

Su ve Gıda Güvenliğinin Sağlanmasında Ozon Kullanımı

ALİ GÜCÜKOĞLU, ÖZLEM KÜPLÜLÜ
Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi ABD
06110 Dışkapı-ANKARA

aligucuk77@hotmail.com, kuplulu@veterinary.ankara.edu.tr.

Özet: Ozon, dezenfeksiyonda kullanılan diğer kimyasal maddelere göre yüksek reaktiviteye ve oksitleme gücüne sahip olduğu buna göre, gıda işletmelerinde dezenfeksiyon amaçlı güvenilir şekilde kullanılabilirliği belirtilmektedir. Ayrıca ozon gıdalar üzerinde; aflatoxinlerin detoksifikasyonda, gıdaların raf ömrünü uzatmak amacıyla; siğir mezbahalarında karkasların yıkanmasında ve +4'de bekletilme aşamasında, ortama gaz şeklinde verilmek sureti ile kullanılabilirliği, ayrıca kanatlı işletmelerinde proseste yer alan soğutma aşamasında, uygulanabilirliği vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ozon, gıda, su

APPLICATIONS OF OZONE IN FOOD AND WATER SAFETY

Abstract: Due to Ozone's high reactivity and oxidizing capacity, it is used as disinfectant in food plants. Ozone is also used for detoxification of aflatoxin, prolonging the self life, in abattoirs for rinses of cattle carcasses and in gaseous form not only applied on cattle carcasses ripening period at +4 °C but also it has applications in chicken chilling period.

Key Words: Ozone, food, water

1. Giriş

Kokusunun keskin olması nedeniyle Yunanca "Ozein" kelimesinden köken alan ozon, 1840'da Schönbein tarafından keşfedilmiştir. Ozon ile suların dezenfekte edilebileceğini ise ilk olarak 1886 yılında Meritens saptamıştır (15). 1891 yılında Froelich, yaptığı çalışmalar sonucunda ozonun bakterilere karşı oldukça etkili olduğunu bildirmiştir (38). Yapılan araştırmalar, gıdalara sıvı veya gaz formunda uygulanabilen ozonun, gıdaya uygulandığında kısa sürede parçalandığını, kalıntı bırakmadığını ve pekçok gıda kaynaklı patojen mikroorganizmaya karşı antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Ozonlama son yıllarda üzerinde en fazla durulan dekontaminasyon yöntemlerinden biridir (39). Gıdalarda Güvenilir Gazlar (GRAS) sınıfına giren ozon, FDA tarafından sularda kullanılabilir antimikrobiyal madde olarak kabul edilmiştir (40).

2. Ozonun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Üç oksijen atomu içeren ozon, yüksek oksidasyon gücüne sahip, reaktif ve stabil olmayan bir gazdır. Yarı ömrü 20-30 dakikadır ve hemen oksijene dönüşür. Ozon, elektrik deşarjı, ultraviyole ışınları ve kimyasal

reaksiyonlarla oksijenden oluşturulur. Yapılan çalışmalar, ozonun donma noktasının $-192.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunu göstermiştir. Ozon, doğal süreçlerde ortaya çıkan ve üç oksijen atomunun bir araya gelmesiyle oluşan kararsız bir gaz olup normal atmosferik basınç ve sıcaklık koşullarında kısa sürede tekrar moleküler oksijene dönüşür. $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de koyu mavi bir sıvı olan ozon, $-215\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ise siyah-mavi renktedir ve bu sıcaklıkta kristalleşir. Ayrıca ozonun erime noktası $-192.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ değerindedir (3). Kaynama noktası için yakın değerler, farklı araştırmacılar tarafından bireysel olarak bulunmuş, ve $-111.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ kesin değer olarak kabul edilmiştir (30).

3.1. Ozon Üretimi ve Kullanımı

Ozon üretiminde, oksijen molekülü oldukça kararsız iki oksijen atomuna parçalanır. Daha sonra reaktif oksijen atomları, ozonu oluşturmak üzere reaksiyona girer. Ozon üretiminde, elektrik deşarjı ve fotokimyasal yöntem en çok kullanılan metotlardır (3).

