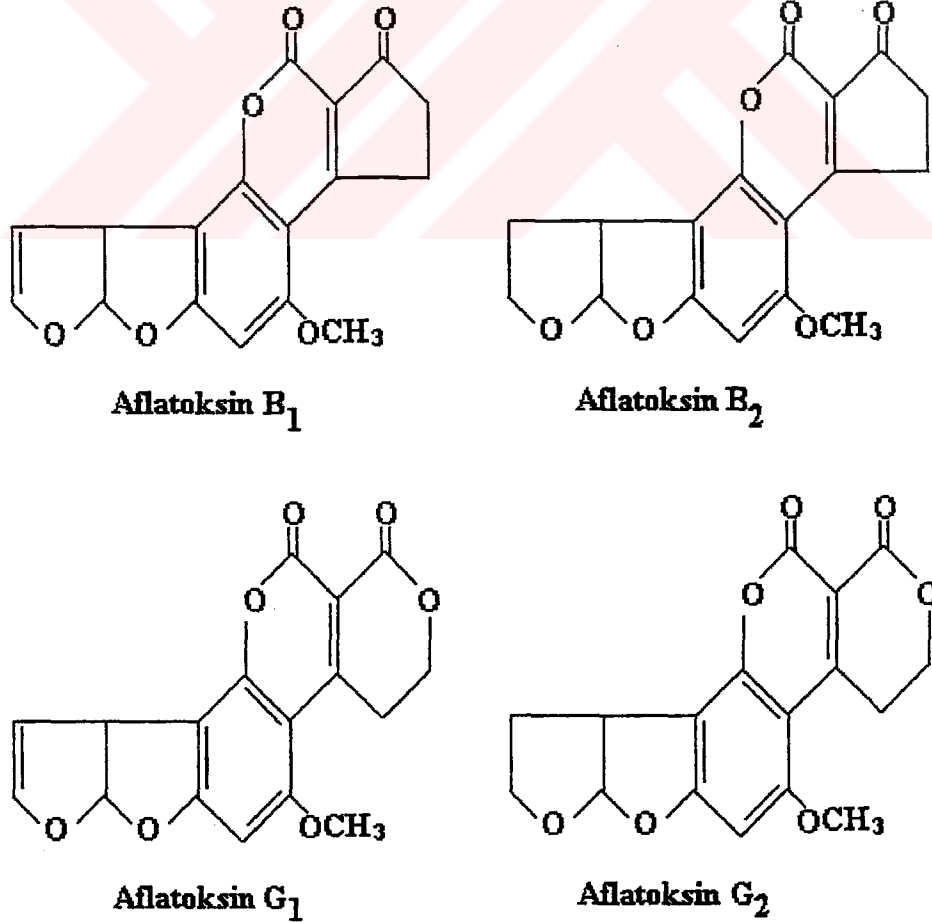
Deniz mahsullerinin ozonize su ile dezenfeksiyonu da oldukça yeni bir uygulamadır. Ozonlu su ile karideste mevcut olan bakteriyel yükün inaktif hale getirilmesi araştırılmıştır. Ozonlu su verimli olarak etin içine geçemediğinden karidese ozonla yapılacak dezenfeksiyon verimli olmamaktadır [6].

3. AFLATOKSİN KİMYASAL, FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE AFLATOKSİN OLUŞUMU

3.1. Aflatoksinlerin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Aflatoksinler, *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* cinsi küf mantarlarının bazı suşlarının sekonder metabolitleri olup UV ışığı altında verdikleri fluoresans renklere göre B₁, B₂, G₁ ve G₂ olmak üzere dört ana gruba ayrılmaktadırlar. Aflatoksin B₁ ve B₂ mavi renkli fluoresans, G₁ ve G₂ turkuaz renginde fluoresans verir. Bu toksinlerin tümü bifuran parçasına kaynamış fumarin çekirdeği ve altı elemanlı lakton halkası ihtiva ederler.

Aflatoksinlerin kimyasal yapıları Şekil 3.1'de, fiziksel özellikleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir.



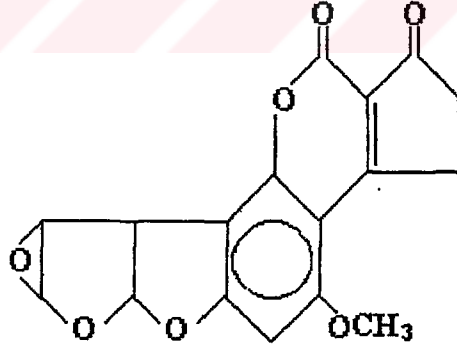
Şekil 3.1. Aflatoksinlerin kimyasal yapıları

Tablo 3.1. Aflatoksinlerin kimyasal yapıları

Aflatoksin	Formülü	Molekül ağırlığı	Ergime noktası (°C)	Maksimum fluoresans (nm)
B ₁	C ₁₇ H ₁₂ O ₆	312	268-269	425
B ₂	C ₁₇ H ₁₄ O ₆	314	286-289	425
G ₁	C ₁₇ H ₁₂ O ₇	328	244-246	450
G ₂	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	330	237-240	450

3.2. Aflatoksinin Oluşumu ve Aflatoksin Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Aflatoksinlerin kronik etkisi, kanser yapıcı olmasıdır. Aflatoksin B₁ karaciğerde metabolize olarak terminal furan halkasındaki çift bağa bir oksijen dahil olarak Aflatoksin B₁-epoksid meydana gelir. Bu metabolid biyolojik olarak çok daha aktif olup DNA, RNA, polinükleotid ve kısmen de proteinler ile birleşerek mutojen ve kanserojen bir etki oluşturmaktadır.

**Şekil 3.2.** Aflatoksin B₁-8,9-epoksid

Aflatoksin metabolitlerinin DNA, RNA ve nükleik asitlere nasıl bağlandıkları ve kanser oluşturdukları tam olarak bilinmemektedir. Yalnız aflatoksin B₁'in kanserojenik etkisi vardır.

Belirtilerin bu nedenden dolayı gıda ve yem maddeleri üretiminde ve ithalatında aflatoksin için maksimum kabul edilebilir limitler belirlenmiştir. Genel olarak bu limitler

ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Çeşitli ülkelere ait aflatoksin limitleri Tablo 3.2'de verilmiştir [19].

Tablo 3.2. Çeşitli ülkelerde gıda ve yem maddelerinde bulunmasına izin verilen aflatoksin limitleri

Ülke	Aflatoksin	Ürün	Limit (ppb)
Avrupa Topluluğu Ülkeleri	B ₁	tüm gıda maddeleri	1
		baharatlar	5
		hububatlar	2
Kanada	B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	findık ve findık ürünleri	15
İngiltere	B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	yerfıstığı	50
ABD	B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	tüm gıda maddeleri	20
Türkiye	B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	tüm gıda maddeleri	20
	B ₁	tüm gıda maddeleri	5

Yukarıda verilen limitler 1994 yılındaki durumu yansıtmaktadır. Gittikçe bu limitler aşağıya çekilmekte ve daha fazla ürünü kapsar hale gelmektedir.

Ülkemizde de yapılan araştırmalarda gıda ve yem maddelerinin çeşitli seviyelerde *Aspergillus* cinsi küflerle bulaşmış oldukları ve aflatoksin içerdikleri görülmektedir [7].

