
Derleme / Review

Ozon ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları

Pınar OĞUZHAN YILDIZ^{*1}, Filiz YANGILAR¹

¹*Ardahan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ardahan*

Özet

Son yıllarda gıdaların mikrobiyal güvenliğini sağlamak amacıyla radyasyon ve ozon uygulamaları gibi farklı yöntemler uygulanmaktadır. Genellikle düşük konsantrasyonlarda daha kısa temas süresi ile geniş spektrumda mikroorganizma inhibisyonunu sağlayan ozon uygulamaları gıda endüstrisinde başarı ile uygulanabilmektedir. Yüksek reaktivitesi, kendiliğinden parçalanarak ortamda zararlı bileşik bırakmaması ozonun gıdalarda kullanımını güvenilir hale getirmektedir. Ozon son on yıldır pek çok ülkede gıda sanayinde kullanılmakta, özellikle son zamanlarda GRAS (genel olarak güvenilir) kabul edilmesi nedeniyle daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Ozon genellikle içme sularının dezenfeksiyonunda, kırmızı, beyaz et ve deniz ürünlerinin yıkanmasında, depo atmosferinin kontrol edilmesinde, gıda ekipmanlarının dezenfekte edilmesinde kullanılmaktadır. Bu derlemede, ozonun üretimi, kullanım alanları, avantaj ile dezavantajları ve gıda endüstrisindeki uygulama alanlarından bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ozon, Dezenfektan, Raf ömrü, Güvenilir gıda

Ozone Concepts and Approaches in Food Industry

Abstract

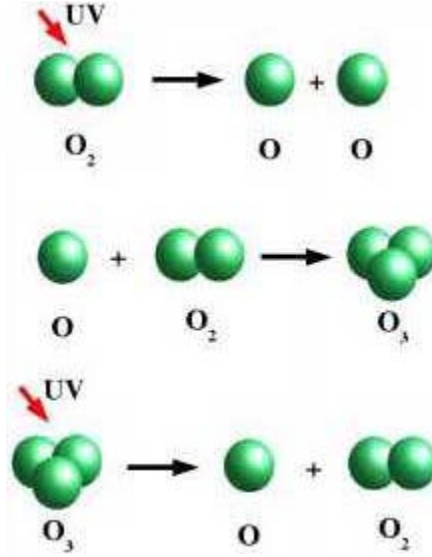
Recently, different methods such as irradiation and ozone are developed to inactive microorganisms. Ozone are used succesfully in food industry because of generally inhibition of microorganism in broad spectrum with shorter contact times at low concentrations. High reactivity, spontaneous decomposition without residues in the medium make ozone safety in food products. Ozone is used in the food industry for the last decade in many countries. Especially in recent times, ozone has usage area because of reliable substance (GRAS). Ozone is generally used in disinfection of drinking water, washing of in red-meat, white and marine products, control of storage atmosphere and disinfection of food process equipments in food industry. The present review, production, using of areas, advantage with disadvantage and using of ozone in food industry are mentioned.

Keywords: Ozone, Disinfectant, Shelf life, Safety food

1. Giriş

Ozon ismi, Yunanca "tanrının nefesi" anlamına gelen 'ozein' sözcüğünden türetilmiştir [1, 2]. Oda sıcaklığında renksiz, keskin kokulu bir gaz olan ozon (O₃); havadaki oksijen molekülünün (O₂) yüksek bir enerji etkisi ile atomlarına ayrışması ve bu kararsız atomların bir başka oksijen molekülü ile hızla birleşmesi sonucu Şekil 1'deki gibi oluşmaktadır [3-5].

* Sorumlu yazar: pinaroguzhan@hotmail.com



Şekil 1. Ozon molekülünün oluşumu

Ozon, atmosferimizde doğal halde bulunan oldukça önemli bir maddedir. Gaz haldeyken mavi, sıvı ve katı haldeyken opak mavi-siyah renktedir. Normal sıcaklık ve basınç altında oldukça kararsız bir gaz olan ozon, suda kısmen çözünürdür, keskin bir kokuya sahiptir ve gıdalara uygulanabilen, ticari kullanımı olan tek doğal dezenfektandır [6-12]. Ozon normal şartlarda (yoğunluğuna bağlı olarak) kısa sürede yarılanarak hammaddesi olan oksijene dönüşebilmektedir [2, 13, 14]. Ozonun oksidasyon reaksiyonu başladıktan sonra, ortam sıcaklık ve nemine bağlı olarak 0,5-1 saat içerisinde ozon molekülleri bilinen iki atomlu oksijene dönüşmeye başlamaktadır. Bu özelliği nedeniyle, diğer dezenfektan maddelerin aksine atık madde ve yan ürün oluşturma riski taşımadığı ifade edilmektedir [2, 15].

