

ELEKTROLİZE SUYUN GIDA ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMI

Hatice Berna Poçan*, Mustafa Karakaya, Kübra Ulusoy

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

Geliş tarihi / *Received*: 30.01.2011

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 11.05.2011

Kabul tarihi / *Accepted*: 14.05.2011

Özet

Gıda güvenliğinin temelini; hijyen ve sanitasyon oluşturur. Bu nedenle yapılan temizlik ve dezenfeksiyonlar ve kullanılan dezenfektan maddeler, insan sağlığı açısından risk oluşturmamalıdır. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan dezenfektanlar klor içeren dezenfektanlar, iyot içeren dezenfektanlar (iyodoforlar), yüzey aktif bileşikler, kuarterner amonyum bileşikler, amfoterik bileşikler, oksidan maddeler (hidrojen peroksit, perasetik asit, ozon), alkali ve asit bileşikler vb.dir. Son yıllarda elektrolize su, gıda endüstrisinde ve diğer çeşitli uygulamalarda dezenfektan olarak test edilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Elektrolize su, etkili dezenfeksiyon, kolay kullanım, nispeten ucuz, ve çevre dostu olması gibi nedenlerden dolayı diğer geleneksel temizleme maddeleri üzerinde bazı önemli avantajlara sahiptir. Bu derlemenin amacı elektrolize su ve gıda endüstrisinde kullanımını hakkında bilgi vermektir.

Anahtar kelimeler: Dezenfektan, temizlik, elektrolize su

THE USE OF ELECTROLYZED WATER IN FOOD INDUSTRY

Abstract

The basis of food safety depends on hygiene and sanitation. For this reason, the cleaning and disinfection process as well as the used disinfectant substances must not present health risks. The disinfectants used in health industry are those containing chlorine, those containing iodine (iodofors), surface active compounds, quaternary ammonium compounds, amphitricha compounds, oxidants (hydrogen peroxide, peracetic acid, ozone), alkaline and acidic compounds and etc. In recent years, electrolyzed water has been tested and used in food industry and in other different applications as a disinfectant. Electrolyzed water has certain important advantages to other conventional agents of cleaning, such as effective disinfection, user-friendly, relatively low cost, and being environment-friendly. The aim of this review is to inform about electrolyzed water and its use in food industry.

Keywords: Disinfectant, cleaning, electrolyzed water

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ ela_bern@hotmail.com ☎ (+90) 555 581 1551 ☎ (+90) 332 241 0108

GİRİŞ

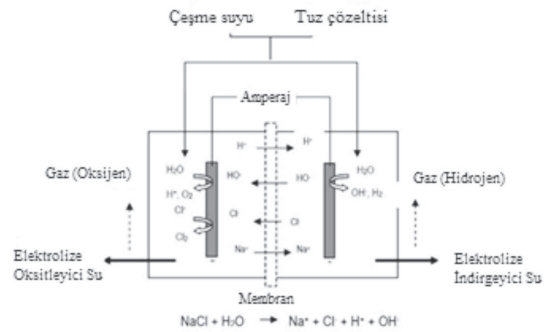
Gıdaların muhafazasında uygulanan tüm yöntemlerin temel amacı, mikrobiyel ve enzimatik değişimleri önlemek veya sınırlamaktır. Gıdalar vasıtasıyla ortaya çıkan akut enfeksiyonlar ve zehirlenmeler, bugün merkezi yönetimler ve gıda endüstrisi için 30-40 yıl öncesine göre çok daha büyük bir önem taşımaktadır. Gıdalarla oluşan enfeksiyonların Amerika'da her yıl 76 milyon vakaya, 300 bin hastane yatışına ve 5000 ölüme yol açtığı tahmin edilmektedir (1). Dünyanın her yöresinde gıda güvenliğini sağlamak için etkili ve güvenli protokoller ve maddelerin arayışı (Amerika, Japonya, İngiltere ve Tayvan gibi ülkelerde) çeşitli araştırmacıların ve gıda üreticilerinin yanısıra perakendecilerin dikkatini çekmeyi sürdürmüştür. Son zamanlarda Tayvan, Amerika ve İngiltere'de gıdalar vasıtasıyla ortaya çıkan salgınlar, uluslararası alanda büyük kaygı uyandırmıştır. Gıdalar vasıtasıyla taşınan hastalık etmenlerini azaltmanın en iyi yolu, güvenli gıda teminini sağlamaktır.