Gıda ve yem maddelerinde üretim ve depolama sırasında küflerin üremesi ve aflatoksin fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı olmaları nedeniyle de mevcut toksinler inaktive edilememektedir. Aflatoksin yönünden önemli ölçüde problemi olan ürünlerden biri de kırmızı biberdir. Dünyanın bir çok yerinde yapılan çalışmalarda biberlerin önemli ölçüde aflatoksinle bulaşmış olduğu belirtilmektedir. Ürünlerde aflatoksin oluşumunun engellenmesi için toksin oluşumunu etkileyen faktörleri bilmek gerekir. Toksin oluşumunu etkileyen faktörler :

- fiziksel (nem, kuruma hızı, ıslanma, nisbi rutubet, sıcaklık, mekanik hasarlar vb)
- kimyasal (CO₂, O₂, mineral maddeler, kimyasal işlemler)
- biyolojik (bitki stresi, böcek faaliyeti, funguslar vb)

Aspergillus ve Penicillium cinsi funguslar depo fungusu olarak adlandırılırlar ve esas olarak depolanan tarımsal ürünlerde faaliyet gösterirler. Nem miktarı arttıkça küf mantarının taneyi enfeksiyonu da armaktadır

Aspergillus flavus gelişimi ve toksin oluşturmasında en önemli etkenlerden birisi de küf mantarının geliştiği ortamdaki su aktivitesidir. Ancak yapılam denemeler, su aktivitesinin olduğu kadar ürünün bulunduğu ortamın bağıl neminin de küflerin üremesinde çok önemli olduğunu göstermiştir [7].

Aflatoksin oluşumuna sıcaklığın etkisi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Küf mantarı 44-45°C'ye kadar gelişebilir.

Mekanik hasarlar da toksin oluşumunu arttıran önemli etkenlerdir. Benzer şekilde yerfıstığında makina ile hasat, elde hasata nazaran daha fazla toksin oluşumuna neden olmaktadır.

En önemli etkenlerden birisi de kuraklık stresidir. Bitkinin kuraklığa maruz kalması durumunda nem düzeyi Aspergillus flavusun enfeksiyonu için riskli olan düzeye gelmekte ve ürün tarlada iken enfekte olmaktadır.

Bunların dışında ortamda Aspergillus sporlarının fazla olması küf mantarlarının gelişimini arttırmakta ve CO₂'li depolama küf mantarlarının gelişimini ve toksin oluşumunu azaltmaktadır.

3.3. Ozonla Aflatoksinlerin Detoksifikasyon Olanakları

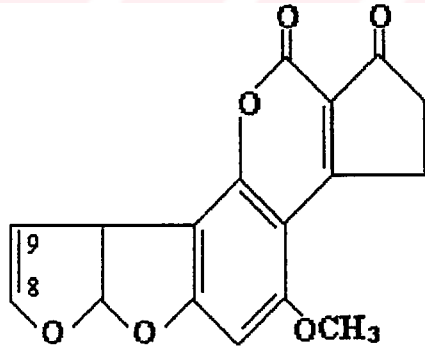
Gıda ve yem maddelerinde üretim ve depolama sırasında küflerin üremesi ve aflatoksin oluşumu engellenemediğinden araştırmalar gıda ve yem maddelerinde mevcut aflatoksinlerin detoksifikasyonu üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Bugüne kadar üzerinde çalışılan önlemler arasında sıcaklık, klor bileşikleri, peroksitler, asit ve alkalilerle işlem, adsorpsiyon, ışınlama ve belirli mikroorganizmalarla detoksifikasyon sayılabilir. Bugüne dek yürütülen çalışmalara dayanılarak önerilen bu metotlar ucuz ve pratik olmadıkları gibi gıda ve yem maddelerinin duyusal niteliklerinde istenmeyen değişiklikler meydana getirmektedirler. Bu bakımdan son yıllarda ozonlamanın aflatoksinlerin detoksifikasyonunda alternatif metot olarak kullanılabilirliği üzerinde çalışmalar yürütülmektedir.

Bugüne kadar ozon, yalnızca pamuk tohumu ve fıstık üzerine uygulanmıştır. İşlem parametreleri olarak nem içeriği, sıcaklık ve işlem süresi seçilmiştir. %22 nem içeren pamuk

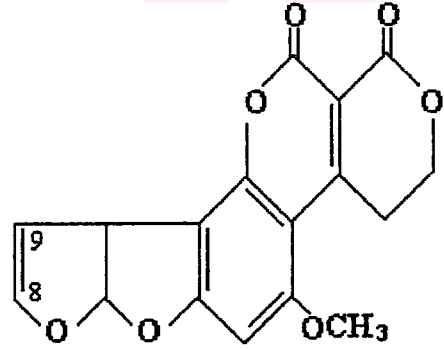
tohumunun başlangıçta aflatoksin B₁ konsantrasyonu 144 µg/kg ve aflatoksin B₂ konsantrasyonu 70 µg/kg'dır. 100°C sıcaklıkta ozonla iki saat muamele edilen pamuk tohumunda toplam aflatoksin konsantrasyonu %91 azalmıştır, kalan %9 yalnızca aflatoksin B₂ konsantrasyonunu göstermektedir. %30 nem içeren fıstıkta aflatoksin B₁ 54 µg/kg, B₂ 18 µg/kg ve G₁ 10 µg/kg konsantrasyonlarındadır. Fıstığa, 100°C'de ozon bir saat verilmiş ve toplam aflatoksin konsantrasyonu %78 azaltılmıştır. Geride sadece 18 µg/kg konsantrasyonunda aflatoksin B₂ kalmıştır [8].

Aflatoksin molekülü fizikokimyasal ve biyokimyasal açıdan incelendiğinde iki önemli toksik aktivite gösteren yapı bulunmaktadır. Birincisinde, B₁ molekülünün sahip olduğu furan halkasındaki 8,9 çift bağ etkili olur, ikincisi, reaktif yapı ise kumarin yapıda lakton halkasıdır. Lakton halkası kolayca hidrolize olur ve bundan yararlanılarak da aflatoksin parçalanır. Bu nedenle aflatoksin parçalanmasında terminal furan halkasındaki çift bağın çözülmesi veya lakton halkasının açılması önem taşır.

Ozonun aflatoksin üzerine etkisi de bu reaktif yapıya dayandırılmaktadır. Ozon doymamış C=C bağlarına karşı doğal ve hayli güçlü bir oksidandır. Aflatoksin B₁, G₁ molekülleri C 8,9 çift bağına sahiptirler (Şekil 3.3 ve 3.4).



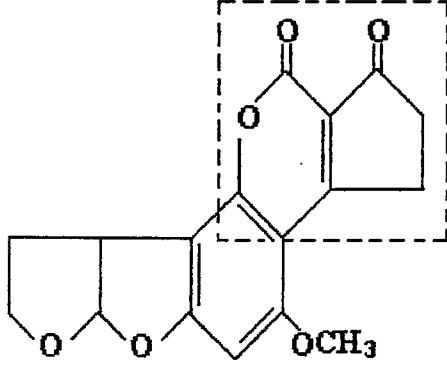
Şekil 3.3. Aflatoksin B₁



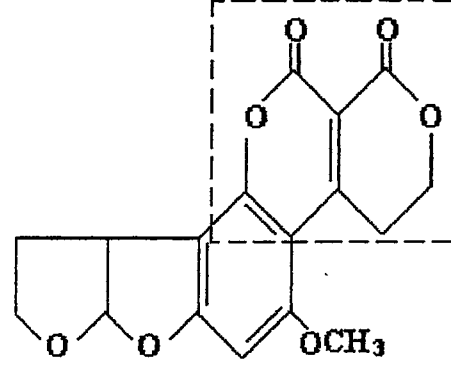
Şekil 3.4. Aflatoksin G₁

Furan halkasındaki C 8,9 çift bağ yüksek elektron yoğunluğu yüzünden ozonun elektrofilik saldırısına müsaittir. Ozon elektrofilik eklenme ile bu bağa saldırır. Ozonla muameleden sonra kumarin yapının aynı kaldığı gözlenmiştir. Diğer taraftan, aflatoksin B₂,

G₂ ozona daha dirençlidir. Aflatoksin B₂, G₂ C-8,9 çift bağı içermediğinden yoğun ozon uygulaması ile lakton halkası açılır ve kumarin yapı bozulur (Şekil 3.5 ve 3.6)[12].