Saf halde bulunan ozonun bazı özellikleri Çizelge 1’de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Saf ozonun bazı özellikleri [11, 12, 16-18]

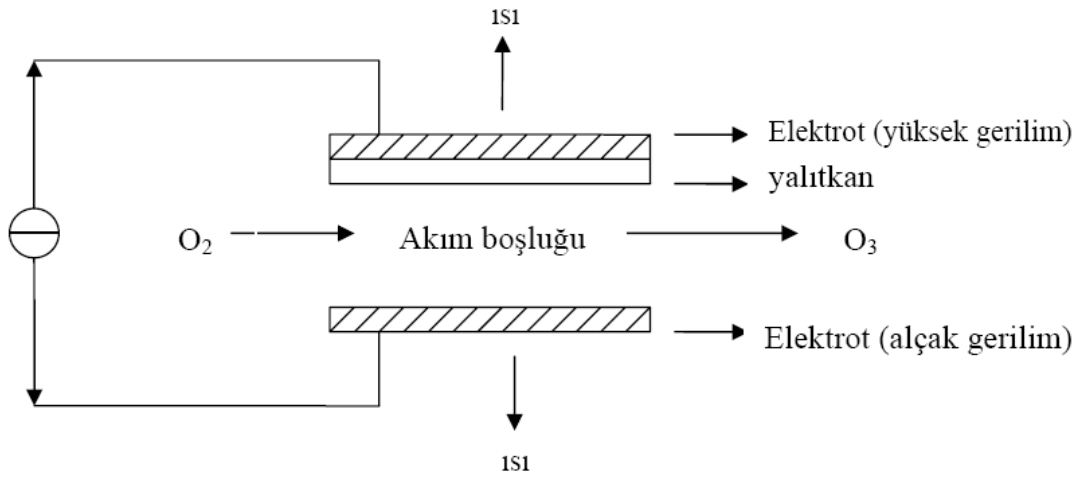
Özellik	Ozon
Formülü	O_3
Molekül Ağırlığı	48
Renk	Açık mavi
Koku	Kendine has
Sudaki çözünürlük ($0^\circ C$)	0.64
Yoğunluk (g/L)	2.144
Kaynama noktası	$-111.9 \pm 0.3^\circ C$
Erime noktası	$-192.5 \pm 0.4^\circ C$
Kritik sıcaklık	$-12.1^\circ C$
Kritik basınç	54.6 atm

Ozon gazı, canlıları güneşin zararlı ışınlarına karşı koruyan bir kalkan görevi görmektedir. Ozon tabakasının olmaması durumunda, güneşten gelen radyasyonunun yeryüzüne ulaşarak canlılar üzerinde genetik zararlara yol açabileceği ifade edilmektedir [2, 19]. Atmosferin üst katmanlarında UV ışınları, alt katmanlarında yıldırım çakması sonucu oluşan elektrik arkının oksijeni parçalaması ile oluşan ozon, havanın temizlenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Hatta ozon pek çok gelişmiş ülkede bir hava kirliliği kriteri olarak kullanılmaktadır [1, 20, 21]. Gökyüzünün mavi renkte görünmesi yine bu gaz sayesinde olmaktadır [2, 19]. Ozon tabakası özellikle 290-320 nm aralığındaki ultraviyole ışınları absorbe eder [1, 22]. Ozon tabakası incelendiğinde ya da delindiğinde filtreleme işlemini yerine getiremeyeceğinden güneş ışınları canlılar için ciddi bir tehlike haline dönüşmektedir.

Bu tabakanın incelmeye neden olan ve kloroflorokarbon içeren maddelerin başında klor türevleri, plastik köpükler (straför), spreyleyler, aerosoller ve yangın söndürücüler gelmektedir [2, 23].