Tehlike Analizi Kritik Kontrol Noktası (HACCP) sistemi pek çok gıda işletmesinde uygulansa da, çoğu gıdalarla taşınan hastalık etmenleri gıda sektöründe ortaya çıkmıştır (2). Endüstriyel hijyen uygulamalarında işletmedeki olası tehlike faktörlerinin tanımlanması, bunlara gerekli önemin gösterilmesi, kontrolleri ve giderilmeleri yönünde yeterli çabanın gösterilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu noktada esas, temizlik ve dezenfeksiyon uygulamaları oluşturur (3). Temizlik; üretim ortamı ile mevcut alet-ekipmanın yüzeyine bulaşan veya fiziksel olarak yüzeylere gevşek bir şekilde tutunmuş bulunan kalıntı ve kirlerin uzaklaştırılması işlemidir. Dezenfeksiyon, bir ortamdaki mikroorganizmaları öldürmek veya üremelerini durdurmak amacıyla yapılan işlemlerdir (4). Gıda endüstrisinde gıdaların mikrobiyel güvenliği için çoğunlukla klor veya klor dioksit kullanılmaktadır. Bununla birlikte, klorun etkisinin yetersizliği ve kalıntılarının sağlığa zarar vermesi gibi nedenlerle alternatif dezenfektanlar da araştırılmaktadır. Ozon (O₃) halen gıda endüstrisinde gıdaların yüzey hijyeni, ekipman, ambalaj materyali ve atık suların dezenfeksiyonu gibi alanlarda kullanılmaktadır (5). Güçlü bir şekilde asidik elektrolize su olarak veya elektrolize güçlü asit sulu çözelti olarak da bilinen elektrolize su, Japonya'da son birkaç yıldır kullanılan yeni bir antimikrobiyel ajandır

ve bu suyun çeşitli mikroorganizmalara karşı antimikrobiyel aktiviteye sahip olduğu da bildirilmiştir (6-14). Elektrolize suyun; kimyasal ve fiziksel özellikleri, üretilmesi, antimikrobiyel özellikleri, dezenfektan etkisi, taze sebze, meyve, yumurta, kümes ve deniz mahsulleri gibi gıda endüstrisindeki çeşitli uygulamaları ve diğer bazı alanlarda kullanımı hakkındaki bilgilere bu çalışmada yer verilmiştir.

ELEKTROLİZE SU

Elektroliz; elektrik akımı yardımıyla, bir sıvı içinde çözülmüş kimyasal bileşiklerin ayrıştırılması işlemidir. Elektroliz, elektrik akımının elektrolit içinde iletilmesiyle birlikte gelişir. Suyun elektrolit olarak kullanılması durumunda, gerçekleşen ayrışma işlemine "suyun elektrolizi" denir. Bu olay sonucunda oluşan suya da, "elektrolize su" denilir. Elektroliz işlemi, elektroliz kabı veya tankı denilen bir ekipman içinde uygulanır. Bu ekipman, çözünerek artı ve eksi yüklü iyonlara ayrılmış bir bileşiğin (elektrolit) içine birbirine değmeyecek biçimde daldırılmış iki elektrottan oluşur. Elektrotlar anot ve katot olarak isimlendirilir. Anot; yükseltgenmenin (elektron verme olayının), katot; indirgenmenin (elektron alma olayının) gerçekleştiği elektrottur (15). Elektroliz; yükseltgenme indirgenme reaksiyonları temeline dayanmaktadır. Kimyasal reaksiyonlarda, elektronların bir molekülden diğerine nakledilmesine, yükseltgenme indirgenme veya redoks reaksiyonları denilmektedir. Bu reaksiyonlarda elektron veren moleküllere, indirgeyici ajan veya indirgen; elektron alan moleküllere ise, yükseltgeyici ajan veya yükseltgen adı verilir. Bir redoks çiftinin elektron kaybetmesi, yükseltgenme indirgenme potansiyeli (YİP) olarak bilinir ve "E₀" şeklinde gösterilir. Buna aynı zamanda, elektron transfer potansiyeli veya sadece redoks potansiyeli adları da verilmektedir (16).



Şekil 1. Elektrolize suyun üretim şeması ve üretilen bileşikler (Kaynak 17'den derlenmiştir).