3.2. Ozon Kullanımı

Ozonun, havaya verilmesi ve su içinde eritilmesi şeklinde iki kullanımı vardır. Ozonun sudaki erime kabiliyeti, oksijene nazaran 12.5 kat daha fazladır. Ozon gazının suda eriyebilirliği, basıncı ile doğru orantılı, sıcaklığı ile ters orantılıdır. Bu yüzden ozonun suda eriyebilmesi için suyun sıcaklığının düşük, uygulanan basıncın ise yüksek olması gerekmektedir. İstenen verimin alınabilmesi için, ozonun su içinde eritilmesi çok önemlidir. Ozonun suda eritilmesinde, uygulanan karıştırma metodu kadar suyun sıcaklığı, pH'sı, içerdiği toplam çözünmüş madde miktarı ve uygulanan basınç gibi etkenler önemli rol oynamaktadır. İstenen arıtım ve dezenfeksiyonun sağlanabilmesi için ozon gazının su içinde çok küçük kabarcıklar halinde dağıtılması gerekmektedir. Ozon kabarcıkları 3 mm'den küçük olmalıdır (optimum 1 mm). Üç mm çapındaki ozon kabarcıklarının, 10 mm çapındaki ozon kabarcıklarına göre mikroorganizmalara temas oranı 32 kat daha fazladır. Hava kabarcığının, reaksiyon tankında yükselme hızı ne kadar yavaş olursa, ozonun suyla temas süresi artacağından, dezenfeksiyon o derece etkili olur bu yüzden reaksiyon tankının optimum su derinliği 3.7 - 5.5 m arasında olmalıdır (15). Ozonun hava ve suda konsantrasyonu ppm olarak ifade edilir. Havada 1 ppm ozon, yaklaşık olarak $2,1\text{ mg/m}^3$ ozona eşittir. Ozon doğal olarak, atmosferin yüksek tabakalarında, güneşten gelen yüksek elektromanyetik radyasyonun O_2 molekülü tarafından emilmesi veya yıldırım boşalması esnasında açığa çıkan büyük enerjinin

absorbe edilmesi sonucu oluşmaktadır (22). Farklı ozon konsantrasyonlarına göre; 0,003-0,015 ppm kokuyu hissetme seviyesi, 0,005 - 0,010 ppm orman havası, 0,020 - 0,050 ppm yıldırım sonrası hava, 0,050 ppm sürekli soluma emniyet seviyesi, 0,100 ppm sınırlı süre (8 saat/gün) emniyet seviyesi, 1,000 ppm insan tolerans seviyesi (öksürük, boğaz kuruluğu, göz yaşarması) olarak belirlenmiştir (29).

4. Ozonun Etki Mekanizması

Ozonun kuvvetli elektrofilik yapısı pek çok organik ve inorganik fonksiyon gruplarıyla reaksiyon vermesini sağlar. Reaksiyonlarının çoğu ozonun çift bağlarının parçalanması esasına dayanır (33). Ozon ile reaksiyona girmesi muhtemel başlıca bileşenler; O, N, S, P ve aktif C gibi bölgeler içeren yapılar olması sebebiyle ozon bu elementleri içeren canlı, organik ve inorganik bileşenlerle kolayca reaksiyona girer (27).

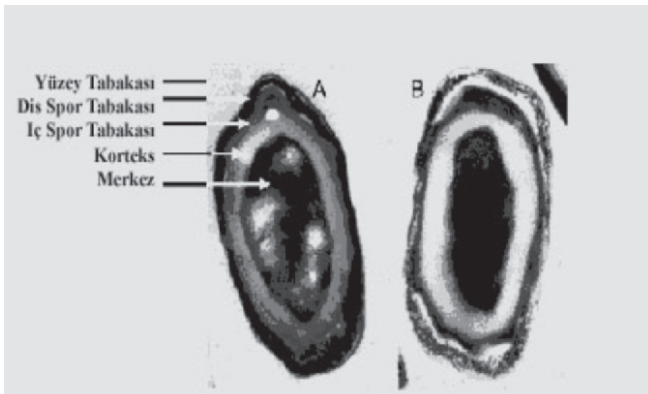
Ozonun etkisinin, bakterilerin hücre duvarındaki glikoproteinler, glikolipidler, aminoasit dizilimleri ve sülfidril grup içeren yapılar ve hücre enzimleri üzerine olduğu, böylece hücre permeabilitesinin bozulduğu ve hücre lizisi şekillendiği bildirilmektedir (2,20).

Komanapalli ve Lau (26) *Escherichia coli* K12'nin inaktivasyonu için 6 ppm ozonu 1-5 dk süre ile uygulamışlar ve etkenin hücre permeabilitesinde azalma kaydetmişlerdir. Bunun yanında 6 ppm ozonun 30 dk süre ile uygulanması sonucu etkenin hücre içi proteinlerinin indirgenliğini bildirmişlerdir.

Staphylococcus aureus üzerine yapılan bir çalışmada, etken inokulasyonu yapılmış fosfat buffer üzerine, 15 sn süre ile pH 7'de 25 °C'de 0.2 mg/l ozon uygulanmış ve 2 log'lık bir inaktivasyon kaydedilmiştir (7).