Şekil 3.5. Aflatoksin B₂



Şekil 3.6. Aflatoksin G₂



4. MATERYAL VE YÖNTEMLER

4.1. Materyal

Araştırma materyali olarak farklı büyüklüklerde kırmızı parça biber ve kırmızı pul biber (*Capsicum Annum*) kullanılmıştır. Küçük kırmızı parça biberle ön deneme çalışmaları yapılmıştır.

4.2. Materyalin Ozonla Muamelesi

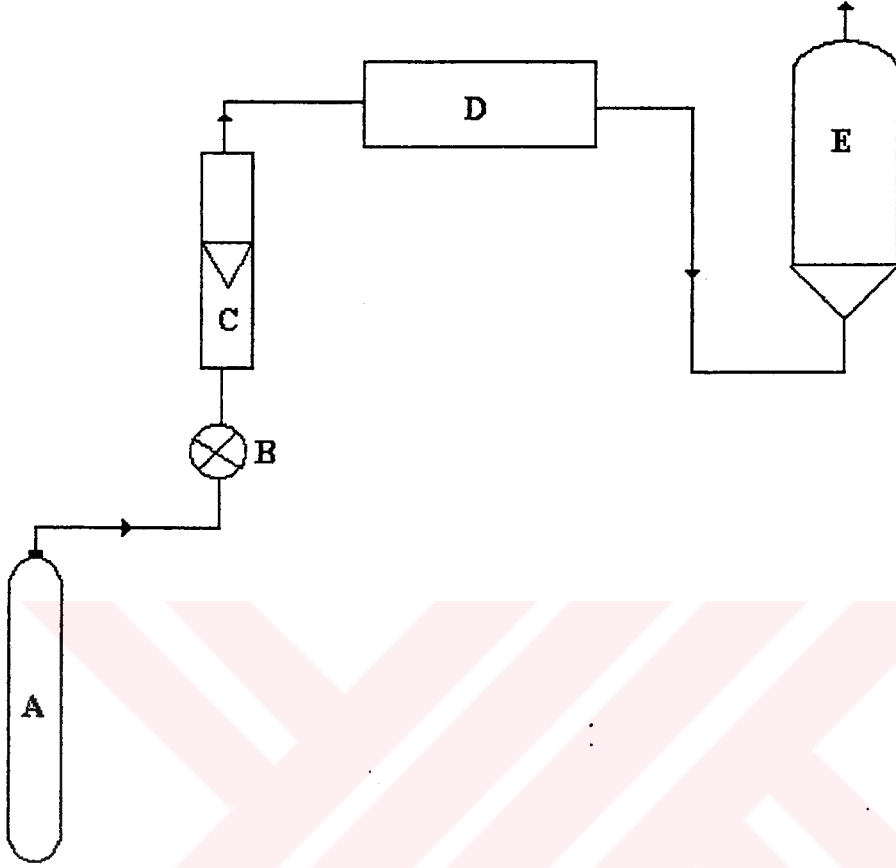
Ozon uygulamasında gıdanın nem düzeyi, gıdadaki aflatoksin konsantrasyonu, gıdanın formu ve ozonla içerik maddelerinin etkileşimi önem taşımaktadır. Bu çerçevede uygulanacak olan ozonlama koşulları optimize edilmeye çalışılmıştır.

Denemelerde kullanılan bütün örneklerin başlangıç nem düzeyleri (%10.11; %12.6; %12.74) saptanmış ve değişik ozon konsantrasyonları ve işlem süreleri belirlenmiştir. Örnek alma yöntemi ile 75 g alınan örnekler ozonlama reaktöründe ozonlanmıştır ve ozonlama esnasında biberler, ozonun bütün biberlerle aynı oranda temas etmesi için sık sık karıştırılmıştır. Ozon, durgun elektrik deşarjı ile Fischer Ozon-502 Jeneratöründe üretilmiştir. Oda sıcaklığında 35 ml/dak akış hızında (oksijen akışı) 16 mg/L ozon üretilmektedir. Oksijen akış hızı 50 ml/dak olduğunda 33 mg/L, 70 ml/dak olduğunda ise 66 mg/L ozon üretimi sağlanmaktadır. Deney düzeneği Şekil 4.1'de gösterilmektedir.

4.3. Kalite Değişim Yöntemleri

4.3.1. Kuru Madde Tayini

Kırmızı biber örneklerinin kuru madde miktarının belirlenmesinde AOAC yöntemleri kullanılmıştır. Sabit tartıma getirilmiş ve darası belirlenmiş petri kaplarına, homojenize kırmızı biber örneklerinden 5 g tartılır. Bu örnekler 105°C'de etüvde sabit tartıma gelinceye kadar tutulur. Daha sonra örnekler etüvden çıkarılarak desikatörde bekletilir. Yarım saat



Şekil 4.1. Deney düzeneğinin şematik gösterimi
 A: oksijen tübü B: kontrol vanası C: akış ölçer
 D: ozonator E: ozonlama reaktörü

sonra örnekler desikatörden çıkartılır ve tartılarak kuru madde miktarı (%) olarak hesaplanır. Hesaplamalarda aşağıdaki formül kullanılır :

$$\%KM = \frac{M_{ks} - M_b}{M_{k0} - M_b} 100$$

M_b : petri kabının boş ağırlığı (g)

M_{k0} : petri kabı ve kırmızı biber örneğinin kuruma öncesi ağırlıkları toplamı (g)

M_{ks} : petri kabı ve kırmızı biber örneğinin kuruma sonrası ağırlıkları toplamı (g)

4.3.2. Renk Ölçümü

Renk ölçümleri Hunterlab Color ile yapılmıştır. Aletin ayarlanmasında siyah ve beyaz renk kullanılmıştır. Örnekler aletin kuvvetlerine boşluk ve hava kabarcığı kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Her örnek en az 3 kez ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Hunterlab sisteminde “L” parlaklık ve koyuluk “+a” kırmızılık, “-a” yeşillik, “+b” sarılık, “-b” mavilik olarak tanımlanmaktadır.

Sistem x, y, z ve L, a, b değerlerini dijital olarak vermektedir. Şekil 4.2’de Hunter renk ölçeğinin üç boyutlu göstergesi verilmiştir.

4.3.3. Duyusal Analizler

Duyusal tat analizi için standart etli nohut yemeği hazırlanmıştır. Yemeğe kırmızı biber haricinde gerekli bütün malzemeler katılmıştır (10 saat önce ıslanmış nohut, kuşbaşı et, salça, soğan, yağ, tuz). Yemek piştikten sonra her kırmızı biber örneğinden 2 gram alınarak üzerlerine nohut yemeği birer kepçe olarak eklenmiş ve tadına, acılığına bakılmıştır.

