



Gıda Endüstrisinde Ozon Uygulamaları

Elif Savaş^{1*}, Hakan Tavşanlı¹, İlhan Gökgözoğlu¹

^{1*} Balıkesir Üniversitesi, Susurluk Meslek Yüksekokulu, 10600 Susurluk/ Balıkesir, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Geliş 30 Ocak 2014
Kabul 10 Mart 2014
Çevrimiçi baskı, ISSN: 2148-127X

Anahtar Kelimeler:

Ozon
Patojen
Gıda güvenliği
E.coli
Dezenfeksiyon

ÖZET

Aktif oksijen olarak bilinen Ozon (O₃), antimikrobiyal etkisi güçlü bir dezenfektandır. Güneşin ultraviyole ışını ve yıldırım anında ortaya çıkan elektrik arkları ile oluşan ozon, dünyanın etrafında koruyucu kalkan olarak mevcuttur ve canlıları güneşin radyasyon etkisine karşı korur. Gıda endüstrisinde doğrudan gıda ile temas eden veya dolaylı olarak gıdaların işlenmeleri sırasında kullanılan suların bakteriyolojik dezenfeksiyonu ve kimyasal arıtımında ozonlama alternatif koruma yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, klasik dezenfektanlara alternatif bir yöntem olarak ozon uygulamalarının gıda sanayinde etkileri değerlendirilecektir

* Sorumlu Yazar:

E-mail: esavas@balikesir.edu.tr

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 2(3): 122-127, 2014

Ozone Applications in Food Industry

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 January 2014
Accepted 10 March 2014
Available online, ISSN: 2148-127X

Keywords:

Ozone
Pathogen
Food safety
E.coli
Disinfection

ABSTRACT

Known as active oxygen Ozone (O₃), are among the most effective antimicrobials. The sun's ultraviolet rays and ozone caused by electric arcs of lightning occurring instantly around the world, and is available as a protective shield protects the animals against the effects of the sun's radiation. In the food industry, directly or indirectly in contact with food during processing of foods and chemical treatment of water disinfection bacteriological emerges as an alternative protection method. In this study, the effects of the ozone applications will evaluated as an alternative to conventional disinfectants in food industry.

* Corresponding Author:

E-mail: esavas@balikesir.edu.tr

Giriş

Doğal ve güvenli gıdalara tüketicilerin ilgisi gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle işlenmemiş ya da çok az işlem görmüş, kimyasal koruyucu içermeyen gıdalara olan talep artmıştır. Bu durum önceden koruyucu ya da dezenfektan kullanılarak güvenli hale getirilen gıda proseslerinde yenilik arayışlarını hızlandırmıştır. Bu konuda yasal düzenlemeler tekrar gözden geçirilmiş ve revizyonlar gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda gıda kaynaklı salgınlar ve patojenlerin neden olduğu sağlık sorunları, yeni mikroorganizmaların tanımlanmasına neden olmuştur. Sürece katkıda bulunan bu gelişmeler güvenli gıda üretiminde minimal proses yaklaşımları yanı sıra alternatif dezenfeksiyon yöntem arayışlarına hız kazandırmıştır.

Daha önceden gıda güvenliğinin sağlanmasında oldukça etkili bulunan bazı dezenfeksiyon yöntemleri, günümüzde yüksek pH'da bazı mikroorganizmalar ya da spor formları üzerine etki etmedikleri ve trihalo bileşikleri gibi zararlı parçalanma ürünlerine dönüştükleri için sakıncalı görülmektedirler (Khadre ve ark., 2001). Dezenfektan kullanımı ile ilgili olarak araştırmalar, çevre dostu ve gıda prosesleriyle uyumlu, kullanımı sırasında sağlık açısından zararlı kalıntı bırakmayan, patojen mücadelesinde sporlar da dahil geniş bir etkiye sahip olan etkin maddelere yönelmiştir (Karaca ve Velioğlu, 2007).

Bu arayışlar sonucunda, güçlü bakterisidal ve viridal etkiye sahip olduğu bilinen ozon ile ilgili araştırmalara son yıllarda önem verilmektedir. Oksijenin üç atomlu bir allotropu olan ozon (O_3), güçlü antimikrobialler arasındadır. Diğer dezenfektanlardan farklı olarak, toksik olmayan parçalanma ürünlerine dönüşen ve oksidasyon yolu ile antimikrobiyal aktivite gösteren bu kimyasal gıda sanayinde *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis* gibi gram pozitif bakteriler kadar *Pseudomonas aeruginosa* ve *Yersinia enterocolitica* gibi gram negatif mikroorganizmalar üzerine de etkilidir. Ortamda bulunan organik madde yoğunluğu ve difüzyon hızı gibi etkenlere bağlı olarak farklı antimikrobiyal etkiler göstermektedir (Patil ve ark., 2009).