2. Ozon Üretimi

Günümüzde ozonu yapay olarak üretebilmek mümkündür [12]. Ozon, havadaki oksijenin yüksek iletkenliğe sahip UV lambanın 185 nm’de yaydığı radyasyona maruz bırakılmasıyla 0,03 ppm gibi düşük konsantrasyonlarda üretilmektedir [5, 7]. Ozon ticari olarak korona akım metodu ile oksijen moleküllerinin (O_2) elektrik akımından geçirilmesi yoluyla üretilmektedir [18, 24]. Korona akım metodu ile yüksek konsantrasyon ve miktarda ozon üretimi, kuvvetli bir elektriksel alandan oksijence zengin bir gaz geçirilerek gerçekleştirilmektedir. Yoğun enerji nedeniyle bazı oksijen molekülleri parçalanmaktadır. Oluşan kararsız oksijen atomları derhal diğer oksijen molekülleriyle birleşerek üç oksijen atomlu ozon molekülünü oluşturmaktadır [5, 25]. Deşarj aralığına besleme gazı olarak hava verildiğinde (kütlece %1-3), saf oksijen gazı verilmesi halinde %6 verimle ozon elde edilebilmektedir [5, 16]. Korona akım metodu ile çok daha yüksek miktarlarda ozon üretimi mümkündür. Aynı zamanda diğer ozon üretim yöntemlerine göre daha ekonomiktir [5, 25]. Korona akım metodu şeması Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Korona akım metodu şeması [18, 24].

Ozon kesinlikle depolanamaz, yerinde üretilmeli ve kullanılmalıdır [2, 26, 27].

3. Ozonun Kullanım Alanları

Ozonun (O_3) yararları ilk kez 1840 yılında İsviçre’de Alman kimyacı Christian Fredrick Schönbein tarafından keşfedilmiştir [1, 17, 18]. 1903-1906 yılları arasında Amerika’da bitkiler için su arıtımı alanında kullanılan ozon, 1940’lar da içme suyu arıtımında kullanılmaya başlanmıştır. 1980’li yıllarda teknolojinin gelişmesiyle ozon üretiminin kolay ve nispeten ucuz olmasına paralel olarak kullanım alanları artmıştır [17,18]. Ozon, başlıca gaz ve sıvı fazda yüzey alanları başta olmak üzere değişik alanlara uygulanabilmektedir. Suların dezenfeksiyonunda, tat, koku, renk, bulanıklık, siyanid, nitrit ve amonyak gideriminde, metallerin uzaklaştırılmasında, tarımsal ilaç kalıntılarının temizlenmesinde, soğuk hava depolarında, veterinerlik ve hayvancılıkta enfeksiyon giderilmesinde, alfatoksin arındırılmasında, hastane, hava alanı, otel, hamam gibi klima sistemleri olan yerlerde, yüzme havuzlarında, arabalarda sigara veya yangından hasar görmüş yapıları temizleme ve kokuları gidermede, insan kanında bulunan virüs gideriminde, virüslerin sebep olduğu hastalıklarda, bakteri ve virüslerin dezenfeksiyonunda, zayıflamada, cilt hastalıklarında, dolaşım bozukluklarında, kronik yorgunlukta, akne, sedef dirençli mantar gibi cilt hastalıklarında, migren ve multipl skleroz gibi nörolojik hastalıklarda, balık üretim çiftliklerinde, akvaryumlarda, et, balık, tavuk işleme tesislerinde, endüstriyel atık suların kontrolünde, dezenfeksiyonunda ve atık su arıtımında, tekstil endüstrisinde ve üniversiteler ile araştırma kurumlarındaki Ar-Ge çalışmalarında kullanılmaktadır [2, 18, 28-41].

Genel olarak ozonlamanın uygulandığı alanlardaki ozon dozajları ve temas süreleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Genel olarak ozonlamanın uygulandığı alanlardaki ozon dozajları ve temas süreleri [42].