4.3.4. Aflatoksin Analizleri

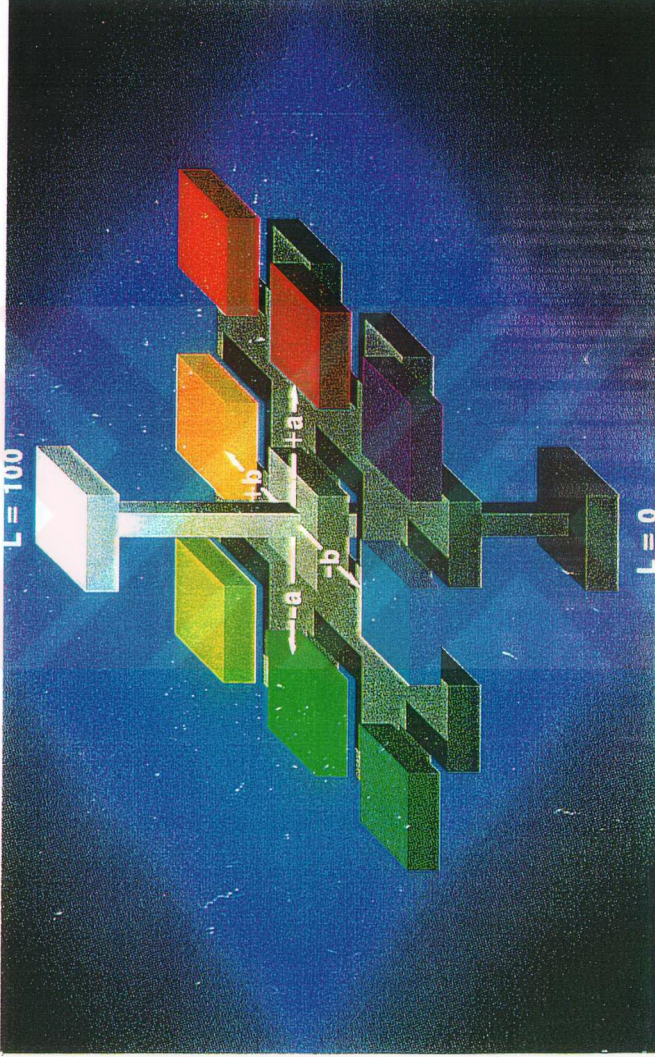
Ozonlanmadan önce ve ozonlanmadan sonra örneklerde aflatoksin konsantrasyonlarını belirlemek üzere AOAC yöntemleri kullanılmıştır [3].

Prensip :

Örneklerden aflatoksinin ekstraksiyonu, ekstraktın saflaştırılmasını takiben kromatografik ayırma tabi tutulması, aflatoksinlerin floresans ve kromatografik özellikleri ile teşhisi ve miktarının tayinine dayanmaktadır.

Cihazlar :

- İnce tabaka kromatografisi düzeni : 20x20 cm (60F-Merck) silika plakalar, 10µl’lik, 5 µl’lik ve 100 µl’lik şırıngalar, kromatografi tankı
- UV lambası veya kabini: kısa (254 nm) ve uzun (365 nm) dalga boyunda ışık veren 15’er wattlık iki lambası bulunan



Şekil 4.2. Hunter renk ölçeğinin üç boyutlu göstergesi

- Tüp çalkalayıcısı
- Hassas terazi : 0.001 mg hassasiyetinde
- Blender : yüksek hızlı, 1 lt'lik
- Mekanik çalkalayıcı
- Döner vakumlu evaporatör
- Erlen : 500 ml'lik tarşlı ve cam tıkaçlı
- Vial : 2-10 ml'lik
- Filtre kağıdı : Whatman no 1 ve 4
- Bunher hunisi : 9 cm çapında
- Su banyosu
- Azot tüpü
- Reaktifler :

-Çözücüler : kloroform, hekzan, metanol, toluen, aseton, dietil eter (susuz, en fazla %0.01 alkollü), benzen asetonitril, H₂SO₄

-Diatome toprağı : yıkanmış celit 545

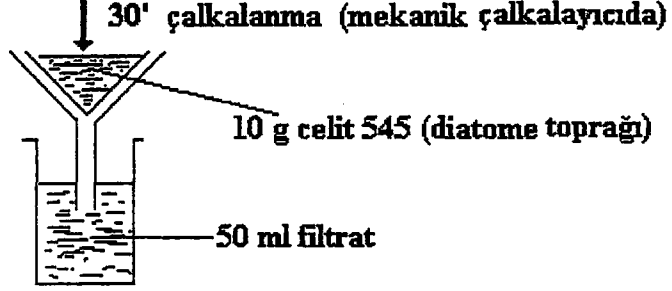
-Sep-pak kartuş, 2 ml'lik silika (Milipore)

-Metalik sodyum

-Aflatoksin Rezolüsyon Referans Standardı : Rezolüsyon referans standardı, aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂'nin tek tek hazırlandıkları konsantrasyonlarda olacak şekilde karıştırılıp benzen-asetonitril ile seyreltilip elde edilir.

Analiz Metodu :

50 g numune+250 ml kloroform + 25 ml su



↓

Evaporatör (kloroform+su uçurular)

↓

2 kere 0.5 ml toluenle yıkanan örnek sep-pak kartujdan geçirilir

↓

10 ml toluen

↓

10 ml toluen+aseton (95+5)

↓

6 ml eter+hekzan (3+1)

↓

10 ml kloroform + metanol (97+3)(aflatoksin)

viale alınır, vialler azot altında kurutulur.

Azot altında kurutulmuş vialler 200 µl benzen+asetonitril (98+2) ile sulandırılıp silika plakalara spot yapılır ve bu plakalar ilk önce susuz eter tankında kirliliği alındıktan sonra kloroform+aseton (90+10) tankında geliştirilir. Eterin suyu metalik sodyum ile giderilir.

Geliřtirmenin sonunda plaka tanktan çıkartılarak karanlık veya az ışıklı bir yerde, oda sıcaklığında kurumaya bırakılır. Kuruyan plaka kaplanmış yüzeyi üste gelecek şekilde UV kabininin içine konur ve floresans veren aflatoksin benekleri, rezolüsyon standartı ile karşılaştırılır. Floresans veren beneklerin aflatoksin olup olmadığı doğrulama testi olan sülfürik asit testi ile anlaşılır. Benekler üzerine %25'lik H₂SO₄ püskürtüldüğünde UV altında benekler parlak sarı bir renk alırlar.

Hesaplama ve Sonuçlar :

Aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂ aşağıdaki formülle hesaplanır :

$$\text{Aflatoksin B}_1 (\mu\text{g} / \text{kg}) = \frac{\text{S} \cdot \text{Y} \cdot \text{V}}{\text{E} \cdot \text{M}}$$

Burada;

S = Bilinmeyene eşdeğer olan aflatoksin B₁ standartı (μl)

Y = Aflatoksin B₁ standartının konsantrasyonu (μg/ml)

V = Örnek ekstraktının son seyreltiildiği hacim (μl)

E = "S"ye (B₁ standartına) eşdeğer miktarda floresans yoğunluk gösteren örnek beneği için tatbik edilen örnek ekstraktı (μl)

M = Vialdeki ekstrakta eşdeğer olan örnek (g)

Aynı hesaplama B₂, G₁, G₂ için ayrı yapılır.

5.ARAŞTIRMA BULGULARI

Ülkemizde yılda ortalama 30 bin ton üretilen ve büyük ekonomik değere sahip olan kırmızı biberlerde en önemli sorun aflatoksinlerdir.

Aflatoksinler *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* adlı küf mantarlarının uygun şartlarda ürettiği mikotoksindir. Bu mantarlar toprakta yaşayan mikroorganizmalar olup ürüne toprakla temas sırasında bulaşır. Bu problemin çözümü için ürünler mümkün olduğu kadar kısa sürede ve toprakla temas ettirilmeden kurutulmalıdır. Toprak üzerine serilerek kurutulan ürünlerde kanserojen etkili aflatoksinlerin oluşumu mümkündür. Kurutulmuş kuru ürün, aflatoksin değeri sıfır dahi olsa kötü şartlarda depolanırsa aflatoksin miktarının yükseldiği belirtilmiştir. Depolama sıcaklığı ve nemi aflatoksin oluşumunda etkilidir [7].