Bu derlemenin amacı; gıda güvenliği araştırmalarında yeni ve alternatif yöntemlerden birisi olduğu bilinen ozonun, gıda ürünleri üretiminde antimikrobiyal etkileri yanı sıra gıdaların duyuusal kalite değişiklikleri ile proses uygulamaları hakkında bilgi vermektir.

Ozon Hakkında Genel Bilgiler

1840'ta Schonbein tarafından keşfedilen ozon 1900'lerin başında antimikrobiyal ajan olarak içilebilir su üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Klor ve diğer dezenfektanlara göre daha geniş bir spektrumda mikroorganizma faaliyetini engelleyen ozonun klorine göre %52 daha güçlü olması onun gıda sanayinde etkili olarak kullanılmaya başlanmasında önemli bir sebep olmuştur. Amerikan Gıda ve İlaç dairesi (FDA) tarafından 1997 yılında güvenli ajanlar (GRAS) statüsü kazanan ozon 2001 yılından itibaren "gıdalarla doğrudan temasında sakınca olmadığı" yönündeki kararlar gıda sanayinde kullanım alanı bulan alternatif bir koruma yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Önceleri sadece şişe sularının dezenfeksiyonu için kullanılmakta olan

ozon (O_3) bu tarihten itibaren gıda sanayinde farklı entegrasyonlarda koruma yöntemi olarak kullanıldığı bilinmektedir (Çatal ve İbanoğlu, 2010).

Alternatif dezenfektan arayışlarının bir sonucu olarak karşımıza çıkan ozon (O_3), atmosferde doğal olarak bulunan ve oksijenin üç atoma sahip şekli olarak ifade edilmektedir. Gıdalarda gaz ve sıvı formda antimikrobiyal ajan olarak kullanılabilme olanağı bulunan ozon (Rice, 2001; Marquenie ve ark., 2002; Rodgers ve ark., 2004), gaz haldeyken mavi, sıvı formu mavi-siyah renktedir (Çatal ve İbanoğlu, 2010). Ozon (O_3), normal basınç ve sıcaklıkta oldukça kararsızdır. Suda çözünürlüğü zayıf olan Ozon keskin kokuludur. Molekül halindeki ozon veya ozonun ayrışan ürünleri (örneğin, hidroksil radikal) herhangi bir kalıntı bırakmaksızın mikroorganizmaları hızlı bir şekilde inaktive edebilmektedir (Mahapatra, 2005). Ortamda tuz yoğunluğunun ve sıcaklığın artması ozonun sudaki çözünürlüğünü azaltan bir faktör olarak mikroorganizmalar üzerindeki etkisini de azaltmaktadır. Buna karşın nem ve düşük pH ozonun antimikrobiyal etkinliğini artırmaktadır (Kuşçu ve Pazir, 2004; Tetik ve ark., 2006). Günümüzde ozonu yapay olarak üretebilmek mümkündür.

Ozonun antimikrobiyal etki mekanizması ile ilgili olarak genetik materyal üzerinde etkili olduğu, mikroorganizmanın hücre membranında glikoproteinleri ve lipoproteinleri okside ettiği görüşleri yer almaktadır. Hücre membranı ve enzim sistemi üzerindeki bu etkinin ozon mikroorganizmalar üzerindeki etkisini açıkladığı bildirilmektedir (Kim ve ark., 1999). Genel olarak ozonun dezenfeksiyon etkisinin etki ettiği ortamdaki organik madde yoğunluğu, uygulanan ozon miktarı ve diğer maddeler (metaller ve inorganikler) gibi birçok sebebi bulunmaktadır (Kim ve ark., 1999).

Mikroorganizmaların hücrelerini parçalayarak hücre yapısına zarar veren ozon, bu sırada hücrenin enzim sistemini etkileyip hücre solunumunu durdurması ile mikroorganizma ölümünün gerçekleşmesine neden olmaktadır. Gıda ile ilgili faktörler yanı sıra mikroorganizmaların tür, sayı, yaş gibi diğer bazı kriterleri ve metal ve inorganik madde varlığı da ozon uygulaması sırasında kullanılan ekipman açısından önem kazanan diğer faktörler olarak bilinmektedir (Alparslan ve ark., 2012).