Listeria monocytogenes'in başlangıç miktarı 7 log olan süspansiyonuna ozon uygulanmış, 0.4 ppm ozon, 30 sn süre sonunda 4.6 log'lık bir azalma meydana getirirken, 0.8 ppm ozon, 30 sn sonunda 5.7 log'lık bir azalma sağlamıştır (25).

Henrique ve Moran (18) yaptıkları bir çalışmada, *Bacillus subtilis* sporuna 10 mg/ml ozonu, 22 °C'de 1 dk süreyle uygulayarak mikroorganizmaya ait sporda meydana gelen yapısal değişiklikleri elektron mikroskobu ile ortaya koymuşlardır. Meydana gelen değişiklikler Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. *Bacillus subtilis* sporunun elektron mikroskobik görüntüsü (A-Ozon uygulanmamış spor B-

ozon uygulaması yapılmış spor) (18)

Candida albicans, *Zygosaccharomyces bailii* ve *Aspergillus niger* türlerinin bulunduğu süspansiyona 0.188 mg/l konsantrasyonunda ozon, 5 dk süreyle uygulanmış ve etkenlerde sırası ile; 4.5 log, 4.5 log ve 1 log'lık inaktivasyon kaydedilmiştir (32).

Harakeh ve Butler (17) atık sulardan izole edilen, 20 °C'de ve pH'sı 7.2 olan su içerisine inokule edilmiş çeşitli virüs tiplerinin ozonla inaktivasyonu üzerine çalışmışlar (Tablo 1) ve 4.0 log ile en fazla inaktivasyonu Cocksacki virüs B5 etkeni üzerine 2.5 dk süre ile 0.4 mg/l ozon konsantrasyonu ile sağlamışlardır

Tablo 1. Çeşitli viral etkenlerin ozonla inaktivasyon parametreleri (17)

Virüs	İnaktivasyon (log ₁₀)	Ozon (mg/l)	Zaman (dk)	pH	Sıcaklık (°C)
Bakteriofaj	0.7	0.1	10	7.2	20
Cocksacki virüs B5	4.0	0.4	2.5	7.2	20
Human rota virüs	0.7	0.25	10	7.2	20
Poliovirüs tip 1	2.0	0.2	10	7.2	20

5. Ozon İle Aflatoksinlerin Detoksifikasyonu

Yapılan bir çalışmada, % 4 dimethyl sulfoxide içindeki 50 µg/kg Aflatoksin B₂ ve G₂, 34,3 mg/l ozonla 50-60 dk süreyle muamele edilmesinden sonra denatüre olurken, 50 µg/kg Aflatoksin B₁ ve G₁'nin 1,1 mg/l ozonla 5 dk süre sonunda yıkımlandığı bildirilmiştir (8).

6. Ozonun Pestisitler Üzerine Etkisi

Yapılan çalışmalarda, suda çözündürülen pestisit örnekleri üzerine ozon uygulaması yapılarak, oksitlenme zamanları araştırılmıştır (Tablo 2) ve ozon uygulamasının suda bulunan pestisitler üzerine etkili olduğu ortaya konmuştur (1,21,42).

Tablo 2. Bazı Pestisit örneklerinin ozon ile reaksiyon parametreleri (1,21,42)

Pestisit	Ozon konsantrasyonu (mg/l)	Oksitlenme süresi (dk)
Atrazine	28	5.2
Bentazone	41	6.3
Carbofuron	21	4.6
DDT	32	6.0
Dieldrin	28	5.2
Eldrin	40	8.4
PCP (warfarin)	43	1.1

7. Su Arıtımında Ozon Kullanımı

7.1. Suların Ozon ile Dezenfeksiyonu

Suların ozon ile dezenfeksiyonu, diğer dezenfektanlara göre avantajlarının fazla olması nedeniyle kullanım alanı bulmuştur. İçme ve kullanma sularının dezenfeksiyonu ve atık suların doğaya salınımından önceki arıtımında, ozon uygulamaları sıkça kullanılan bir yöntemdir.

Sularda bulunabilecek birçok zararlı etkene karşı ozonun etkisi araştırılmış ve sularda ozon kullanımının mikroorganizmalar üzerine etkili bir dezenfektan olduğu birçok deneysel çalışmayla da ortaya konmuştur (24).

Farooq ve Akhlaque (13) Salmonella Typhimurium ile kontamine edilmiş su örneğine 24 °C'de pH 7'de 1 dk süreyle 0.23 mg/l ozon uygulamışlar ve 4.3 log'lık bir azalma kaydetmişlerdir. Benzer şekilde su içine inokule edilmiş E.coli üzerine ise pH 7'de 28 °C'de 1.5 dk süreyle 0.02 ppm ozon uygulamışlar ve 4.0 log düzeyinde bir azalma saptamışlardır.