Saf su iyi bir iletken değildir ve saf suda, elektrik taşıyacak yeteri kadar iyon bulunmaz ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de $1 \times 10^{-7} \text{M H}^+$ ve $1 \times 10^{-7} \text{M OH}^-$). Bu nedenle, elektrolize edilecek elektrolitin içine iletkenliği arttırıcı olarak genelde, potasyum hidroksit (KOH) ve sodyum klorür (NaCl) gibi bir madde de eklenebilir (18). Elektrolize suyun hazırlanmasında NaCl kullanılması, elektrolize suyun dezenfektan etkisini de arttırmaktadır. NaCl ilavesi ile hazırlanan elektrolize suda, sodyum hipoklorit (HOCl) oluşmaktadır. Sodyum hipokloritin hemen hemen tüm patojen mikroorganizmalar üzerinde dezenfektan etkisinin olduğu kanıtlanmıştır (19). Yapılan bir çalışmada, NaCl (100 mg/l) ile hazırlanan elektrolize su örneklerinde gıdalarla ilgili hidroliz enzimlerinin (alfa amilaz ve lipaz) aktiviteleri test edilmiştir. Alfa amilaz aktivitesinin alkali elektrolize suda (pH:11) % 20 seviyesinde arttığı belirlenmiştir (20). Elektrolize su; asidik elektrolize su ve alkali elektrolize su olarak iki ayrı tipte sınıflandırılabilir. Elektrolize edilmiş alkali çözelti (pH > 11 ve YİP < - 800 mV), katot tarafından oluşturulur ve bu su güçlü indirgenme potansiyeline sahip olup gıdaları temizleyici çözelti olarak kullanılabilir (21). Elektrolize edilmiş asit çözelti (pH < 2.7 ve YİP > 1100 mV) ise, anot tarafından oluşturulup güçlü yükseltgenme potansiyeline sahiptir ve bakteriyel dezenfektan olarak kullanılabilir. Güçlü asidik elektrolize su; yüksek pozitif yükseltgenme indirgenme, güçlü asidite, yüksek konsantrasyonlu çözünmemiş oksijen ve güçlü antibakteriyel aktivite gibi kendine has özelliklere sahiptir. Bu suyun antibakteriyel etkisinin, asidik elektrolize sudaki, hipoklorik asit (HOCl) ve kalıntı klor içeriği nedeniyle olduğu düşünülmektedir (22). Asidik elektrolize suyun, kapalı ve karanlık şartlarda, bir yıl boyunca korunabildiği; ayrıca güneş ışığına üç gün maruz kaldığı takdirde pH' sını bir yıl boyunca koruyabildiği ve etkisini kaybetmediği de ortaya konulmuştur. Korunma şartlarına (kapalı ve karanlık) bakılmaksızın alkali elektrolize suyun niteliğinin kolaylıkla değişebildiği rapor edilmiştir (23). Elektrolize suyun en önemli avantajı, güvenli oluşudur. Elektrolize suyun insan vücuduna hiçbir zarar vermediği bildirilmiştir (24). Ayrıca güçlü bir asit olan elektrolize okside su (EO); deri, mukoz membranlar veya organik materyaller için aşındırıcı olmadığından hidroklorik asit veya sülfürik asitten farklıdır (17). Tüm bu avantajlara ilave olarak, glutaraldehite kıyasla, EO suyun üretim/kullanım

maliyeti yaklaşık 225 kat daha düşüktür (25). EO su, organik maddelerle temas ettiğinde, musluk suyu veya ters ozmoz (TO) yöntemiyle elde edilen sularla karıştırıldığında tekrar normal su haline dönüşmektedir. Bunun yanı sıra diğer alışılmış dezenfeksiyon tekniklerine kıyasla, EO su tekrar temizleme işlemini azaltır, kullanımı kolay, çok az yan etkiye sahip olup nispeten düşük maliyetlidir (26). Elektrolize su üretimini gerçekleştiren ekipmanların ilk yatırım maliyetleri dışında, işletme maliyetleri de düşüktür (27).

Elektrolize Suyun Gıda Endüstrisinde Kullanımı

Gıda güvenliği günümüzde gittikçe önem kazanan bir konu olduğundan, bu hususta toplum bilinci de giderek artmaktadır. Elektrolize su da son zamanlarda bu alanda kullanılmaya başlanmıştır. Hem et ve hem de sebze, meyve ağırlıklı gıdalar üzerine elektrolize su ile yapılmış muhtelif çalışmalar mevcuttur. Elektrolize suyun; kesim tahtaları (28), kanatlı gövdeleri (13, 29), yumurta (30), marul (31-37), havuç (38), armut (39), elma (40), şeftali (41), domates (42), çilek (36) ve çeşitli gıda işleme ekipmanları için (10, 28, 43-45) etkili bir antimikrobiyel ajan olduğu gösterilmiştir. Son zamanlarda bazik karakterli elektrolize su ve sitrik asit kombinasyonunun; dilimlenmiş ürünler ve hububat taneleri üzerine gıda kaynaklı patojen ve mikroorganizma florasını azaltan güçlü antimikrobiyel bir etki gösterdiği belirtilmiştir (46-48). Elektrolize okside su, sebzelerin sterilizasyonu gibi çeşitli tarımsal amaçlar için, metisiline dirençli *Staphylococcus aureus* bulaşmasını engellemek ve gıda maddelerinin ve gıda işleme ekipmanlarının dezenfeksiyonu için gıda işleme endüstrisindeki iyileştirici uygulamalarda yaygın şekilde kullanılmaktadır (28, 29, 31, 38, 39, 41). Asidik elektrolize su ile yıkanan, doğranmış lahana ve maruldaki aerobik bakteri, koliform bakteri, *Bacillus cereus* ve psikrotrofik bakteri popülasyonunun çoğalmasının, durduğu gözlenmiştir (32). Bir başka çalışmada doğranmış taze marullardaki patojen bakterilerin (*Salmonella typhimurium*, *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes*), marulların elektrolize suya (pH 4-9, 30 °C, 5 dakika) daldırılması sureti ile inaktive edildiği rapor edilmiştir (37). EO suyun bakterisidal aktivitesini değerlendirmek için de birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. EO su; *Pseudomonas aeruginosa* (12, 14), *Staphylococcus aureus* (14,