Gıda Sanayinde Ozon Uygulamaları

Ozon GRAS sınıfına alınmadan önce sadece içme sularının dezenfeksiyonu için kullanılırken (Von Gunten, 2003a; Von Gunten, 2003b; Chand ve ark., 2007), daha sonra atık suların dezenfeksiyonu (Orta de Valasquez ve ark., 2006; Beltrán ve ark. 2000), şarap üretimi (Beltrán ve ark. 2001; Benitez ve ark., 2003) sofralık zeytin ve zeytinyağı üretimi (Cañizares ve ark., 2007; Heng ve ark., 2007; Monteagudo ve ark., 2005) gibi farklı gıda endüstrilerinde dezenfektan olarak gaz ve sıvı formda kullanılmıştır. Gıda endüstrisinde ozonun, gıda işletmelerinde yüzey hijyeni ve sanitasyon; atık suyun yeniden kullanımı, bitkisel gıda atıklarının biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacını (COD) azaltıcı gibi uygulamalarda kullanımı tavsiye edilmektedir. Ozon multifonksiyonel özellikleri sayesinde

geleceğin umut verici dezenfeksiyon araçlarından birisi kabul edilmektedir (Guzel-Seydim ve ark., 2004).

Balık ve Kabuklu Deniz Canlıları ve Ozon Denemeleri

Voille (1929) tarafından yapılan denemelerde deniz suyuna inoküle edilen farklı bakteri kültürlerinin (*Bacillus*, *E. coli*) sterilizasyonu ile ilgili çalışmalar başarılı sonuçlar vermiştir (Voille, 1929). Ozonlanmış su ile yıkanmış deniz kabuklularının duyuşal özelliklerinde herhangi bir olumsuzluk ortaya çıkmamıştır. Salmon ve Le'Gall (1936), Voille (1929) tarafından yapılan çalışmalara ek olarak taze buz kullanılarak 12 günde yenemez hale gelen balıkların ozon buzu kullanarak 16 güne kadar tazeliğini koruduğu belirlemiştir.

Balık tazeliğinin korunması neredeyse tamamıyla mikrobiyal etkilere bağlıdır. Ozon, su ürünleri işleme tesislerinde canlı balıkların ve diğer yüzey ve alet ekipman temizliğinin yanı sıra, son yıllarda su ürünlerini kontamine edebilecek mikroorganizmaların yok edilmesinde, balık etinin renk, parlaklık ve arzu edilmeyen kokusunun düzeltilmesinde de başarı ile kullanılmaktadır. Fabrikalarda işlenecek olan canlı balıkların nakliyesi ve işlenmesi sırasında ozon balık ve balık ürünlerinin tazeliğinin korunmasında anlamlı sonuçlar vermektedir (Alparslan ve ark., 2012; Khadre ve ark., 2001; Pastoriza ve ark., 2008).

Et Endüstrisi ve Ozon Uygulamaları

Et işletmelerinde çalışma alanlarının, işletme zemininin ve ekipmanlarının periyodik olarak dezenfeksiyonunda ozon kullanımı son yıllarda yaygınlaşmaktadır. Bunun yanı sıra kesim hattında karkasların duşlanma aşamasında, et ve et ürünlerinin ambalajlanmasında ve depolanmasında ozon kullanılmaktadır (Stivarius ve ark., 2002).

Ozon gazı tavuk etlerinin muhafazasında gaz ve sıvı formda değişik amaçlarla uygulanmış ve bu konuda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Tavuk işletmelerinde atmosferde gaz karışımı içinde ya da değişik solüsyonlarda sıvı formda kuluçka makinelerinin, follukların dezenfeksiyonunda, tavuk karkaslarında, karkas soğutma sularında ve kontamine yumurtaların dezenfeksiyonunda kullanılarak test edilmiştir. Kuluçka makinalarının folluklarından izole edilen *Staphylococcus*, *Streptococcus* ve *Bacillus* türleri ve kültür koleksiyonlarından elde edilen *E.coli*, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella typhimurium*, *Proteus* türleri ve *Aspergillus fumigatus* türleri laboratuvar denemelerinde petrilere yayma ekim yöntemiyle ekim yapılarak ozon gazına maruz bırakılmıştır. Bu denemelerde kullanılan %1,5-1,65 (w/w) konsantrasyondaki ozonun bakteriyel popülasyon üzerinde 4-7 logaritmik artış, küflerde ise 4 logaritmik azalmaya neden olduğu saptanmıştır. Yapılan çalışmalarda ozonun değişik mikroorganizmalar üzerinde ki etkileri de klor ile kıyaslanmış, nitekim ozonun *E.coli*'yi klor ve klor türevlerine kıyasla 125 kat daha hızlı öldürebildiği belirlenmiştir (Pelletier 2008).