Uygulama Alanları	Uygulanan Ozon Dozu (mg/L)	Temas Süresi (dakika)
<u>Şişelenmiş su (Dezenfeksiyon)</u>	0.25-1.0	5-10
<u>Kullanma suyu</u>	-	-
Dezenfeksiyon	1.5-3.0	5-10
Bulanıklık giderimi/mikroflokl.	0.5-1.5	3-10
THM yapıcılarının giderimi	1.5-3.0	5-10
Tat ve koku giderimi	1.0-5.0	5-10
Renk giderimi (tannin-lignin)	2.0-10.0	15-30
<u>Saflaştırılmış su</u>	-	-
Toplam organik karbon giderimi	1.0-3.0	1
Boruların sanitasyonu	1.0-3.0	5-10
Atık su	5.0-15.0	15-30
Soğutma kuleleri	0.1-0.4	1

4. Ozon Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları

Ozon uygulaması birçok avantaja sahiptir ve bunlar; suda koku ve renk oluşturmaz, yüksek oksidasyon gücü nedeniyle birkaç saniye gibi kısa bir sürede mikroorganizmaları öldürür, sudaki rengi, kötü tadı ve kokuyu yok eder, dezenfeksiyon sonrası sudaki oksijen miktarını artırır, kimyasal reaktif gerektirmez, demiri ve mangani yükseltgeyerek ortamdaki uzaklaştırır, organik maddelerle reaksiyon vererek ortamdaki uzaklaştırır, suda hızlı bozunarak uzaklaşır ve böylece istenmeyen kalıntı oluşumuna neden olmaz, koagülasyona yardımcı olur, pek çok ham su üzerinde ön ozonlama ve/veya dahili ozonlama daha sonra kullanılacak klor ihtiyacını azaltır ve kararlı klor bileşiklerini oluşmasını sağlar, kalsiyum karbonatın tortu oluşturmamasını önler, suyun pH’sını etkilemez, vücutta göz, solunum yolları, saç ve deride tahribat oluşturmaz [16, 40, 43, 44].

Dezavantajları; ozonlama işlemi klorlama ile karşılaştırıldığında yüksek maliyetli bir işlemdir, ozonlama sisteminin kurulumu nispeten zordur, ozonun bazı organik maddelerle reaksiyonu sonucu istenmeyen aldehit ve ketonlar oluşabilir, çözünürlüğü klordan daha az olduğundan özel karıştırıcılar gerekir, bazı organik türler üzerinde hiç oksitleyici etkisi olmayabilir veya ihmal edilebilecek kadar az olabilir, ozon kullanımı sonucu açığa çıkan biyo-bozunur organik maddeler organizma gelişmesine neden olabilir. Bu ise biyolojik aktif filtrasyon işlemi uygulanmazsa dağıtım sisteminde korozyon hızının artmasına neden olur, ozonlama filtrelemeden önce kullanıldığında, biyolojik gelişme filtreleri etkileyerek geri yıkama sıklığının artmasına neden olur, kullanılan ozon, klor, monokloramin, klordioksit gibi diğer oksidantlarla reaksiyona girebilir, ozon oksidasyonu sonucu demir ve mangan suda çözünmeyen bileşiklerine dönüştüğünden dolayı sedimentasyon veya filtrasyon işlemi gerekir. Bu çözünmeyen katı türler filtreleri tıkayabilir ve böylece geri yıkama sıklığını artırabilir [40].

5. Gıda Endüstrisinde Ozon Uygulamaları

Ozon son on yıldır pek çok ülkede gıda sanayinde kullanılmakta ve GRAS (genel olarak güvenilir) kabul edilmesi nedeniyle daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Ozonun 1982 yılında Gıda ve İlaç Dairesi tarafından (FDA) GRAS kabul edilerek şişe sularında dezenfektan olarak kullanımına ve 2001 yılı Haziran ayından itibaren ise yine FDA ozonun gıda sanayinde değişik amaçlarla kullanılmasına izin vermiştir. Bu izinle birlikte bu tarihe kadar sadece şişe sularının dezenfeksiyonunda kullanımı resmileşen ozonun gıda sanayinde muhafaza amacıyla da kullanım yolu açılmıştır [16, 45, 43, 46].

Ozonun gıda sanayinde kullanılmaya başlanmasının temelinde onun klora göre %52 oranında daha kuvvetli ve çok geniş bir mikroorganizma spektrumunda etkili olması gerçeği yatmaktadır. Ozonun mikroorganizmalar üzerindeki etki mekanizması hücre duvarlarının oksitlenmesi yoluyla öldürülmesinden kaynaklanmaktadır [45, 46].