Ülkemizde gerek halk sağlığının korunması ve gerekse ihracatımız açısından büyük önemi olan gıdalarda aflatoksinlerin ozon muamelesi ile giderilmesi bu çalışmanın amacıdır. Ozonun kolay uygulanabilir olması ve kalıntı bırakmaması nedeniyle aflatoksinlerin parçalanması için uygun bir yöntem olmaktadır.

Bu amaçla, bir taraftan aflatoksinlerin parçalanması sağlanırken bir taraftan da kalitenin korunmasına özen gösterilmiştir. Kaliteyi olumsuz etkileyecek bir değişime izin verilmeyecek şekilde ozonlama işlemi yönlendirilmiştir.

Ozonlama işleminde başlangıç nem düzeyleri ve aflatoksin konsantrasyonları dikkate alınarak değişik ozon konsantrasyonları ve işlem süreleri kullanılmıştır. Ürünlerde kalite değişimine yönelik renk ölçümleri, aflatoksin B₁, B₂, G₁, G₂ analizleri ile duyu analizler yapılmıştır.

Ön deneme çalışmasında, başlangıç nem düzeyi %10.11 olan kırmızı parça biber ozonla değişik konsantrasyonlarda ve işlem sürelerinde muamele edilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 5.1'de verilmiştir. Başlangıçta 10 ppb B₁, 2.6 ppb B₂, 0 ppb G₁ ve 0 ppb G₂, toplam 12.6 ppb aflatoksin içeren örnek ozonla muameleden sonra aflatoksin B₁ ve B₂ miktarları sıfır olarak bulunmuştur yani kırmızı parça biberde ozonla muameleden sonra hiç aflatoksin tesbit edilememiştir.

Ön deneme çalışmasında, kalitede bir değişiklik gözlemeden ozon kullanımı ile aflatoksinlerin parçalanması sağlanmıştır. Bunun üzerine başlangıç nem düzeyi %12.6 olan kırmızı pul biber alınarak değişik ozon konsantrasyonları ve işlem süreleri belirlenmiştir. Başlangıçta, 20 ppb B₁, 1.33 ppb B₂, toplam 21.33 ppb aflatoksin içeren kırmızı pul biber de ozonlandıktan sonraki bulunan değerler Tablo 5.2’de gösterilmektedir.

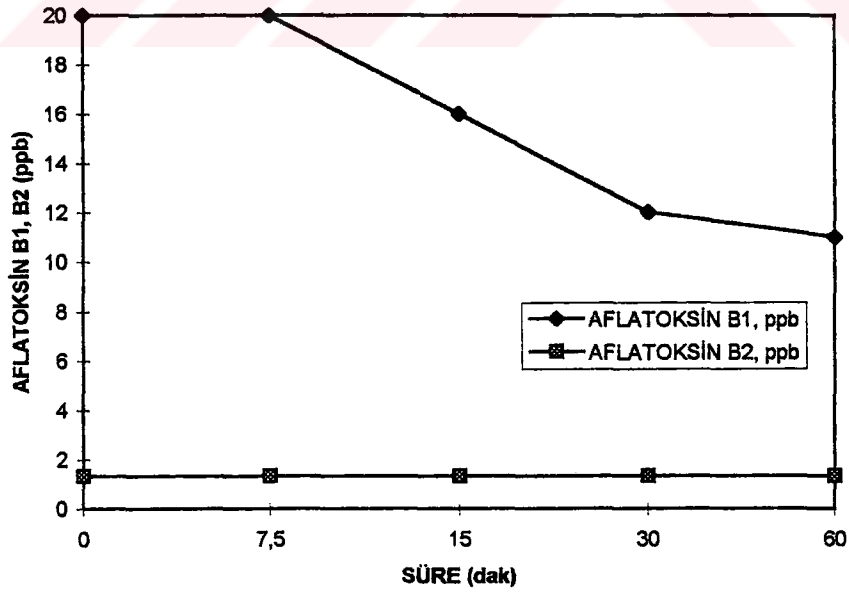
Tablo 5.2’de elde edilen değerler Şekil 5.1’de her konsantrasyon değeri için ayrı ayrı grafiksel olarak gösterilmektedir.

Tablo 5.1. Ön deneme çalışmalarında kırmızı parça bibere ait değişik ozon konsantrasyonları ve işlem sürelerinde aflatoksin konsantrasyonları

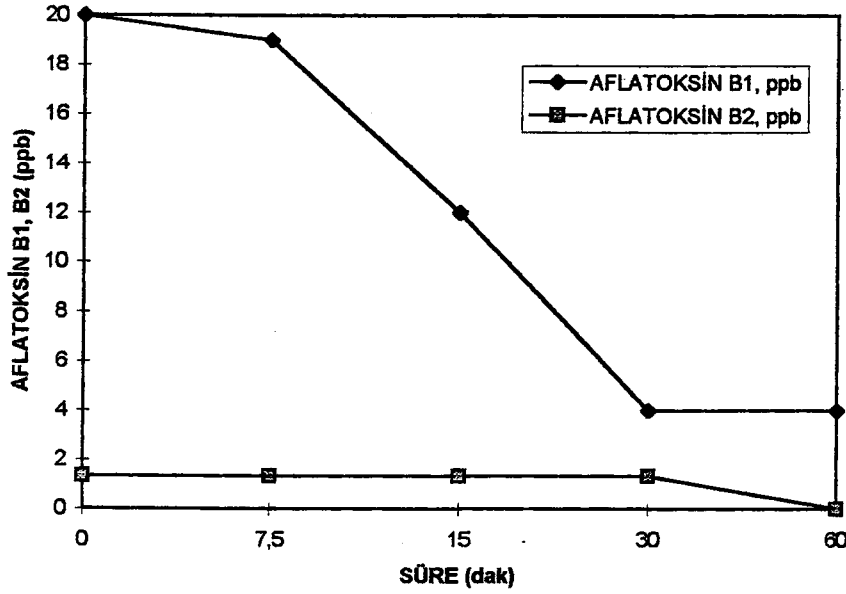
Ozon Konsantrasyonu (mg/L)	Süre (dak)	AFLATOKSİN				Toplam (ppb)
		B ₁ (ppb)	B ₂ (ppb)	G ₁ (ppb)	G ₂ (ppb)	
0	0	10	2.6	-	-	12.6
16	7.5	0	0	-	-	0
16	15	0	0	-	-	0
16	22.5	0	0	-	-	0
16	30	0	0	-	-	0
33	7.5	0	0	-	-	0
33	15	0	0	-	-	0
33	22.5	0	0	-	-	0
33	30	0	0	-	-	0
66	7.5	0	0	-	-	0
66	15	0	0	-	-	0
66	22.5	0	0	-	-	0
66	30	0	0	-	-	0

Tablo 5.2. Kırmızı pul biberde ait değişik ozon konsantrasyonları ve işlem sürelerinde aflatoksin konsantrasyonları

Ozon Konsantrasyonu (mg/L)	Süre (dak)	AFLATOKSİN				Toplam (ppb)
		B ₁ (ppb)	B ₂ (ppb)	G ₁ (ppb)	G ₂ (ppb)	
0	0	20	1.33	-	-	21.33
16	7.5	20	1.33	-	-	21.33
16	15	16	1.33	-	-	17.33
16	30	12	1.33	-	-	13.33
16	60	11	1.33	-	-	12.33
33	7.5	19	1.33	-	-	20.33
33	15	12	1.33	-	-	13.33
33	30	4	1.33	-	-	5.33
33	60	4	0	-	-	4
66	7.5	16	1.33	-	-	17.33
66	15	12	1.33	-	-	13.33