Ozon uygulamalarının et ve et ürünlerindeki en önemli dezavantajları, ürünlerde yağ oksidasyonuna neden olabilmesidir. Yapılan bir çalışmada, ozonlu hava, ozonlu su ve ozonlu buhar uygulamalarına maruz bırakılan sığır etlerindeki metmyogloblin ve lipid

oksidasyonu oluşumu araştırılmış, ozonlu havanın lipid oksidasyonunu önemli oranda arttırdığı saptanmıştır. Ancak bunun dışında, farklı ozon uygulamalarının, metmyogloblin oluşumu ve lipid oksidasyonu üzerinde önemli bir etki yaratmadığı saptanmıştır (Okayama ve ark., 2002).

Meyve Sebze Ürünleri ve Ozon Uygulamaları

Taze kesim meyve ve sebzeler herhangi bir işleme gerek duyulmaksızın tüketime sunulan gıdalardır. Özellikle kök sebzelerin hasat sırası ve sonrasında oluşan mekanik ve patojen hasarı ile mikroorganizma kontaminasyon riski çok yüksektir. Duyusal ve besleyici özelliklerinin korunarak, raf ömrünü etkileyen her uygulama, taze kesim meyve ve sebzelerin korunmasında önem kazanmaktadır. Ozon belki de bu açıdan bakıldığında işlenmiş gıdalardan farklı olarak en çok taze kesim sebze ve meyvelerin mikrobiyal yükünün azaltılmasında önem kazanmaktadır. Meyve ve sebzelerin raf ömrünü etkileyen en önemli mikroorganizma grubu küfler ve mayalardır. Küfler, özellikle mekanik hasarı olan meyve ve sebzelerde hızla gelişerek meyve dokusunun daha da zarar görmesine neden olmakta, ayrıca koku, renk ve tekstür gibi yeme kalitesini doğrudan etkileyen özelliklerinde bozulmalara yol açmaktadır. Ayrıca mikotoksin kirliliği sağlık riski oluşturan önemli bir sebep olmaktadır. Bilinen bir gerçek özellikle depolama alanlarında küf gelişiminin oldukça hızlı gerçekleştiğidir. Bu durum özellikle ihraç edilecek olan taze kesim sebze ve meyvelerin raf ömrünü azaltan en önemli sebepleri oluşturmaktadır. Küf zararı dışında toprak kaynaklı diğer patojenler ile kirli suların kaynaklanabilen fekal kontaminantlar da diğer risk faktörleridir. Sadece yıkama ve ambalajlama ile tüketime sunulan taze kesim meyve ve sebzelerin patojen zararından korunması, küf toksinlerinin uzaklaştırılması amacıyla pek çok uygulama denenmiştir. Bununla ilgili araştırmalar, ozonun, paketleme öncesi yıkama işleminde yıkama suyunun patojen kontrolü, organik ve inorganik kalıntıların uzaklaştırılması gibi önemli etkileri ile gerçekte önemli bir proses basamağını oluşturduğunu göstermiştir. Son yıllarda ozon gibi birçok sanitizer bu amaçla kök sebzelerin yıkama işleminde kullanılmaya başlanmıştır (Hassenberg ve ark., 2008). Ozon, diğer dezenfektanlardan farklı olarak sadece yıkama suyu değil aynı zamanda depo atmosferindeki patojen ve zararlıların yok edilmesinde de etkili bir ajandır.

Yapılan araştırmalarda marul yapraklarında ozonlanmış su ile yıkama işleminin ozon ve klor birlikte kullanıldığında toplam mezofilik popülasyon üzerinde 1,6 -2,1 log'luk azalmaya neden olduğu ancak askorbik asit (Vit C) ve fenolik bileşenlerin miktarlarında kısmen azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (Marquenie ve ark., 2002).