Pseudomonas putrefaciens üzerine çalışan araştırmacılar, etken inokule edilmiş su içerisine 1.5 ppm ozonu 5 dk ve 20 dk süreyle uygulamışlar ve sırası ile 3 ve 6 log'lık bir azalma kaydetmişlerdir (28).

Wickramanayake ve arkadaşları (41) çeşitli protozoa türlerinin 2 log'lık inaktivasyonu için, kontamine edilmiş 5 °C'de pH 7' de ki suya farklı dozda ve sürede ozon uygulamışlar (Tablo 8) ve Giardia muris' in 0.5 mg/l ozon ile en az konsantrasyonda inaktivasyonunun oluştuğunu saptamışlardır.

Tablo 3.Çeşitli protozoa türleri üzerine ozonun etkisi (41)

Protozoan	İnaktivasyon (log ₁₀)	Ozon (mg/l)	Zaman (dk)	pH	Sıcaklık (°C)
Giardia lamblia	2.0	0.7	1.1	7	5
Giardia muris	2.0	0.5	2.8	7	5
Naegleria gruberi	2.0	2.0	2.1	7	5

7.2. Ozonun Metaller Üzerine Etkisi

Yüksek oksidasyon potansiyeli ve reaksiyon hızı nedeniyle ozon, sulardaki demir ve manganı kolayca okside edebilir. Suda demir ve manganı tamamıyla okside etmek için, suda ozona istek gösteren başka maddeler (ör: Sülfid, Nitrit) olmaması şartı ile 1 mg demir için 0.43 mg/l, 1 mg mangan için ise 0.88 mg/l dozda ozon kullanılır (6).

7.3. Ozonlama Yan Ürünlerinin Oluşumu

Ozonun ayrışması, sularda ozon yan ürünlerinin oluşumuna neden olmaktadır. Ozon yan ürünlerinin oluşması için ortamda bulunan doğal organik maddenin yapısı, suyun pH'ı ve serbest radikallerin konsantrasyonu gibi özellikler ozon yan ürünlerinin oluşmasını etkilemektedir (12).

7.3.1. Aldehitlerin Oluşumu

Doğal organik maddelerin ozonlanması ile aldehitler oluşmaktadır. Ozonlama ile açığa çıkan yüksek moleküler ağırlıklı aldehitlerin artırılmış sularda çeşitli kokulara sebep olduğu bildirilmektedir (19).

7.3.2. Karboksilik Asitlerin Oluşumu

Düşük moleküler ağırlıklı monokarboksilik asitler ve dikarboksilik asitlerin konsantrasyonlarının ozonlama ile arttığı görülmüştür. Karboksilik asitlerin de aldehitler gibi kanserojen etkisi olduğu bildirilmiştir. Karboksilik

asitlerin oluşumunun, sularda organik maddelerin yapısına veya serbest radikallerin konsantrasyonlarına bağlı olduğu belirtilmiştir (12)

8. Gıdalarda Ozon Uygulamaları

Ozon gıda endüstrisinde et, tavuk, yumurta, balık, meyve ve kuru gıdalarda yüzeysel kontamine mikrofloranın inaktivasyonunda uygulanmaktadır. Bununla birlikte ozonun genel okside edici etkisinden dolayı fazla dozda kullanımının, gıdada renk ve lezzet açısından istenmeyen durumlara neden olabileceği bildirilmektedir (23).

Sheldon ve Brown (35) ozon uygulaması ile tavuk karkasının muhafaza süresinin artırılmasına yönelik yaptıkları çalışmada, (Tablo 13) soğutma işlemi uygulanmamış karkas (sıcak karkas), + 4 °C'deki suda 15 dakika bekletilmiş karkas ile 25 dakika süreyle 4.0 ppm ozon ilave edilmiş + 4 °C'de suda bekletilen 3 farklı gruba ait karkaslardaki mikroorganizma yükünü karşılaştırmışlardır. Ozon uygulaması yapılmış karkas örneğindeki Salmonella spp. sayısında diğer uygulamalara göre belirgin bir inaktivasyon şekillenmesine rağmen, aerob genel canlı, psikrofil genel canlı ve koliform sayısında önemli bir azalma kaydetmemişlerdir. Çalışmanın devamında ozonlama işleminin raf ömrü üzerine etkisini araştırmışlar, +4 °C'de 11 gün süre sonunda; +4 °C'deki suda 15 dakika bekletilmiş karkas ile 25 dakika süreyle +4 °C'de 4.0 ppm ozon ilave edilmiş suda bekletilen karkas grupları arasında mikrobiyolojik kalite yönünden belirgin bir farkın olmadığını ortaya koymuşlardır.