Şekil 5.1. Kırmızı pul biberlere ozon uygulamasında (16 mg/L) aflatoksin konsantrasyonunun ozonlama süresine göre değişimi



Şekil 5.2. Kırmızı pul biberlere ozon uygulamasında (33 mg/L) aflatoksin konsantrasyonunun ozonlama süresine göre değişimi

Tablo 5.2’de görüldüğü üzere kırmızı pul biberlere 16 mg/L ozon konsantrasyonu 7.5, 15, 30, 60 dakika uygulandığında ancak 60 dakika sonunda aflatoksin B₁ konsantrasyonu 11 ppb’ye kadar düşürülmüştür. Ozon konsantrasyonu 33 mg/L’de 15 dakikadan itibaren aflatoksin B₁ konsantrasyonunda önemli bir azalma kaydedilmekte 30 dakika sonunda B₁ 4 ppb’ye, 60 dakikada ise B₁ 4 ppb’ye düşürülmüştür ve aflatoksin B₁ %80 oranında parçalanmıştır. Buna karşılık aflatoksin B₂ saptanmamıştır. Böylece ozon uygulamasının aflatoksinlerin parçalanması üzerine etkisinin olduğu açıkça belirlenmiş olmaktadır.

Bu çalışmada en önemli sorun, aflatoksin analizlerinde kullanılacak biber örneklerinin alınmasında görülmektedir. Örnek alınmadan önce ürün çok iyi bir şekilde karıştırıldığı ve bölme yöntemi kullanıldığı halde örneklemeden kaynaklanan bazı sapmalar olmaktadır. Homojen aflatoksin dağılımı olmadığından alınan örneklerden biri çok küflü biber içerirken diğeri fazla küflü biber içermeyebilir. Bu yüzden ozon konsantrasyonu 33 mg/L uygulanırken 30. dakikada B₁ 4 ppb iken 60. dakikada B₁ 4 ppb bulunmuştur. Buradaki farklılık örnek almadan kaynaklanmaktadır. Kırmızı pul biberde ozon konsantrasyonu 66 mg/L’ye arttırılmış fakat bu konsantrasyon çok fazla geldiğinden 28. dakikada pul biberler ozonlama reaktörü içerisinde kendi tutuşma sıcaklığına kadar ısınmış ve alev

almışlardır. Bunda kırmızı pul biberlerin çok küçük yüzey alanına sahip olmaları etkili olmuştur. Bu yüzden 66 mg/L ozon konsantrasyonunda sadece 7.5 ve 15. dakikalar için denemeler yapılmış ve aflatoksin B₁, B₂ konsantrasyonları hesaplanabilmiştir. Gözlenen sonuçlarda, 66 mg/L ozon konsantrasyonuyla 7.5 ve 15 dakika çalışmanın yeterli olmadığıdır.

Tablo 5.3'te aflatoksin B₁'in azaldığı örnekler seçilerek yapılan renk ölçüm sonuçları toplu olarak verilmiştir. Bu sonuçlara göre parlaklık ölçüsü olan L, ozonla muamele görmemiş numunede 24.91 iken 33 mg/L ozon konsantrasyonunda 60 dakikada 27.98'e kadar artmaktadır. Kırmızılık ölçüsü olan +a ise 16 mg/L ozon konsantrasyonunda değişik işlem sürelerinde önemli bir değişim göstermezken, 33 mg/L ozon konsantrasyonunda 30 ve 60 dakika sonunda bir azalma görülmektedir. Buna bağlı olarak aynı oranda +b sarılık ölçüsü artmaktadır.

Tablo 5.3. Kırmızı pul bibere ait renk ölçüm değerleri

Ozon konsantrasyonu (mg/L)	Süre (dak)	L	a	b
0	0	24.91	21.19	10.21
16	15	24.84	21.46	10.76
16	30	26.03	21.85	11.40
16	60	25.05	22.55	11.11
33	15	25.80	21.55	11.70
33	30	27.41	20.17	12.14
33	60	27.98	20.12	12.94

Gıdaların kalitelerinin belirlenmesinde en önemli değerlendirme duyuşal değerlendirmedir. Bu nedenle yapılan çalışmada pul kırmızı biber örnekleri tadımı en iyi şekilde alabileceğimiz bir yemeğe katılarak duyuşal tat analizi yapılmıştır.

Bu analiz için hazırlanan nohut yemeğine eşit miktarlarda ozonlanmış örnekler ve ozonlanmamış örnek katılarak tat analizi yapıldı ve Tablo 5.4'deki sonuçlar elde edildi. Sonuçlara göre, ozonlanmamış örnek yemeğe çok keskin bir acılık verdiği halde, ozonlanmış örneklerle yapılan denemelerde yemeğin acılığında bir azalma, fakat tat ta önemli bir

iyileşmenin olduğu saptanmıştır. Ozon konsantrasyonu 33 mg/L ile 60 dakika muamele gören numunelerde tadın çok iyi acılığın da normal olduğu kaydedilmiştir.

Tablo 5.4. Kırmızı pul bibere ait duyuusal tat analizleri

Ozon konsantrasyonu (mg/L)	Süre (dak)	Acılık	Tat
0	0	çok keskin acı	iyi
16	15	normal-güzel acı	çok iyi
16	30	hafif acı	iyi
16	60	hafif acı	çok iyi
33	15	hafif acı	çok iyi
33	30	hafif acı	çok iyi
33	60	normal acı	çok iyi

Kırmızı pul biber, kalitesini olumsuz etkileyecek bir değişime müsaade edilmeden aflatoksinlerin limit değerinin altına kadar parçalanması sağlanmıştır. Bu yapılırken de ürün başlangıç nem düzeyinde işleme sokulmuştur. Örneklerin ozonla muamelesinden sonra nemdeki değişimler Tablo 5.5’de gösterilmektedir.

Tablo 5.5’te görüldüğü gibi ozon muamelesi ile nem düzeylerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir.

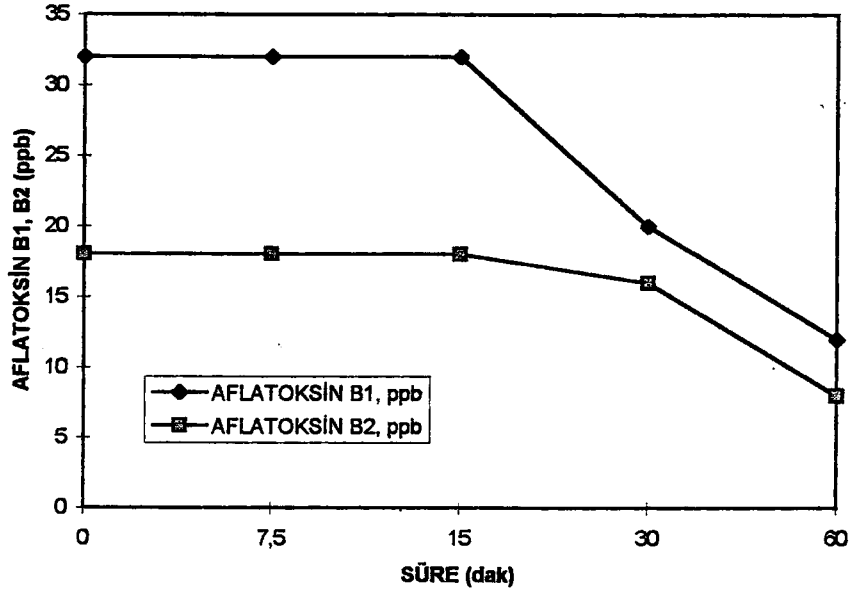
Diğer bir çalışma, büyük kırmızı parça biber örnek olarak seçilerek yapılmıştır. Bu örneğin ozonlamadan önce 32 ppb B₁, 18 ppb B₂, 0 ppb G₁, 0 ppb G₂ toplam 50 ppb aflatoksin içerdiği saptanmıştır. Başlangıç nem düzeyi %12.74 olan kırmızı parça biber değişik ozon konsantrasyonları ve işlem sürelerine maruz bırakılarak aflatoksin analizleri yapılmıştır ve bunlar Tablo 5.6’da ve grafiksel olarak ta Şekil 5.3 ve 5.4’te gösterilmiştir.