44), *S. epidermidis*, *E. coli* O157:H7 (8, 9, 49), *Salmonella enteritidis* (49), *Salmonella typhimurium* (6), *Bacillus cereus* (14, 50), *Listeria monocytogenes* (6, 14), *Campylobacter jejuni* (13), *Enterobacter aerogenes* (44) ve *Vibrio parahaemolyticus* (11) dâhil çeşitli mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyel aktiviteye sahiptir. EO su; ayrıca *Alternaria* spp., *Botrytis* spp., *Cladosporium* spp., *Colletotrichum* spp., *Curvularia lunata*, *Didymella bryoniae*, *Epicoccum nigrum*, *Fusarium* spp., *Helminthosporium* spp., *Pestalotia* spp., *Phomopsis longicolla*, *Rhodosporidium toruloides* *Erwinia chrysanthemi*, *Pantoea ananatis*, *Pseudomonas syringae*, *Aspergillus* spp. (51), *Botryosphaeria berengeriana* (39), *Monilia fruticola* (39, 51), *Penicillium expansum* (40) ve *Tilletia indica* (52) gibi birçok mantar çeşidinin çimlenmesini azaltabilmektedir. Paslanmaz çelik malzeme, gıda endüstrisinde gıda ile doğrudan temas halinde olan yüzeylerde sıklıkla kullanılmaktadır. Ayebah ve ark., (43) yaptıkları çalışmalarda 8 günlük periyotta paslanmaz çelik yüzeylere elektrolize suyun olumsuz bir etkisinin olmadığını belirlemişlerdir. Walker ve ark., (27, 45) sütün temas ettiği yüzeylerin temizliğinde elektrolize suyu kullanmışlar ve ortamda varlığı bilinen tüm bakterileri uzaklaştırdığını tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar elektrolize suyun çiftliklerde, süt sağım sistemlerinde yüzey temizlenmesi ve sanitasyonunda kullanılmak üzere potansiyel bir dezenfektan olduğunu göstermiştir.

Karkas ve et ürünlerine kontaminasyon sonucunda mikroorganizmalar hızlı bir şekilde çoğalarak oldukça yüksek sayılara ulaşmakta ve ürünlerde arzulanmayan tat, koku, tekstür ve renk bozulmalarına ve hatta çoğu zaman kalite kayıplarına sebep olmaktadır. Aynı zamanda hastalık etmeni patojen mikroorganizmaların bulaşması durumunda tüketici sağlığı açısından son derece tehlikeli sonuçlar da ortaya çıkabilmektedir (4). Kanatlı etlerine gıdalar vasıtasıyla taşınan patojenlerin bulaşma olasılığı, kesim sırasında ve sonrasında karkasların dışkıya maruz kalmalarının sonucu gerçekleşebilir (53). Kanatlı ürünlerinin artan tüketimiyle, bu gıdalarla birlikte gelen ve gıdalarla taşınan hastalıklarda bir artış olmuştur (54). *Campylobacter jejuni*'nin kanatlı etlerine nispeten yüksek sıklıkta bulaşması nedeniyle çiğ kanatlı etleri önemli düzeyde insan hastalıklarının sorumlusu olarak algılanmıştır

(55). Kanatlı karkaslarında kontaminasyonu azaltmak amacıyla; Cetylpyridinium chloride (56), asitlendirilmiş sodyum klorür (57), klor dioksit ve peroksi asetik asit (58), hidrojen peroksit (59), Y-ışını (60), mikrodalga (61) ve soğutma (62) dâhil sayısız kontaminasyonu giderici işlemler uygulanabilmektedir. Bu tip uygulamaların ürün kalitesinde azalmaya neden olması, kimyasal kalıntılar, rengin bozulması, yüksek maliyet veya sınırlı etkileri nedeniyle kabul edilebilirlikleri tartışmalıdır (63). Genellikle kimyasal ve mikrobiyel bozulmalar nedeniyle her yıl bitkisel ürünler ve su ürünlerinin %25'inin kayba uğradığı tahmin edilmektedir. Su ürünlerinin depolanarak muhafazası sürecinde lipit oksidasyonu ve mikrobiyel faaliyetlerin gelişmesi, yapay veya doğal koruyucular vasıtasıyla kontrol edilebilir. Ancak çoğu zaman tüketiciler yapay koruyucuların insan sağlığı üzerinde istenmeyen potansiyel riskler oluşturabileceğini göz önünde bulundurarak gıdalarda kullanımından endişe duymaktadırlar. Elektrolize NaCl çözeltisi uygulaması, alışılmışın dışında son zamanlarda yapılan çalışmalarda, antimikrobiyel ve antioksidan ajan olarak üzerinde durulmaktadır. Yapılan bir çalışmada, Sazan fletolarının raf ömrünü uzatmak amacıyla NaCl çözeltisi ve esansiyel yağ bileşenleri kullanılarak ön muamele işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan kimyasal analizler sonucunda elde edilen bulgularda elektrolize NaCl çözeltilerinin, lipit oksidasyonunu önemli ölçüde baskıladığı görülmüştür (64).