Et sanayiinde yapılan 20 ppm düzeyindeki ozon uygulamasının, etlerde depolama süresini arttırdığı, aerob mezofil bakterilerin, koliform bakterilerin ve sülfid indirgeyen anaerob bakterilerin sayısında azalma sağladığını, ancak uygulama yapılan etin kompozisyonuna bağlı olarak uygulanan ozon dozunun fazla olması durumunda, et yüzeyinde istenmeyen renk, koku ve tat bozukluğunun oluştuğu bildirilmiştir (16).

Yapılan bir çalışmada, siğir etlerinin 0-4 °C'de ve % 85-90 nispi nemde depolanması sırasında, ortam havasında 2 gün süreyle 10-20 ppm düzeyinde ozon kullanımının, depolama süresini % 30-40 oranında uzattığı saptanmıştır (5).

Gorman ve arkadaşları (16) yaptıkları çalışmada, 35 °C'de % 0.5 ozonlanmış suyla karkasın yıkanması sonucu, karkasda aerobik toplam canlı sayısında 1.49 log kob/cm² azalma kaydetmişlerdir.

Reagan ve arkadaşlarının (31) yaptıkları bir çalışmada, 2.3 ppm ozonla karkasların yıkanması sonucu aerobik toplam canlı sayısında 1,3 log kob/cm² azalma saptamışlardır.

Stivarius ve arkadaşları (39) 7 log düzeyinde E.coli ve Salmonella Typhimurium ile kontamine edilen siğir etini, % 1 oranında ozonlanmış suyla 7.2 °C'de 7 ve 15 dk süreyle yıkamışlar, her iki süre sonunda E.coli sayısını 6 log kob/gr olarak saptarlarken, Salmonella Typhimurium sayısını 7 dakikanın sonunda 5.25 log kob/gr , 15 dakikanın sonunda 4.9 log kob/gr olarak kaydetmişlerdir

Ozon, balıkların tüketime sunulmasında ve muhafaza

Aşamasında uygulama alanı bulmuştur. Ancak ozonun güçlü oksidan özelliğinden dolayı kullanılan ozon dozunun uygulama yapılan balığın yağ miktarına göre ayarlanması gerektiği vurgulanmaktadır (24).

Chen ve arkadaşları (9) yaptıkları bir çalışmada, istavrit balıklarının 0.6 mg/l ozonla 30 dk süreyle yıkamışlar ve balık derisinde bulunan bakteri sayısında 3 log'lık bir inaktivasyon sağlamışlardır.

Dondo ve arkadaşlarının (10) yaptığı bir çalışmada, yıkadıkları su ve muhafaza edildikleri buza 2 mg/l ozon ilave edilmiş somon balığı örneklerinin, kontrol grubu balık örneklerine göre raf ömründe % 25'lik bir artışın sağlandığını bildirmişlerdir.

Ozonlama ile süt ve süt ürünlerinin raf ömürlerini uzatmaya yönelik araştırmalar yapılmıştır. Ozonun güçlü bir oksidant olmasından dolayı yağlı sütlerde oksidasyon sonucu bozulma meydana getirdiği, fakat olgunlaşma periyodu geçiren peynirler üzerinde mikrobiyal kalite ve raf ömrü üzerine olumlu etki oluşturduğu bildirilmiştir. 5-25 mg/l ozon gazının yağı alınmış süte 5-25 dk süre ile uygulanması sonucu süt içindeki psikrofil mikroorganizma sayısında 2.4 log bir azalma kaydedilmiştir (34).

Gabriell'yants ve arkadaşları (14) 2-4 °C'de, % 80 nispi nemdeki peynir olgunlaştırma odasının havasına, 3 gün boyunca günde en az 4 saat, 5-7 mg/l ozon uygulamasının, Rossiiskii, Poshekhonskii, Kostroma ve İsveç tipi peynir örneklerinde 4 ay süreyle küf gelişimini engellediğini ve peynirlerde duyuusal ve kimyasal nitelik kaybı oluşturmadığını saptamışlar. Bunun yanında ozon uygulaması yapılmamış kontrol peynirlerde ise 1 ay içinde küf oluştuğunu bildirmişlerdir.

Shiler ve arkadaşları (37) Cheddar tipi peynirlerde olgunlaşma periyodu boyunca günde 3 saat süreyle 0.1 mg/l ozonun ortam havasına verilmesinin, peynirlerde mikrobiyal kalite için optimum sonuç verdiğini saptamışlardır.