Gıda endüstrisinde ozon kullanımının birçok avantajı vardır:

- 1) Ozon diğer dezenfektanlara göre, çok daha kuvvetli oksitleme özelliğine sahip antimikrobiyal bir gazdır,
- 2) Ozon mikroorganizma sayısının ve toksik organik maddelerin azaltılmasında ve atık suların kimyasal ve biyolojik O₂ ihtiyacının azaltılmasında kullanılabilir,
- 3) Ozon özellikle fungusid etki göstermekle birlikte bakterisid etkiye de sahiptir [29, 10, 47],
- 4) Gıda ile temas eden suların dezenfeksiyonunu sağlar,
- 5) Gıdaların depolanma ve raf ömrünü uzatır,
- 6) Gıda işletmelerinde dezenfeksiyon amaçlı kimyasal kullanımını azaltır,
- 7) Kısa sürede dezenfeksiyon sağlar, gıda üzerinde artık ve kalıntı bırakmaz [17, 18, 34, 39, 40].

Ozonun tüm bu sağlayacağı avantajları yanında, bazı dezavantajları da vardır [7, 18, 41, 47-49].

- 1) Et, yeşil sebzeler gibi gıdalarda yüzey oksidasyonuna ve askorbik asit ile B₁ vitaminin azalmasına neden olabilir,
- 2) Yağ oksidasyonu sonucunda istenmeyen tat ve koku oluşabilir,
- 3) Yüksek dozda ozon kullanımı gıdaların kalite parametrelerinde istenmeyen sonuçlara sebebiyet verebilir,
- 4) Ozonun gıda endüstrisinde sınırlı kullanılmasının nedeni ozon jeneratörlerinin hantal ve pahalı olmasından kaynaklanmaktadır.

Gıda endüstrisinde; yumurta kabuklarının üzerindeki bakterilerin arındırılmasında, balık üretimi ve meyve-sebze işleme tesislerinin, içme sularının, kuru gıdaların, çiğ etlerin ve piliç karkaslarının dezenfeksiyonu ile işletme sularının yeniden kullanımı gibi çok farklı alanlarda ozon uygulamaları yapılmaktadır [17, 18, 50-58].

Ozonlamanın en çok uygulandığı ürün yelpazesi meyve ve sebzelerden oluşmaktadır [12, 59]. Ozonlama, meyve ve sebzelerin bozulma ve çürümmesine en çok neden olan küfleri engellemek, azaltmak veya geciktirmek amaçlı birçok çalışma ve uygulamada yer almaktadır [5, 8, 12, 60-62]. Sebzelerin yüzey dezenfeksiyonu amacıyla ozon kullanımı giderek yaygınlaşmakta olup halen üzüm, böğürtlen, turuncgiller, elma, kiraz, havuç, erik, patates, üzüm, sarımsak, kivi, soğan, şeftali, çilek ve armutların yüzey dezenfeksiyonunda başarıyla kullanılmaktadır [7, 8, 10, 32, 41, 46, 63, 64].

Mandracılık sektöründe ozon uygulamaları üretim alanlarının ve depoların dezenfeksiyonu ile ürün kalitesinde ve ürünün raf ömrünün artırılmasında etkili olmaktadır. Ozon sistemleri; çiftliklerde, süt işleme tesislerinde, süt sağım makinelerinde, süt güğümleri ve süt soğutma tanklarının temizlenmesinde yaygın olarak uygulanmaktadır [65].

6. Sonuç

Gıda endüstrisinde; gıdaların kalitesinin belirlenmesinde, değerlendirilmesinde ve özellikle raf ömrünün tespitinde bilimsel ve genel olarak kabul edilmiş yaklaşımlarla çok ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu ilerlemelerden birisi de pek çok uygulama alanı bulunan aynı zamanda güçlü bir antimikrobiyal ajan olan ozondur. Ozon gazı gıda sanayinin birçok alanında güvenli ve etkili bir şekilde kullanılabilir. Özellikle kimyasal maddelerin yerine çok daha etkin, ekonomik ve oksijen dışında hiç bir atık oluşturmaması sebebiyle de ozon tamamen çevre dostudur.