Tüm bu uygulamaların dışında; alkali elektrolize suyun (pH 7-9.5) yemeklerin kısa sürede pişirilmesi, çay ve kahvenin suya daha hızlı bir şekilde karışması ve renk vermesi, alkolün etkisinin vücuttan daha kısa sürede atılması, pirinç pilavının daha lezzetli olması, alınan gıdaların vücut tarafından daha kolay emilmesi, balık gibi kokulu gıdaların kokularının uzaklaştırılması, et ve sert sebzelerin pişirilmesi gibi amaçlarla kullanıldığı da belirtilmiştir (16). Tofu (soya peyniri) üretiminde kaliteyi arttırmak açısından, asidik ve alkali elektrolize suyun etkili olduğu bildirilmiştir (20). Düşük kaliteli pirinç tanelerinden iyi kaliteli pilav pişirmek için; musluk suyunun elektrolizi ile elde edilen suyun bir çeşidi olan zayıflatılmış alkali elektrolize su denenmiştir. Pişirilen pirinç tanelerindeki nitelik parametreleri gözetilerek, zayıflatılmış alkali elektrolize su ile pişirilen pirinç tanelerinin, elektrolize edilmemiş musluk

suyu ile pişirilen pirinç tanelerine göre, önemli ölçüde daha yumuşak olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, zayıflatılmış alkali elektrolize su ile pişirilmiş pilavlardaki bozulmanın da geciktirildiği gösterilmiştir (65).

Elektrolize Suyun Diğer Alanlarda Kullanımı

Elektrolize suyun, gıda, tıp ve sterilizasyon amacıyla kullanım alanlarının dışında farklı amaçlarla halk tarafından da kullanıldığı bilinmektedir. Alkali elektrolize su evcil hayvanlardaki parazitlerin uzaklaştırılması gibi amaçlarla da kullanılmaktadır (16). Japonya, Amerika ve Rusya gibi ülkelerde, ev tipi elektrolize su cihazları vasıtasıyla elektrolize sular üretilip evlerde kullanılmaktadır. Asidik elektrolize su (pH 4-6); yıpranmış kuru ciltlerin önceki nemli haline getirilmesi, saç diplerinde oluşan kepeğin önlenmesi, yaraların temizlenmesi, akne ve egzamaların iyileştirilmesi, hemoroitlerin tedavisi, ayaklarda oluşan mantarların iyileştirilmesi, sivilcelerin giderilmesi, mide spazmı ve ülser gibi mide rahatsızlıklarının tedavisi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (65).

SONUÇ

Kimyasallarla kirlenen ve ekolojik dengesi bozulan yeryüzünde sağlıklı gıda üretimi, gelişen teknoloji ve artan nüfus açısından değerlendirildiğinde, günümüzde olduğu gibi artan bir şekilde gelecekte de insanoglu için önemli bir sorun teşkil edecektir. Gıda sanayiinde kaliteli ve güvenli bir ürün elde edilmesi, iyi bir teknolojinin yanı sıra işlemeye uygun sanitasyon programının uygulanmasıyla gerçekleştirilebilir. Kaliteli ve sağlıklı bir üretimde çevre ve çalışanların temiz ve sağlıklı olması gerektiği gibi, işletmedeki alet-ekipman ve tüm yüzeylere etkin ve periyodik bir temizlik ve dezenfeksiyon işlemi uygulanması da gereklidir. Hammaddenin işletmeye girmesinden son ürün elde edilmesine kadar üretimin tüm aşamalarında, ürüne çeşitli kaynaklardan mikrobiyel kontaminasyon söz konusudur. Öte yandan gıdalarda çok sayıda mikroorganizma bulunması pastörizasyon ve sterilizasyon gibi ısı işlemlerin uygulanmasını da güçleştirmektedir. Bu gibi durumlar işletmelerde ekonomik kayıplara neden olduğu gibi, kontamine olmuş gıdaların tüketilmesi insan sağlığı açısından da sorunlar