Dosti ve arkadaşları (11) süt işletmelerinde, ozonun biofilm oluşturan bakteriler üzerine etkisini araştırmışlar, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas fragi* ve *Pseudomonas putida*'nın bulunduğu biofilmler yüzeye 0.6 ppm ozonu 10 dk süreyle uygulamışlar ve ortamdaki etkenlerde %99 oranında bir azalma kaydetmişlerdir.

Yumurtaların muhafazasına yönelik ozon uygulamaları olumlu sonuçlar vermiştir. Ancak yumurta kabuk yapısının bozulması durumunda, ozon ile yumurta bileşenlerinin reaksiyona girdiği, oksidasyon sonucu yumurtaların renginde, kokusunda ve tadında bozukluklar oluştuğu saptanmıştır. Yapılan bir çalışmada, yumurtaların muhafaza edildiği ortam havasına 40 dk süreyle % 14 düzeyinde ozon uygulamasının, yumurtaların yüzeyinde bulunan mikroorganizma sayısında, 5 log'lık bir azalma meydana getirdiği saptanmıştır (36).

Ozonun, çeşitli baharatlar üzerine koruyucu etkisi incelenmiş ve baharat çeşidinin içerdiği yağ asitlerinin konsantrasyonuna bağlı olarak uygulanabilirliği kabul görmüştür. Tane karabiber örnekleri üzerine 6.7 mg/l ozonun 6 saat süreyle gaz şeklinde uygulanması sonucu, örneklerdeki genel canlı sayısında 6 log'lık bir azalma saptanmış ve uygulama sonunda mevcut uçucu yağ

asitlerinde bir oksidasyon şekillenmediği kaydedilmiştir (43).

9. Sonuç

Ozon suların dezenfeksiyonunda kloro göre alternatif bir yöntem olduğu bildirilmektedir, klorun reaksiyona girmediği, suya renk, tat, koku veren maddeler, demir, mangan, siyanür, fenol, pestisitler ve endüstriden kaynaklanan ve ayrışması zor olan maddelerle kolayca reaksiyona girebilmektedir. Ayrıca sulardaki mikroorganizmaların dezenfeksiyonunda diğer dezenfektanlara göre daha etkili ve güvenilir bir bileşik olduğu gözlenmiştir. Ozon çok çabuk olarak oksijene indirgenmektedir ve artırılmış su veya atıksuyun oksijen konsantrasyonu artmaktadır, bundan dolayı bakiye ozonu uzaklaştırmaya gerek olmadığı vurgulanmaktadır. Ozonlamanın etkisinin su kalitesine bağlı olduğu bu yüzden yüksek konsantrasyonlarda organik maddelerin olduğu bir ortamda verimliliğin önemli ölçüde azalır, ozon tüketimi artabildiği çünkü ozonun okside etme etkileri seçici olmadığı ve ozonun büyük bir kısmının hedef dışı bileşiklere gidebildiği vurgulanmaktadır. Ozon kararlı olmadığı için hızlı bir şekilde oksijene bozulma eğiliminde olduğu bu durumun da sularda daha sonraki aşamalarda oluşabilecek mikroorganizmalar için yetersiz kaldığı belirtilmektedir.

Ozon, dezenfeksiyonda kullanılan diğer kimyasal maddelere göre yüksek reaktiviteye ve oksitleme gücüne sahip olduğu buna göre, gıda işletmelerinde dezenfeksiyon amaçlı güvenilir şekilde kullanılabilirliği belirtilmektedir.