Kaynaklar

1. Kutlubay Z., Engin B., Serdaroglu S., Tuzun Y. 2010. Dermatolojide Ozon Tedavisi, Dermatoz, 1(4): 209-216.
2. Çağlaroglu Ç. 2011. Farklı Seviyelerde Ozon Kullanımının Erzurum İli İçme Suyunun Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 62s, Erzurum.
3. Karaca H. 2006. Meyve ve Sebze İşlemede Ozon Uygulamaları. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora semineri, 28 s, Ankara.
4. Anonim. 2008. Ozon Sağlık Hizmetleri. www.ozon.com.tr (Erişim tarihi: 04.03.2014).

5. Sevilgen Ö. 2009. Ozon, Klor ve Hidrojen Peroksit Uygulamalarının Pazıda Klorofil Miktarı Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 75s, Ankara.
6. Restaino L., Frampton E. W., Hemphill J. B., Palnikar P. 1995. Efficacy of Ozonated Water Against Various Food-Related Microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*, 61 (9): 3471–3475.
7. Kim J. G., Yousef A. E., Dave S. 1999. Application of Ozone for Enhancing the Microbiological Safety and Quality of Foods: A Review. *Journal of Food Protection*, 62 (9): 1071-1087.
8. Cemerioğlu B., Yemenicioğlu A., Özkan M. 2001. Meyve ve Sebzelerin Bileşimi Soğukta Depolanmaları. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, No:24: 88-95, Ankara.
9. Anonymous. 2003. <http://www.familyhealthnews.com/32.html>. (Erişim tarihi: 24.09.2013).
10. Kuşçu A., Pazır F. 2004. Gıda Endüstrisinde Ozon Uygulamaları. *Gıda*, 29 (2): 123-129.
11. Mahapatra A. K., Muthukumarappan K., Julson J. L. 2005. Applications of Ozone, Bacteriocins and Irradiation in Food Processing: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(6): 447– 461.
12. Çatal H., İbanoğlu Ş. 2010. Gıdaların Ozonlanması. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 5(3): 47-55.
13. Jacqueline I. K. 1981. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 3rd ed. John Wiley & Sons.
14. Meunier L., Canonica S., Von Gunten U. 2006. Implications of Sequential Use of UV and Ozone for Drinking Water Quality. *Water Research*, 40: 1864-1876.
15. Boci V. 2004. Ozone as Janus: This Controversial Gas can be Either Toxic or Medically Useful. *Mediators Inflammation.*, 13 (1): 3-11.
16. Güzel-Seydim Z. B., Grene A. K., Seydim A. C. 2004. Use of Ozone in The Food Industry. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 37: 453-460.
17. Anonim. 2005. Ozon nedir? <http://ozontek.com/turkish/> (Erişim tarihi: 16.09.2013)
18. Ekici L., Sağdıç O., Kesmen Z. 2006. Gıda Endüstrisinde Alternatif Bir Dezenfektan: Ozon. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1: 47-57.
19. Ersoy D., Sanver S. 1994. *Çevre Dergisi*, Ocak-Şubat-Mart,10.
20. Özler M, Öter Ş, Korkmaz A. 2009. Ozon Gazının Tıbbi Amaçlı Kullanılması. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 8: 59-64.
21. Anonim. 2013a. Ozon tedavisi nedir? www.medikalozon.com (Erişim tarihi: 26.09.2013)
22. Valacchi G., Fortino V., Bocci V. 2005. The Dual Action of Ozone on The Skin. *British Journal of Dermatology*, 153: 1096-1100.
23. Mahapatra A. K., Muthukumarappan K., Julson J. L. 2005. Applications of Ozone, Bacteriocins and Irradiation in Food Processing: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45 (6): 447– 461.
24. Rice R. G., Robson C. M., Miller G. W., Hill A. G. 1981. Uses of Ozone in Drinking Water Treatment. *Journal of the American Water Works Association*, 73 (1): 44–57.
25. Anık A. 2007. İklimlendirme Sistemlerinde Ozon Kullanımının İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 102 s, Ankara.
26. Kayhan M. 2007. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildiri Kitapçığı, 81-83.