yaratacaktır. Mikroorganizma kontaminasyonu ve yayılması ile olumsuz etkilerinin önlenmesinde temizlik ve dezenfeksiyon çok önemli rol oynamaktadır. Gıda endüstrisinde kullanılacak dezenfektanlarda toksik olmama, dekompoze olma özelliği, kolay uygulanabilirlik, depolama sırasında stabil olup aktivitesini yitirmeme, ekonomik olma ve çevreye zararlı etkilerinin olmaması gibi özellikler aranmaktadır. Elektrolize suyun son yıllarda dezenfeksiyon amaçlı sıklıkla kullanılmaya başlandığı ve maliyetinin çok düşük olması nedeni ile de özellikle tercih edildiği görülmektedir. Elektrolize su, kolay uygulanması, çok etkili olması, üretiminin kolaylığı, nispeten ucuz olması ve NaCl hariç hiçbir ilave kimyasal içermeyen saf su kullanılarak dezenfektan üretilmesi gibi nedenlerle cazip bir ısı olmayan işlem olarak görünmektedir. Termal bir metot olmadığı için tat, koku, içerik vb. kalite parametrelerinde değişikliğe de yol açmamaktadır. Birçok gıda çeşidinde EO su, dezenfektan olarak kullanım için çeşitli avantajlara sahip olsa da, EO su ile ilgili konuların daha fazla araştırılmasına ihtiyaç vardır. Bu konular arasında EO suyun gıda işleme tesislerinde kullanımını genişletmeye yönelik yöntemler ve uygulamalarda yer almalıdır.

KAYNAKLAR

1. Mead PS, Slusker L, Dietz V, Slutsker L, Dietz V, McCagi LF. 1999. Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infect Dis*, 5, 607-625.
2. Chang PC. 2003. HACCP Update in fish process in Taiwan. In DF: Hwang & T. Noguchi (Eds.), *Proceedings of International Scientific Symposium On Marine Toxins and Marine Food Safety* (pp. 137-141). Keelung: National Taiwan Ocean University.
3. Poçan HB. 2010. Elektrolize suyun gıda endüstrisinde kullanımı. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Semineri, Konya, Türkiye, 55s.
4. Karakaya M. 2008. Gıda İşletmelerinde Hijyen ve Sanitasyon. Basılmamış Ders Notu. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya.

5. Ekici L, Sağdıç O, Kesmen Z. 2006. Gıda Endüstrisinde Alternatif Bir Dezenfektan: Ozon. <http://www.teknolojikarastirmalar.com/frmDetayTR.aspx?IDDergi=2&IDIcerik=140> (Erişim tarihi 08.03.2011)
6. Fabrizio KA, Cutter CN, 2003. Stability of electrolyzed oxidizing water and its efficacy against cell suspensions of *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes*. *J of Food Protect*, 66, 1379–1384.
7. Horiba N, Hiratsuka K, Onoe T, Yoshida T, Suzuki K, Matsumoto T. 1999. Bactericidal effect of electrolyzed neutral water on bacteria isolated from infected root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 87, 83–87.
8. Kim C, Hung YC, Brachett RE. 2000a. Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of food-borne pathogens. *Int J of Food Microbiol*, 61, 199–207.
9. Kim C, Hung YC, Brackett RE. 2000b. Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food related pathogens. *J of Food Protect*, 63 19-24.
10. Kim C, Hung YC, Brackett RE, Frank JF. 2001. Inactivation of *Listeria monocytogenes* biofilms by electrolyzed oxidizing water. *J of Food Process and Preserv*, 25, 91-100.
11. Kimura M, Mikami K, Hoshikawa H, Mori T, Kasai H, Yoshimizu M, 2006. Effect of rearing using an electrolyzed seawater on reduction of *Vibrio parahaemolyticus* from sea urchin. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 72, 1–5.
12. Kiura H, Sano K, Morimatsu S, Nakano T, Morita C, Yamaguchi M. 2002. Bactericidal activity of electrolyzed acid water from solution containing sodium chloride at low concentration, in comparison with that at high concentration. *Int J of Food Microbiol Methods* 49, 285–293.
13. Park H, Hung YC, Brackett RE. 2002a. Antimicrobial effect of electrolyzed water for inactivating *Campylobacter jejuni* during poultry washing. *Int J of Food Microbiol*, 72 (1-2): 77-83.
14. Vorobjeva NV, Vorobjeva LI, Khodjaev EY. 2003. The bactericidal effects of electrolyzed oxidizing water on bacterial strains involved in hospital infections. *Artificial Organs*, 28, 590–592.
15. Anon 2010. <http://www.turkcebilgi.com/elektroliz/ansiklopedi>.
16. Millioğlu Ö. 2006. Elektrolize suyun *Vicia faba L.* üzerine genotoksik etkisinin kontrolü, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
17. Huang YR, Hung YC, Hsu SY, Huang YW, Hwang DF. 2008. Application of electrolyzed water in the food industry. *Food Control* 19, 329-345.
18. Tagawa M, Yamaguchi T, Yokosuka O, Matsutani S, Maeda T, Saisho H. 2000. Inactivation of hepadnavirus by electrolyzed acid water. *J Antimicrob Chemother*, 46, 363-368.
19. Rutala WA, Weber DJ. 1997. Uses of inorganic hypochlorite (bleach) in health-care facilities. *Clin Microbiol Rev*, 10, 597-610.
20. Hara Y, Kobayashi K, Izumi Y. 2003. Activation of subtilisin, alpha-amylase and lipase by electrolyzed water. *J of The Japanese Soc for Food Sci and Technol.-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 50, 12: 563-569.
21. Hsu SY. 2005. Effects of flow rate, temperature and salt concentration on chemical and physical properties of electrolyzed oxidizing water. *J of Food Engineer*, 66, 171-176.
22. Tosa N, Yamasaki Y. 2000. Effect of organic substances on the residual chlorine contained in the strong acidic electrolyzed water. *J of The Japanese Soc for Food Sci and Technol.-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 47, 4: 287-295.
23. Koseki S, Itoh K, 2000. Fundamental properties of electrolyzed water. *J of The Japanese Soc for Food Sci and Technol.-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 47, 5: 390-393.
24. Mori Y, Komatsu S, Hata Y, 1997. Toxicity of electrolyzed strong acid aqueous solution-subacute toxicity test and effect on oral tissue in rats. *Odontology*, 84, 619–626.
25. Sakurai Y, Nakatsu M, Sato Y, Sato K. 2003. Endoscope contamination from HBV- and HCV-positive patients and evaluation of a cleaning/disinfecting method using strongly acidic electrolyzed water. *Digest Endoscopy*, 15, 19–24.
26. Tanaka N, Fujisawa T, Daimon T, Fujiwara K, Yamamoto M. 1999. The effect of electrolyzed strong acid aqueous solution on hemodialysis equipment. *Artificial Organs*, 23, 1055–1062.