10. Kaynaklar

1. ACERO, J.L., VON GUNTEN, U. (2000). Influence of carbonate on the ozone hydrogen peroxide based advanced oxidation proses for drinking water treatment. *Ozone-Sci. Eng.*, **22**: 305-328.
2. ANON. (2003). Erişim: [http://www.ozoneapplications.com/bacteria/bacteria_destruction.htm]. Erişim tarihi: 25.12.2003
3. Atkinson, R., Baulch, D.L., Cox, R.A., Hampson, R.F., Kerr, J.A., Troe, J. (1989). Evaluated kinetic and photochemical data for atmospheric chemistry (Suppl. III). IUPAC Subcommittee on gas kinetic data evaluation for Atmospheric Chemistry. *J. Phys. Chem. Ref. Data*, **18**: 881-1097
4. Atkinson, R. (1990). Gas-phase tropospheric chemistry of organic compounds. *Atmos. Environ.*, **24**: 17-24.
5. Boehm, r. (1989). Possible ways of disinfecting slaughterhouse effluent. *Fleischwirtschaft*, **69**: 1700-1702.
6. Bose, P., BoIJayanta, B., Reckhow, D. (1994). Effect of ozonation on some chemical and physical properties of aquatic natural organic matter. *Ozone-Sci. Eng.*, **16**: 89-112.
7. BURLESON, G.R., MURRAY, T.M., POLLARD, M. (1975). Inactivation of viruses and bacteria by ozone, with and without sonication. *Appl. Microbiol.*, **29**: 340-344. in KIM, J.G., YOUSEF, A.E., DAVE, S. (1999). Application of ozone enhancing the microbiological safety and quality of foods. *J. Food Protect.*, **62**: 1071-1087.
8. Chatterjee, D., Mukherjee, S.K. (1993). Destruction of phagocytosis suppressing activity of aflatoxin by ozone. *Lett. Appl. Microbiol.*, **17**: 52-54.
9. Chen, H.H., Chiu, E.M., Huang, J.R. (1997). Color and gel forming properties of horse mackerel (*Trachurus japonicus*) as related to washing conditions. *J. Food Sci.*, **62**: 985-991.
10. Dondo, A., Nachtman, C., Doglione, L., Rosso, a., Genetti, A. (1992). Foods: their preservation by combined use of refrigeration and ozone. *Conserve Anim.*, **8**: 16-25.
11. DOSTI, B., GUZEL-SEYDİM, Z.B., GREENE, A.K. (2001) Effectiveness of ozone, heat and chlorine for destroying common food spoilage bacteria in synthetic media and biofilms. *Int. J. Dairy Technol.*, (in press)
12. Edwald, J.K. (1993). Coagulation in drinking water treatment : particles organics and coagulants . *Water Res.*, **27**: 21-35.
13. Farooq, S., Akhlaque, S. (1983). Comparative response of mixed cultures of bacteria and virus to ozonation. *Water Res.*, **17**: 809-812.