Tablo 5.5. Kırmızı pul bibere ait değişik ozon konsantrasyonları ve işlem sürelerinde nem düzeyleri

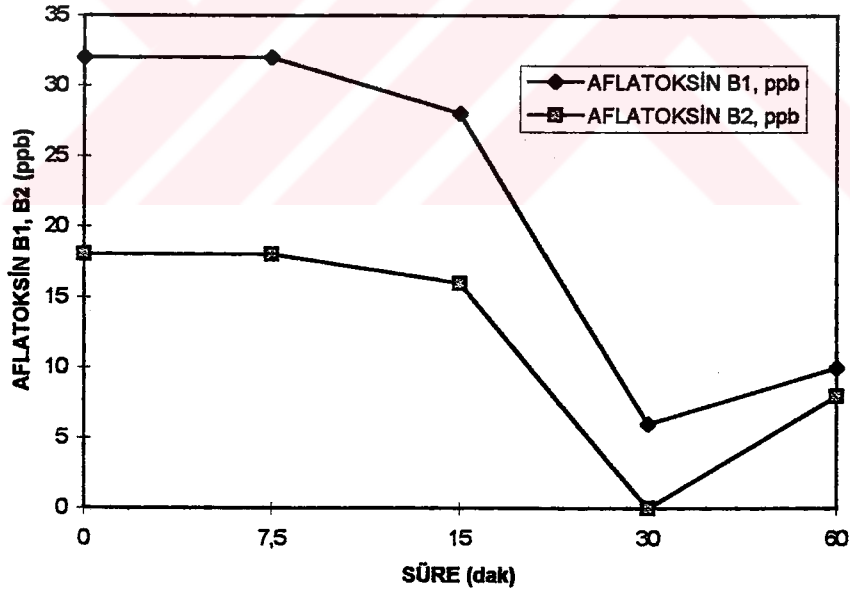
Ozon konsantrasyonu (mg/L)	Süre (dak)	% Nem
0	0	12.60
16	7.5	12.57
	15	12.40
	30	12.40
	60	12.60
33	7.5	12.54
	15	12.20
	30	12.50
	60	13.16
66	7.5	12.55
	15	13.40

Tablo 5.6. Kırmızı parça bibere ait değişik ozon konsantrasyonları ve işlem sürelerinde aflatoksin konsantrasyonları

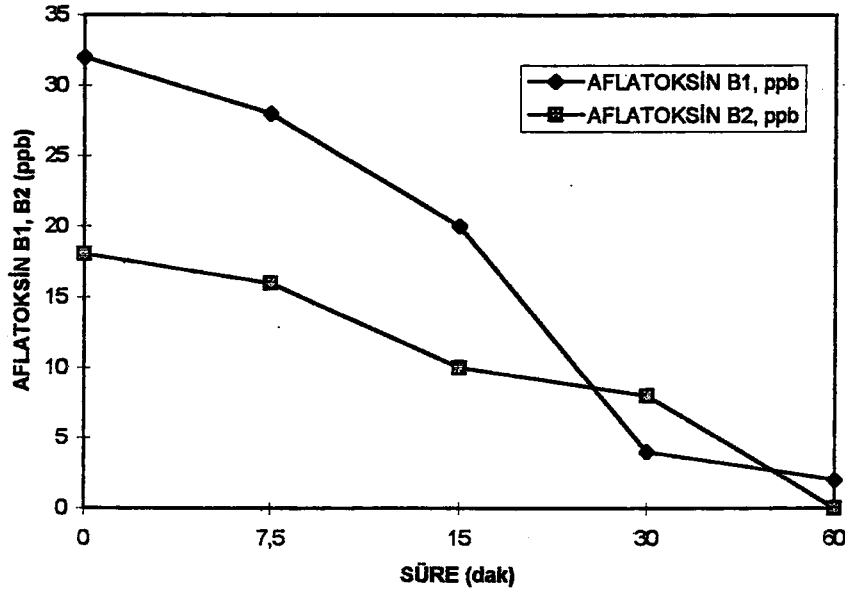
Ozon Konsantrasyonu (mg/L)	Süre (dak)	AFLATOKSİN				Toplam (ppb)
		B ₁ (ppb)	B ₂ (ppb)	G ₁ (ppb)	G ₂ (ppb)	
0	0	32	18	-	-	50
16	7.5	32	18	-	-	50
16	15	32	18	-	-	50
16	30	20	16	-	-	36
16	60	12	8	-	-	20
33	7.5	32	18	-	-	50
33	15	28	16	-	-	44
33	30	6	0	-	-	6
33	60	10	8	-	-	18
66	7.5	28	16	-	-	44
66	15	20	10	-	-	30
66	30	4	8	-	-	12
66	60	2	0	-	-	2



Şekil 5.3. Kırmızı parça biberlere ozon uygulamasında (16 mg/L) aflatoxin konsantrasyonunun ozonlama süresine göre değişimi



Şekil 5.4. Kırmızı parça biberlere ozon uygulamasında (33 mg/L) aflatoxin konsantrasyonunun ozonlama süresine göre değişimi



Şekil 5.5. Kırmızı parça biberlere ozon uygulamasında (66 mg/L) aflatoksin konsantrasyonunun ozonlama süresine göre değişimi

Tablo 5.6’da görüldüğü üzere 66 mg/L ozon konsantrasyonları ile değişik işlem sürelerinde yapılan denemelerde 60 dakikada aflatoksin B₁ konsantrasyonu 32 ppb’den 12 ppb’ye kadar düşürülmüştür. 33 mg/L ozon konsantrasyonunda 60 dakikada 10 ppb seviyesine düşürülen B₁ konsantrasyonu, 66 mg/L ozon konsantrasyonunda 30 dakikada 4 ppb’ye 60 dakikada ise 2 ppb’ye kadar düşürülmüştür. Ozon konsantrasyonu 33 mg/L’de 30 dakika sonunda örnek almadan kaynaklanan bir sapma görülmektedir. Buna göre en başarılı sonuç, 66 mg/L ozon konsantrasyonunda 30 ve 60 dakikalık işlem sürelerinde alınmıştır. Kırmızı parça biberdeki en büyük dezavantaj biberin içine ve içerisindeki tohumlara ozonun etkisi uzun zaman almaktadır. Bu yüzden 66 mg/L ozon konsantrasyonunda 30. ve 60. dakikalarda aflatoksin B₁ 4 ve 2 ppb’ye kadar düşürülmüş ve aflatoksin B₁ %93 oranında parçalanmış olur.