27. Walker SP, Demirci A, Graves RE, Spencer SB, Roberts RF. 2005a. CIP cleaning of a pipeline milking system using electrolyzed oxidizing water. *Int J of Dairy Technol*, 58, 65–73.
28. Venkitanarayanan KS, Ezeike GO, Hung YC, Doyle MP. 1999a. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on plastic kitchen cutting boards by electrolyzed oxidizing water. *J of Food Protect*, 62, 857–860.
29. Fabrizio KA, Sharma RR, Demirci A, Cutter CN. 2002. Comparison of electrolyzed oxidizing water with various antimicrobial interventions to reduce *Salmonella* species on poultry. *Poultry Sci*, 81, 1598–1605.
30. Russell SM. 2003. The effect of electrolyzed oxidative water applied using electrostatic spraying on pathogenic and indicator bacteria on the surface of eggs. *Poultry Sci*, 82, 158–162.
31. Izumi H. 1999. Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables. *J of Food Sci*, 64, 536–539.
32. Koseki S, Itoh K. 2001a. The effect of acidic electrolyzed water on the quality of cut vegetables. *J of The Japanese Soc for Food Sci and Technol.-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 48, 5: 365-369.
33. Koseki S, Yoshida K, Isobe S, Itoh K. 2001b. Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water. *J of Food Protect*, 64, 652–658.
34. Koseki S, Fujiwara K, Itoh K. 2002. Decontaminative effect of frozen acidic electrolyzed water on lettuce. *J of Food Protect*, 65, 411–414.
35. Koseki S, Isobe S, Itoh K. 2004a. Efficacy of acidic electrolyzed water ice for pathogen control on lettuce. *J of Food Protect*, 67, 2544–2549.
36. Koseki S, Yoshida K, Isobe S, Itoh K. 2004b. Efficacy of acidic electrolyzed water for microbial decontamination of cucumbers and strawberries. *J of Food Protect*, 67, 1247–1251.
37. Yang H, Swem BL, Li Y. 2003. The effect of pH on inactivation of pathogenic bacteria on fresh-cut lettuce by dipping treatment with electrolyzed water. *J of Food Sci*, 68, 1013–1017.
38. Kim C, Hung YC, Brackett RE, Lin CS. 2003. Efficacy of electrolyzed oxidizing water in inactivating *Salmonella* on alfalfa seeds and sprouts. *J of Food Protect*, 66, 208–214.
39. Al-Haq MI, Seo Y, Oshita S, Kawagoe Y. 2002. Disinfection effects of electrolyzed oxidizing water on suppressing fruit rot of pear caused by *Botryosphaeria berengeriana*. *Food Res Inter*, 35, 657–664.
40. Okull DO, Laborde LF. 2004. Activity of electrolyzed oxidizing water against *Penicillium expansum* on suspension and on wounded apples. *J of Food Sci*, 69, 23–27.
41. Al-Haq MI, Seo Y, Oshita S, Kawagoe Y. 2001. Fungicidal effectiveness of electrolyzed oxidizing water on post harvest brown rot of peach. *Horticultural Sci*, 36, 1310–1314.
42. Bari ML, Sabina Y, Isobe S, Uemura T, Isshiki K. 2003. Effectiveness of electrolyzed acidic water in killing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* on the surfaces of tomatoes. *J of Food Protect*, 66, 542–548.
43. Ayebah B, Hung YC, Frank JF. 2005. Enhancing the bactericidal effect of electrolyzed water on *Listeria monocytogenes* biofilms formed on stainless steel. *J of Food Protect*, 68, 1375–1380.
44. Park H, Hung YC, Kim C. 2002b. Effectiveness of electrolyzed water as a sanitizer for treating different surfaces. *J of Food Protect*, 65, 1276–1280.
45. Walker SP, Demirci A, Graves RE, Spencer SB, Roberts RF. 2005b. Cleaning milking systems using electrolyzed oxidizing water. *Transactions of ASAE*, 48, 1827–1833.
46. Park BK, Oh MH, Oh DH. 2004. Effect of electrolyzed water and organic acids on the growth inhibition of *Listeria monocytogenes* on lettuce. *Korean J Food Preserv*. 11, 530-537.
47. Park YB, Jin YG, Rahman SME, Ahn J, Oh DH. 2009. Synergistic effect of electrolyzed water and citric acid against *Bacillus cereus* cells and spores on cereal grains. *J Food Sci*. 74, 185-189.
48. Rahman SME, Jin YG, Oh DH. 2010. Combined effects of alkaline electrolyzed water and citric acid with mild heat to control microorganisms on cabbage. *J Food Sci*. 75: 111-115.
49. Venkitanarayanan KS, Ezeike GOI, Hung YC, Doyle MP. 1999b. Efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes*. *Appl and Environment Microbiol*, 65, 4276-4279.