Kontrollü şartlarda gerçekleştirilen antimikrobiyal aktivite denemelerinde sulandırılmış sıvı ozon dilimlenmiş yeşil biberlerde daha az olmakla birlikte (Ketteringham ve ark., 2006), elma, marul, çilek, kavun (Beltran ve ark., 2005), sitrus (Karaca 2010) ve lahanada (Fisher ve ark., 2000) mikrobiyal popülasyonda güçlü azalma etkisi göstermiştir. Meyve ve sebzelerde *E. coli* O157:H7 (Achen ve Yousef, 2001; Klingman ve Christy,

2001) ve maya ve küf (Palou ve ark., 2001; Ogawa ve ark., 1990; Palou ve ark. 2002; Perez ve ark. 1999; Nadas ve ark., 2003) üzerinde 1-5 log'luk azalmalar belirlenmiştir (Kim ve ark., 1998; Kim ve Yousef, 2000; Koseki ve ark., 2001; Singh ve ark., 2002; Garcia ve ark., 2003; Zhang ve ark., 2005; Inan ve ark., 2007).

Sıvı ve katı gıdalarda ozon ile ilgili olarak yapılan çalışmalar özellikle doğal ve tazeye en yakın ürün arayışlarının artmasıyla hız kazanmıştır. Yapılan araştırmalarda sıvı ürünler içerisinde termal uygulamalarla dayanıklı hale getirilen meyve suyu üretiminde ozon denenmiş ve pastörizasyona alternatif olup olamayacağı konusu araştırılmıştır Ozon (ozon/ozon-oksijen/ozon-hava) sıvı gıdalarda gaz olarak daha etkin kullanılmaktadır. Genellikle karıştırıcı tankta ya da kabarcık kolonunda gerçekleştirilen denemelerde elma şarabı, portakal, çilek ve böğürtlen sularındaki mikrobiyal, fizyokimyasal ve besinsel değişim incelenmiştir. Gerçek bir C vitamini kaynağı olarak günlük tüketimde önemli bir yer edinmiş meyve sularının vitamin içeriklerinin ozon ile azaldığı, çilek ve böğürtlen gibi antosiyanin içeren meyve suyu üretiminde ozonun bu renk maddelerinin azalmasına neden olmakla birlikte pek çok dirençli mikroorganizma popülasyonunda da (*E. coli*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*) kayda değer azalmalara neden olduğu belirtilmiştir (Cullen ve ark., 2010; Tiwari ve ark., 2008; Tiwari ve ark., 2009).

Gıda güvenliği ve koruma bakış açısıyla ozon kullanımı antimikrobiyal etkisi yanında detoksifikasyon etkisi bulunan bir uygulamadır. Özellikle maya ve küf gelişmesini durdurucu etkisi, bir sonraki üretim aşamasında muhtemel bir mikotoksin kirliliğinin önlenmesini sağlayabilecektir (Öztek'in ve ark., 2006). Bu durum özellikle kurutma işlemi öncesi ozon kullanımının önemini ortaya koymaktadır.

Tahıl Ürünleri ve Ozon Uygulamaları

Mikroorganizma popülasyonunun azaltılmasında olduğu kadar mikotoksin kirliliğinin azaltılmasında da başarılı sonuçlar veren ozon uygulamaları (Proctor ve ark., 2004; Turantaş, 2000) tahıllarda daha çok fungal bulaşmaların azaltılması için denenmiştir (Demir ve ark., 2011).

Demir ve arkadaşları (2011) farklı tipteki unlara ozon uygulamasının hamur ve ekmek kalitesi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, ozon uygulamalarıyla yaş gluten miktarının az da olsa arttığı, özellikle de un rengi üzerinde oksidan madde özelliği nedeniyle ağartıcı rol oynadığı, daha beyaz un elde edilmesine yardımcı olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca hamur reolojisi özellikleri üzerinde olumlu etkide bulunduğu, düşük randımanlı unlarda daha fazla olmak üzere ekmek hacmini artırdığı tespit edilmiştir. Ozon uygulaması ile daha hacimli, ince tekstürlü ve daha beyaz iç özelliklerine sahip ekmekler elde edilmiştir.