14. GabrIel'yants, M.A., Teplova, L.N., Karpova, T.I., Kozlova, R.A., Makarova, G.F. (1980). Storage of hard rennet cheeses in cold stores with ozonization of air. *Kholodil'naya Tekhnika* **5**: 35-37. in KIM, J.G., YOUSEF, A.E., DAVE, S. (1999). Application of ozone enhancing the microbiological safety and quality of foods. *J. Food Protect.*, **62**: 1071-1087.
15. Glaze, W.H. (1987). Drinking water treatment with ozone. *Environ. Sci. Technol.*, **21** (3): 224-226.
16. Gorman, B.M., Sofos, J.N., Morgan, J.B., Schmitt, G.R., Smith, G.C. (1995). Evaluation of hand-trimming, various sanitizing agents, and hot water spray washing as decontamination interventions for beef brisket adipose tissue. *J. Food Protect.*, **58**: 899-907.
17. Harakeh, M.S., Butler, M. (1985). Factors influencing the ozone inactivation of enteric viruses in effluent. *Ozone-Sci. Eng.*, **6**: 235-243.
18. Henrique, A.O., Moran Jr, C.P. (2000). Structure and assembly of the bacterial endospore coat. *Methods*, **20**: 951-10. in Khadre, M.A., Yousef, A.E. (2001). Sporocidal action of ozone and hydrogen peroxide a comparative study. *J. Food Microbiol.* **71**: 131-138.
19. Hoigne, J., Bader, H. (1983). Rate constants of reactions of ozone with organic and inorganic compounds in water. I: Nondissociating organic compounds. *Water Res.*, **17**: 173-183.
20. Hunt, N. K., Marinas, B.J. (1997). Kinetics of *Escherichia coli* inactivation with ozone. *Water Res.*, **31**: 1355-1362.
21. JIAN-YING, H., TAKESHI M., YASUMOTO M., TAKAKO, A. (2000). Evaluation of reactivity of pesticides with ozone in water using the energies of frontier molecular orbitals. *Water Res.*, **34**: 2215-2222.
22. Jonson, J.E., Isaksen, I.S.A. (1993). Tropospheric ozone chemistry. The impact of cloud chemistry. *J. Atmos. Chem.*, **16**: 99-122.
23. Kim, Y.s., Lee, Y., Choi, S.G., Choi, E. (1997). Treatment of taste and odor causing substances in drinking water. *Water Sci. Technol.*, **35**: 829-836.
24. KIM, J.G., YOUSEF, A.E., DAVE, S. (1999). Application of ozone enhancing the microbiological safety and quality of foods. *J. Food Protect.*, **62**: 1071-1087.
25. KIM, J.G., YOUSEF, A.E. (2000). Inactivation kinetics of foodborne spoilage and pathogenic bacteria by ozone. *J. Food Sci.*, **65**: 521-528.
26. Komanapalli, I.R., Lau, B.H.S. (1996). Ozone-induced damage of *Escherichia coli* K-12. *Appl. Microbiol. Biot.*, **46**: 610-614.
27. Liu, S.C., TraIner, M., Fehsenfeld, F.C., ParrIsh, D.D., Williams, E.J., Fahey, D.W., Hubler, G., Murphy, P.C. (1987). Ozone production in the rural troposphere and implications for regional and global ozone production. *J. Geophys. Res.*, **92**: 4191-4207.
28. Montecalvo, J.Jr., Earls, D., Williams, D., Mueller, E., Pedersen, L., Redsun, H. (1995). Optimization of bacterial reduction by ozonation in a flowing water stream process model. Institute of Food Technologists annual meeting, book of abstracts, p. 36. in KIM, J.G., YOUSEF, A.E., DAVE, S. (1999). Application of ozone enhancing the microbiological safety and quality of foods. *J. Food Protect.*, **62**: 1071-1087.
29. PandIs, S.N., SeInfeld, J.H. (1989). Sensitivity analysis of a chemical mechanism for aqueous-phase atmospheric chemistry. *J. Geophys. Res.*, **94**: 1105-1126.
30. RavIshankara, A.R. (1997). Heterogeneous and multiphase chemistry in the troposphere. *Science* **276**: 1058-1065.
31. Reagan, J.O., Acuff, G.R., Buege, D.R., Buyck, M.R., Dickson, J.S., Kastner, C.L., Marsden, J.L., Morgan, J.B., Nickelson I.R., Smith, G.C., Sofos, J.N. (1996). Trimming and washing of beef carcasses as a method of improving the microbiological quality of meat. *J. Food Protect.*, **59**: 751-756.
32. Restaino, L., Frampton, E.W., Hemphill, J.B., Palnikar, P. (1995). Efficacy of ozonated water against various food related microorganisms. *Appl. Environ. Microb.*, **61**: 3471-3475.
33. Richard, Y. (1994). Ozone water demand test. *Ozone-Sci. Eng.*, **16**: 355-365.
34. Rojek, U., Hill, A., Griffiths, M. (1995). Preservation of milk by hyperbaric ozone processing. *J. Dairy Sci.*, **78**: 125-127.
35. SHELDON, B.W. BROWN, A.L. (1986). Efficacy of ozone as a disinfectant for poultry carcasses and chill water. *J. Food Sci.*, **51**: 305-306.
36. Rudavskaya, A. B., Tishchenko, E.V. (1978). Effect of ozonization the quality and keeping characteristics of retail eggs. *Tovarovedenie* **11**: 43-46. in KIM, J.G., YOUSEF, A.E., DAVE, S. (1999). Application of ozone enhancing the microbiological safety and quality of foods. *J. Food Protect.*, **62**: 1071-1087.
37. ShIler, G.G., ElIseeva, N.N., VolodIn, V.I., Chebotarev, L.N., Matevosyan, L.S. (1983). Method of ozonizing rooms for ripening and storing cheeses. USSR patent no. SU1022688A. in KIM, J.G., YOUSEF, A.E., DAVE, S. (1999). Application of ozone enhancing the microbiological safety and quality of foods. *J. Food Protect.*, **62**: 1071-1087.
38. Staehelin, J., Hoigne, J. (1985). Decomposition of ozone in water in the presence of organic solutes acting as promoters and inhibitors of radical chain reactions. *Environ. Sci. Technol.*, **19**: 1206-1213.
39. StIvarIus, m.r., Pohlman, F.W., McElyea, K.S., Apple, J.K. (2002). Microbial, instrumental color and sensory color and odor characteristics of ground beef produced from beef trimmings treated with ozone or chlorine dioxide. *Meat Sci.*, **60**: 299-305.
40. USDA, (1997). code of Federal Regulations, Title 9, Part 381.66-poultry products; temperature and chilling and freezing procedures. Office of the Federal Register National Archives and Records Administration, Washington, DC
41. Wickramanayake, G.B., Rubin, A.J., Sproul, O.J. (1984). Inactivation of *Naegleria* and *Giardia* cysts in water by ozonation. *J. Water Pollut. Control Fed.*, **56**: 983-988.
42. YAO, C.C.D., HAAG, W.R. (1991). Rate constants for direct reactions of ozone with several drinking water contaminants. *Water Res.*, **25**: 761-773.
43. Zhao, J., Cranston, P.M. (1995). Microbial decontamination of black pepper by ozone and the effect of the treatment on volatile oil constituents of the spice. *J. Sci. Food Agr.*, **68**: 11-18.

Sağlıklı ve Dengeli Beslenme

Necdet ERGÜN

0 232 441 60 01

info@akademikgida.com - sidasmedya@mynet.com