Tablo 5.7’de ise kırmızı parça bibere ait değişik ozon konsantrasyonları ve işlem sürelerine bağlı olarak değişen nem düzeyleri gösterilmektedir. Başlangıç nem düzeyi %12.74 olan kırmızı parça biberde 33 mg/L ozon konsantrasyonunda 60 dakika muamele gören kırmızı parça biberin nemi %11.71 olarak hesaplanırken 66 mg/L ozon konsantrasyonunda 60 dakika muamele gören parça biberin nemi %11.96 olarak

hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlardan da görüldüğü üzere biberlerin ozonla muamelesi ile nem düzeylerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Tablo 5.7. Kırmızı parça bibere ait değişik ozon konsantrasyonları ve işlem sürelerinde nem düzeyleri

Ozon konsantrasyonu (mg/L)	Süre (dak)	% Nem
0	0	12.74
16	7.5	12.59
	15	12.64
	30	11.38
	60	12.11
33	7.5	11.83
	15	11.92
	30	12.32
	60	11.71
66	7.5	12.13
	15	12.53
	30	12.23
	60	11.96

6. SONUÇ

Kırmızı biber Türkiye ekonomisi ve ihracatı için büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda kırmızı biber ihracatı giderek azalmış ve 1994 yılında ancak 2.3 milyon USD gelir getirmiştir [13]. İhracaat payındaki düşüşün sebebi aflatoksinin kanserojen etkisine bağlı olarak gıdalarda bulunabilir maksimum aflatoksin limitlerinin düşürülmesidir. Belirlenen bu limitlerin altına düşürmek ve halk sağlığı için kırmızı biberlerde aflatoksin sorununa kesin bir çözüm getirmek amacıyla bu çalışma dünyada ilk kez yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Ozon uygulaması ile aflatoksinlerin parçalandığı tesbit edilmiştir.
2. Başlangıç nem düzeyi %12.6 olan kırmızı pul biber ozon uygulanmasından önce 20 ppb B₁ ve 1.33 ppb B₂ içermektedir. Kırmızı pul biberin 33 mg/L ozon konsantrasyonu ile 60 dakika muamelesinden sonra aflatoksin B₁ %80 oranında parçalanarak 4 ppb'ye düşürülmüş, aflatoksin B₂'ye ise rastlanmamıştır.
3. Başlangıç nem düzeyi %12.74 olan kırmızı parça biber ozonlamadan önce 32 ppb B₁ ve 18 ppb B₂ içermektedir. Kırmızı parça biberin 66 mg/L ozon konsantrasyonu ile 60 dakika muamelesinden sonra aflatoksin B₁ konsantrasyonu %93 oranında azalarak 2 ppb'ye düşürülmüş ve aflatoksin B₂, %100 oranında parçalanmıştır.
4. Ozon uygulamalarından sonra kırmızı biberlerin yapılan renk ve duyu tat analizlerinde kaliteyi olumsuz etkileyecek bir değişim olmamıştır.

Böylece ozon uygulamalarının, kırmızı biberlerde aflatoksinlerin parçalanmasında etkili bir yöntem olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- 1- ANON, 1996. Ozone Industries, Information Bulletin 11 : pp. 1-8.
- 2- ANON, 1996. What is ozone, Yanco Industries Ltd, pp. 1-3.
- 3- ANON, 1990. AOAC, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Fifteenth Edition. Kenneth Herrich (ed.), Arlington, Virginia, 22201.
- 4- ANON, 1989. Mycotoxins Economic and Health Risks, Task Force Report, Council for Agriculture Science and Technology, 116 : pp. 53-69.
- 5- Chatterjee, D., Mukherjee, S.K., 1993. Destruction of Phagocytosis-Suppressing Activity of Aflatoxin B₁ by Ozone. Letters in Applied Microbiology, 17 : pp. 52-54.
- 6- Chen, H.C., Huang, S.H., Moody, M.U., Jiang, S.T., 1992. Bacteriocidal and Mutagenic Effects of Ozone on Shrimp (*Penaeus monodon*) Meat, Journal of Food Science; 57(4) : pp. 923-927.
- 7- Çoksöyler, N., 1995. Aflatoksin Oluşumu ve Aflatoksin Oluşumunu Etkileyen Faktörler; Kahramanmaraş Kırmızı Biber Semineri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 11:18-25.
- 8- Dollear, F.G., 1969. Dexoxification of Aflatoxins in Foods and Feeds, In I.A. Coldblad (ed.) Aflatoxin-Scientific Background, Control and Implications, Academic Press, New York and London : pp. 359-391.
- 9- Horwath, M., Bilitzky, L., Hüttner, J., 1985. Ozone, Amsterdam : pp. 13-15, 305-311.
- 10- Ishizaki, K., Shinriki, N.& Matsuyama, H. 1986. Inactivation of Bacillus Spores by Gaseous Ozone, Journal of Applied Bacteriology; 60 : pp. 68-72.
- 11- Kirk, C., Othmer, F., 1980. Encyclopedia of Chemical Technology, 14(2) : pp.16, 683-689, 703-709.
- 12- Maeba, H., Takamoto, Y., Kamimura, M., and Miura, T., 1988. Desruction and Detoxification of Aflatoxins with Ozone, Journal of Food Science; 53 (2) : pp. 667-668.
- 13- Pala, M., 1995. Kırmızı Biber Üretiminde Teknolojik Sorunların Çözümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 14.

- 14- Park, L.D., 1993. Controlling Aflatoxin in Food and Feed, Food Techonolgy; pp 92-96.
- 15- Pestka,J.J., Abouzied, M.N. and Sutikna, 1995. Immunological Assays for Mycotoxin Detection, Food Technoljy; pp 120-128.
- 16- Roy,D., Wong,K.Y., Engelbrecht, R.S. and Chian, E.S.K., 1981. Mechanism of Enteroviral Inactivation by Ozone, Applied and Environmental Microbiology, 41: pp 718-723.
- 17- Samarajeewa,U., Sen,A.C., Cohen,M.D., and Wei,C.I., 1990. Detoxification of Aflatoxins in Foods and Feeds by Physical and Chemical Methods, Journal of Food Protection; 53: pp 489-501.
- 18- Schalekomp,M., 1983. All about Ozone-Its Advanteges and Disadvanteges in Treating Water, Dr.sc.techn.h.c. ETH Zurich, Water Supply Zurich; (3): pp 89-96.
- 19- Van Egmond,H.P., 1989. Current Stuation a Regulations for Mycotoxins Overview of Tolerances and Statures of Standard Methods of Sampling and 8 Analysis 2 Food Additives and Contaminants, 6 (2): pp 139-188.
- 20- Yang,P.P.W., Chen,T.C., 1979. Effect of the Treatment on Microflora of Poultry Meat, Journal of Food Processing and Preservation, 3: pp 117-185.
- 21- Zhao,J., Cranston,P.M., 1995. Microbial Decontamination of Black Pepper by Ozone and the Effect of the Treatment on Volatile Oil Constituents of Spice, Journal Science Food Agriculture, 68 : pp 11-18.

ÖZGEÇMİŞ

ADI : FATMA
SOYADI : İNAN
DOĞUM TARİHİ : 01.02.1974
DOĞUM YERİ : HAYRABOLU
MEDENİ DURUMU : BEKAR
ÖĞRENİM DURUMU :
1987-1990 (LİSE) : HAYRABOLU LİSESİ (1987-1990)
1990-1994 (ÜNİVERSİTE) : YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KİMYA-METALURJİ FAKÜLTESİ,
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

LİSANS BİTİRME ÖDEVİ : GIDA SANAYİNDE EKSTRAKSİYON
YÖNTEMLERİ VE UYGULAMA
ALANLARI
1994-1995 (İNGİLİZCE HAZIRLIK) : YTÜ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ,
YABANCI DİLLER BÖLÜMÜ

1995-(YÜKSEK LİSANS) : YTÜ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ,
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ

YABANCI DİL : İNGİLİZCE