Sonuç

Gıdalarda özellikle taze kesilmiş meyve sebzelerde mikrobiyal kirliliğin giderilmesinde başarılı sonuçlar elde edilen çalışmaların yanı sıra tahıl, et ve süt ürünlerinde yeterli çalışma bulunmadığını ortaya çıkarmaktadır. Et sektöründe de başarılı deneme sonuçları bulunan gaz ve

sıvı ozon denemelerinin; tahıllarda ve süt ürünlerinde de besinsel ve duyu özelliklerindeki değişikliklerle birlikte antimikrobiyal etkilerinin de araştırılarak değerlendirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Meyve suyu gibi sıvı ürünlerin dezenfeksiyonunda ozon kolay uygulanabilen bir dezenfektan olarak etkili bulunurken meyve sularının renk gibi fiziksel özellikleri yanı sıra vitamin içeriklerinde de olumsuz etkilere yol açtığı belirlenmiştir.

Gıda sanayinde ozon, gaz veya yıkama suyu içerisinde küf, maya ve bakteri gelişimini önleyici etkisi yanı sıra pestisit kalıntıları ile mikotoksin kirliliğini azaltıcı etkisi ile kullanılabilir. Yıkama suyu içerisinde ozon miktarı 1 mg/L'yi aştığında özellikle sıcak ve az havalandırılmış ortamlarda çalışanlar için sağlık riski oluşturabilmektedir. Su sirkülasyonu ve ozon dozajlama başlıkları iyi dizayn edilmiş ozonlama sistemlerinde yıkama sırasında çalışanlar açısından risk son derece azdır. Gerek ambalaj atmosfer kontrolü, gerekse depo atmosfer koşulları için etkili bir antimikrobiyal ajan olan, gaz ozon için maruz kalma sınırı sekiz saatlik işgünü sırasında zaman ağırlıklı ortalama, 0,1 ppm'dir. "Yaşam ve sağlık için hemen tehlikeli" konsantrasyonu (IDLH) ise 5 ppm. Bu miktarların üzerinde gaz ozona maruz kalmak tehlikeli olabileceği için ozon gazı ile çalışanların maske kullanma zorunluluğu bulunmaktadır.

Kaynaklar

- Achen M, Yousef AE. 2001. Efficacy of Ozone Against *Escherichia coli* O157:H7 on Apples. *Journal of Food Science*, 66: 1380–1384.
- Alparslan Y, Baygar T, Yıldız D. 2012. Su Ürünleri İşleme Tesislerinde Ozon ve Önemi *Electronic Journal of Food Technologies*, 7: 24-31.
- An J, Zhang M, Lu Q. 2006. Effects of pretreated ozone and modified atmosphere packaging on the quality of fresh-cut green asparagus. *Int. Agrophysics*, 20: 113-119.
- Beltrán FJ, García-Araya JF, Rivas J, Álvarez PM, Rodríguez E. 2000. Ozone remediation of some phenol compounds present in food processing wastewater. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 35: 681-699.
- Beltrán FJ, García-Araya JF, Álvarez PM. 2001. pH sequential ozonation of domestic and wine-distillery wastewaters. *Water Research*, 35: 929-936.
- Beltran D, Selma MV, Marin A, Gil MI. 2005. Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce. *J.Agric.Food.Chem.*, 53: 5654-5663.
- Benitez FJ, Real FJ, Acero JL, Garcia J, Sanchez M. 2003. Kinetics of the ozonation and aerobic biodegradation of wine vinasses in discontinuous and continuous processes. *Journal of Hazardous Materials B*, 101: 203–218.
- Cañizares P, Lobato J, Paz R, Rodrigo MA, Sáez C. 2007. Advanced oxidation processes for the treatment of olive-oil mills wastewater. *Chemosphere*, 67: 832–838.
- Chand R, Bremner DH, Namkung KC, Collier PJ, Gogate PR. 2007. Water disinfection using the novel approach of ozone and a liquid whistle reactor. *Biochemical Engineering Journal*, 35: 357–364.
- Cullen PJ, Valdramidis VP, Tiwari BK, Patil S, Bourke P, O'Donnell CP. 2010. Ozone Processing for Food Preservation: An Overview on Fruit Juice Treatments. *Ozone: Science & Engineering*, 32: 166–179.
- Çatal H, İbanoğlu Ş. 2010. Gıdaların Ozonlanması. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5: 47-55.