27. Pascual A., Llorca I., Canut A. 2007. Use of Ozone in Food Industries for Reducing the Environmental Impact of Cleaning and Disinfection Activities. Trends in Food Science and Technology, 18: 29-35.
28. Greene A. K., Few B. K., Serafini J. C. 1993. Ozonated vs Chlorinated Sanitization of Stainless Steel Surfaces Soiled with Milk Spoilage Organisms. Journal of Dairy Science, 76: 3617–3620.
29. Khadre M. A., Yousef A. E., Kim J. G. 2001. Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review. Journal of Food Science, 66 (9): 11243-1252.
30. Rubin M. B. 2001. The History of Ozone. Bulletin History Chemistry, 26 (1): 40-56.
31. Boci V. 2002. Oxygen-Ozone Therapy: A Critical Evaluation. Springer, 1-8.
32. Nagayoshi M., Fukuizumi T., Kitamura C., Yano J., Terashita M., Nishihara T. 2004. Efficacy of Ozone on Survival and Permeability of Oral Microorganisms. Oral Microbiology Immunology, 19: 240– 246.
33. Ketteringham L., Gausseres R., James S. J., James C. 2006. Application of Aqueous Ozon for Treating Pre-Cut Green Peppers (*Capsicum annum* L.). Journal of Food Engineering, 76 (1): 104-111.
34. Kılıçer T. 2006. Malatya 1. Organize Sanayi Bölgesi Atık Suyunun Aktif Karbon, Zeolit ve Ozon Kullanılarak Arıtımının İncelenmesi. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 84 + ix s, Malatya.
35. Öztekin S., Zorlugenç B., Zorlugenç F. K. 2006. Effects of Ozone Treatment on Microflora of Dried figs. Journal of Food Engineering 75 (3): 396-399.
36. Anonim. 2009a. <http://www.alarko-leroy.com.tr/ichaber.asp?no=1028> (Erişim tarihi: 16.09.2013).
37. Anonim. 2009d. <http://www.ozonoks.com.tr/ozon-ile-ilgili-sorulari.gida-endustrisinde-ozon-uygulamalari> (Erişim tarihi: 16.09.2013).
38. Anonim. 2010a. Ozonun uygulama alanları. [http:// www.mikronozon.com /ozon_uygulama_alanlari.html](http://www.mikronozon.com/ozon_uygulama_alanlari.html) (Erişim tarihi: 16.09.2013).
39. Anonim. 2011.Ozone: Its Properties and Industrial Uses www.nutech-o3.com, Ozone: Its Properties and Industrial Uses. Jan.12, 2011. (Erişim tarihi: 24.09.2013).
40. Uzun S. 2011. Su Kalitesinin İyileştirilmesinde Ozon Kullanımı ve Kimyasal Etkileri. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 68 (2): 105-113.
41. Yıldız D. 2011. Ozon Uygulanan Levrek (*Dicentrarchus labrax*) Balıklarının +4±2 °C’de Depolanması Sırasında Kalitesinde Meydana Gelen Değişimler ve Raf Ömrünün Tespiti. Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 78s, Muğla.
42. Polat H. 2009. Dezenfeksiyon Amaçlı Ozon Kullanımı. SUMAE Yunus Araştırma Bülteni, 9: 2.
43. Jurado-Alameda E., Garcia-Roman M., Altmajer-Vaz D., Jimenez-Perez J. S. 2012. Assessment of the Use of Ozone for Cleaning Fatty Soils in the Food Industry. Journal of Food Engineering, 110: 44–52.
44. Anonim. 2013b. Ozon nedir? [http:// www.aaggrup.comaag.gaz_cozumleriozon _jeneratörleri_files/ozon_bilgileri_pdf](http://www.aaggrup.comaag.gaz_cozumleriozon_jeneratörleri_files/ozon_bilgileri_pdf) (Erişim tarihi: 24.09.2013).
45. Trevor V. S. 2004. Ozone Applications for Postharvest Disinfection of Edible Horticultural Crops., Extension Postharvest Specialist, Department of Vegetable Crops, University of California, Davis., Publication 8133 by the Regents of the University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
46. Erdem T. 2007. Ozonlu Su İle Yıkanan Kırmızı Pul Biberin Mikrodalga Enerjisi İle Kurutulması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 78s, Adana.
47. Erkmén O. 2010. Gıda Mikrobiyolojisi. Efil Yayınevi, 1. Basım. Yayın No: 42: 337-340.