- Demir MK, Elgün A, Elgün MS. 2011. Farklı Tip Unlara Ozon Uygulamasının Un, Hamur ve Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi Gıda 36: 209-216.
- Fisher CW, Lee D, Dodge BA, Hamman KM, Robbins JB and Martin SE. 2000. Influence of catalase and superoxide dismutase on ozone inactivation of *Listeria monocytogenes*. Appl. Environ. Microbiol. 66: 1405-1409.
- Garcia A, Mount JR, Davidson PM. 2003. Ozone and Chlorine Treatment of Minimally Processed Lettuce. Journal of Food Science, 68: 2747-2751.
- Guzel-Seydim ZB, Greene AK, Seydim AC. 2004. Use of ozone in the food industry. Lebensm.-Wiss. u.-Technol., 37: 453-460.
- Heng S, Yeung KL, Djafer M, Schrotter JC. 2007. A novel membrane reactor for ozone water treatment. Journal of Membrane Science, 289: 67-75.
- Hassenberg K, Fröhling A, Geyer M, Schlüter O, Herppich WB. 2008. Ozonated Wash Water for Inhibition of *Pectobacterium carotovorum* on Carrots and the Effect on the Physiological Behaviour of Produce. Europ.J.Hort.Sci., 73: 37-42.
- Inan F, Pala M, Doymaz I. 2007. Use of ozone in detoxification of aflatoxin B1 in red pepper. Journal of Stored Products Research, 43: 425-429.
- Karaca H, Velioglu YS. 2007. Ozone Applications in Fruit and Vegetable Processing. Food Reviews International, 23: 91-106.
- Karaca H. 2010. Use of Ozone in the Citrus Industry Ozone: Science & Engineering, 32: 122-129.
- Ketteringham L, Gausseres R, James SJ, James C. 2006. Application of aqueous ozone for treating pre-cut green peppers (*Capsicum annum* L.). J. Food Eng., 76: 104-111.
- Khadre MA, Yousef AE, Kim JG. 2001. Microbiological aspects of ozone applications in food: A review. J. Food Sci. 66: 1242-1252.
- Kim JG, Yousef AE, Chism GW. 1998. Use of Ozone to Inactivate Microorganisms on Lettuce. Journal of Food Safety, 19: 17-34.
- Kim JG, Yousef AE, Dave S. 1999. Application of Ozone for Enhancing the Microbiological Safety and Quality of Foods: A Review. Journal of Food Protection, 62: 1071-1087.
- Kim JG, Yousef AE. 2000. Inactivation kinetics of foodborne spoilage and pathogenic bacteria by ozone. J. Food Sci. 65: 521-528.
- Klingman MH, Christy AD. 2000. Development of a Continuous System for Sanitizing Whole Apples with Aqueous Ozone. Transactions of the Asae, 43: 1989-1996.
- Koseki S, Yoshida K, Isobe S, Itoh K. 2001. Decontamination of Lettuce Using Acidic Electrolyzed Water. Journal of Food Protection, 64: 652-658.
- Kuscu A, Pazir F. 2004. Ozone Applications in Food Industry. Gıda, 2: 123-129.
- Mahapatra AK, Muthukumarappan K, Julson JL. 2005. Applications of ozone, bacteriocins and irradiation in food processing: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 45: 447-461.
- Marquenie D, Lammety J, Geeraerd AH, Soontjens C, Van Impre JF, Nicolai BM, Michels CW. 2002. Inactivation of conidia of *Botrytis cinerea* and *Monilinia fructigena* using UV-C and heat treatment. Internat. J. Food Microbiol. 74: 27-35.
- Monteagudo JM, Carmona M, Durán A. 2005. Photo-Fenton-assisted ozonation of *p*-Coumaric acid in aqueous solution. Chemosphere, 60: 1103-1110.
- Nadas A, Olmo M, Garcia JM. 2003. Growth of *Botrytis cinerea* and Strawberry Quality in Ozone-enriched Atmospheres. Journal of Food Science, 68: 1798-1802.
- Ogawa JM, Feliciano AJ, Manji BT. 1990. Evaluation of Ozone as a Disinfectant in Postharvest Dump Tank Treatments for Tomato. Phytopathology, (Abstract A503), 80: 1020
- Okayama T, Iwanaga S, Mitsui Y, Isayama T, Houzouji T, Muguruma M. 2002. Effect of ozon treatment on metmyoglobin formation and lipid oxidation on beef', 48 th ICOMST Rome, vol.1.
- Orta de Velásquez MT, Rojas-Valencia MN, Reales-Pineda AC. 2006. Evaluation of phytotoxic elements, trace elements and nutrients in a standardized crop plant, irrigated with raw wastewater treated by APT and ozone. Water Science & Technology, 54: 165-173.
- Oztek S, Zorlugenc B, Zorlugenc FK. 2006. Effects of Ozone Treatment on Microflora of Dried Figs. Journal of Food Engineering, 75: 396-399.
- Palou L, Smilanick JL, Crisosto CH, Mansour M. 2001. Effect of Gaseous Ozone Exposure on the Development of Green and Blue Molds on Cold Stored Citrus Fruit. Plant Disease, 85: 632-638.
- Palou L, Crisosto CH, Smilanick JL, Adaskaveg JE, Zoffoli JP. 2002. Effects of Continuous 0.3 ppm Ozone Exposure on Decay Development and Physiological Responses of Peaches and Table Grapes in Cold Storage. Postharvest Biology and Technology, 24: 39-48.
- Pastoriza L, Bernaldez M, Sampedro G, Cabo ML, Herrera JJR. 2008. Use of sterile and ozonized water as a strategy to stabilize the quality of stored refrigerated fresh fish, Food Control, 19: 772-780.
- Patil S, Bourke P, Frias JM, Tiwari BK, Cullen PJ. 2009. Inactivation of *Escherichia coli* in orange juice using ozone. Innovative Food Science and Emerging Technologies 10: 551-557.
- Pelletier N. 2008. Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. Agricultural Systems 98: 67-73.
- Perez AG, Sanz C, Rios JJ, Olias R, Olias JM. 1999. Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 1652-1656.
- Proctor AD, Ahmedna M, Kumar JV, Goktepe I. 2004. Degradation of aflatoxins in peanut kernels/flour by gaseous ozonation and mild heat treatment. Food Additives and Contaminants, 21: 786-793.
- Rice RG. 2001. Century 21 – pregnant with ozone. Ozone Sci. Eng. 24: 1-15.
- Rodgers SL, Cash JN, Siddiq M, Ryser ET. 2004. A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, strawberries, lettuce and cantaloupe. J. Food Prot. 67: 721-731.
- Salmon J, LeGall J. 1936. Application of ozone to maintain the freshness and to prolong the durability of conservation of fish. Rev. Gen. duFroid. Nov., p. 317.
- Singh N, Singh RK, Bhunia AK, Strohline RL. 2002. Efficacy of Chlorine Dioxide, Ozone, and Thyme Essential Oil or a Sequential Washing in Killing *Escherichia coli* O157:H7 on Lettuce and Baby Carrots. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 35: 720-729.
- Stivarius MR, Pohlman FW, Mc Elyea KS, Apple JK. 2002. Microbial, instrumental color and odor characteristics of ground beef produced from beef trimmings treated with ozone or chlorine dioxide. Meat Science, 60: 299.
- Tetik N, Topuz A, Turhan İ, Karhan M. 2006. Meyve ve Sebzelelerin İş lenmesi ve Muhafazasında Ozon Uygulamaları. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs, Bolu. 281-283.
- Tiwari BK, Muthukumarappan K, O'Donnell CP, Cullen PJ. 2008. Modelling colour degradation of Orange Juice by Ozone Treatment Using Response Surface Methodology. J. Food Eng., 88: 553-560.
- Tiwari BK, O'Donnell CP, Brunton NP, Cullen PJ. 2009. Degradation kinetics of tomato juice quality parameters by ozonation', Int. J. Food Sci. Technol., 44: 1199-1205.

- Turantaş F. 2000. Ozon gazının kırmızı et sanayiinde kullanımı. Dünya Gıda Dergisi. Mart sayısı. s.100.
- Voille H. 1929. On the sterilization of seawater by ozone. Application of this method to purification of contaminated shellfish. Rev. d'Hyg. Prevent. Med. prevent. [Jan.]
- Von Gunten U. 2003a. Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. Water Research, 37: 1443–1467.
- Von Gunten U. 2003b. Ozonation of drinking water: Part II. Disinfection and by-product formation in presence of bromide, iodide or chlorine. Water Research, 37: 1469–1487.
- Zhang L, Lu Z, Yu Z, Gao X. 2005. Preservation Fresh-cut Celery by Treatment of Ozonated Water. Food Control, 16: 279–283.