48. Jaksch D., Margesin R., Mikoviny T., Skalny J. D., Hargunten E., Schinner F., Mason N. J., Mark T. D. 2004. The Effect of Ozone Treatment on the Microbial Contamination of Pork Meat Measured by Detecting the Emissions Using PTR-MS and by Enumeration of Microorganisms. *International Journal of Mass Spectrometry*, 239: 209-214.
49. Anonim. 2009b. Ozonun beyaz et sanayinde kullanımı. [http:// www.fulyaturantas.com /Bilimsel /ozonbeyazet.doc](http://www.fulyaturantas.com/Bilimsel/ozonbeyazet.doc) (Erişim tarihi: 24.09.2013).
50. Nieto J. C., Jimenez-Colmenero F., Pelaez Ma C. 1984. Effect of Ozone on Bacterial Flora in Poultry During Refrigerated Storage. *International Journal of Refrigeration*, 7 (6): 389-392.
51. Sheldon B. W., Brown A. L. 1986. Efficacy of Ozone as a Disinfectant for Poultry Carcasses and Chill Water. *Journal of Food Science*, 5: 305-309.
52. Chen H. C., Huang S. H., Moody M. W., Jiang S. T. 1992. Bactericidal and Mutagenic Effects of Ozone on Shrimp (*Penaeus mondon*) Meat. *Journal of Food Science*, 57: 923-927.
53. Yang P. P. W., Chen T. C. 1979a. Effects of Ozone Treatment on Microflora of Poultry Meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 3 (2): 177-185.
54. Yang P. P. W., Chen T. C. 1979b. Stability of Ozone and its Germicidal Properties on Poultry Meat Microorganisms in Liquid Phase. *Journal of Food Science*, 44 (2): 501-504.
55. Munter R., Kamenev S., Kalas J., Maripuu L. 1998. Using Ozone in High Quality Drinking Water Production. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 28: 81-86.
56. Çatal H., İbanoglu E., İbanoglu S. 2008. Gıdaların Ozonlanması. Türkiye 10. Gıda Kongresi, pp 987-990, 21-23 Mayıs, Erzurum.
57. Kaletunç G. 2009. Gıda Endüstrisinde Alışılmamış Yöntemler. *Bilim ve Teknik*, 60-63s, Eylül.
58. Turantaş F. 2013. Ozon Gazının Kırmızı Et Sanayiinde Kullanımı. [www.fulyaturantas.com/ Bilimsel/ozon.doc](http://www.fulyaturantas.com/Bilimsel/ozon.doc) (Erişim tarihi: 16.09.2013).
59. Xu L. 1999. Use of Ozone to Improve the Safety of Fresh Fruits and Vegetables. *Food Technology*, 53 (10): 58.
60. Badiani M., Fuhrer J, Paolacci A. R., Giovannozzi S. G. 1996. Deriving Critical Levels of Ozone Effects on Peach Trees (*Prunus persica* L. Batsch) Grown in Open Top Chambers in Central Italy. *Fresenius Environmental Bulletin*, 5: 594-603.
61. Kim J. G., Yousef A. E. 1998. Effective Ozone Delivery for Decontamination of Fresh Lettuce. In Book of Abstracts. Institute of Food Technologists Annual Meeting, Chicago, IL, pp 55-56.
62. Achen M., Yousef A. E. 1999. Ozone Treatment of Apples to Reduce *Escherichia coli* O157:H7 Contamination. In Book of Abstracts. Institute of Food Technologists Annual Meeting, Chicago, IL, p.215.
63. Suslow T. V. 2001. Ozone Applications for Postharvest Disinfections of Edible Horticulture Crops. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, California.
64. Çağatay Ö. 2006. Ozon Uygulamasının Kirazın Soğukta Depolanma Süresi Üzerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 55s, Isparta.
65. Anonim. 2013c. Tarım ve gıda sektöründe ozon uygulaması. [http:// www.abssuaritim.com/images/937e49eb-ec1b-47fc-9e8b-354f20739077.pdf](http://www.abssuaritim.com/images/937e49eb-ec1b-47fc-9e8b-354f20739077.pdf) (Erişim tarihi: 16.09.2013).