50. Len SV, Hung YC, Erickson M, Kim C. 2000. Ultraviolet spectrophotometric characterization and bactericidal properties of electrolyzed oxidizing water as influenced by amperage and pH. *J of Food Protect*, 63, 1534–1537.
51. Buck JW, Van Iersel MW, Oetting RD, Hung YC. 2002. In vitro fungicidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water. *Plant Dis*, 86, 278–281.
52. Bonde MR, Nester SE, Khayat A, Smilanick JL, Frederick RD, Schaad NW. 1999. Comparison of effects of acidic electrolyzed water and NaOCl on *Tilletia indica* teliospore germination. *Plant Dis*, 83, 627–632.
53. Windham WR, Kurt LC, Park BS, Buhr RJ. 2001. Visible/NIR spectroscopy for characterizing fecal contamination of chicken carcasses. ASAE Paper 01–6004. ASAE, St.
54. Alterkruse SF, Stern NJ, Fields PI, Swerdlow DW. 1999. *Campylobacter jejuni* an emerging foodborne pathogens. *Emerg Infect Dis*. 5: 28–35.
55. White PL, Baker AR, James WO. 1997. Strategies to control *Salmonella* and *Campylobacter* in raw poultry products. *Rev Sci Technol Int Epiz*, 16, 525–541.
56. Xiong H, Li Y, Slavik MF, Walker JT. 1998. Spraying chicken skin with selected chemicals to reduce attached *Salmonella typhimurium*. *J Food Protect*. 61, 272–275.
57. Kemp GK, Aldrich ML, Waldroup AL. 2000. Acidified sodium chlorite antimicrobial treatment of broiler carcasses. *J. Food Prot*. 63: 1087–1092.
58. Morris CE. 1999. Multiple hurdles minimize pathogens. *Food Eng*. 71, 75–80.
59. Lillard HS, Thomson JE. 1983. Efficacy of hydrogen peroxide as a bactericide in poultry chiller water. *J Food Sci*. 48, 125–126.
60. Katta SR, Rao DR, Dunki R, Chawan CB, 1991. Effect of gamma irradiation of whole chicken carcasses on bacterial loads and fatty acids. *J Food Sci*. 56: 371–373.
61. Göksoy EO, James C, Corry JEL. 2000. The effect of short-time microwave exposures on inoculated pathogens on chicken and the shelf-life of uninoculated chicken meat. *J Food Engineer* 45, 153–160.
62. Vivien MA, Janet EL, Burton CH, Whyte RT, Mead GC. 2000. Hygiene aspects of modern poultry chilling. *Int J Food Microbiol*. 58: 39–48.
63. Smulders FJM, Greer GG. 1998. Integrating microbial decontamination with organic acids in HACCP programs for muscle foods: Prospects and controversies. *Int J Food Microbiol*. 44: 149–169.
64. Mahmoud BSM, Yamazaki K, Miyashita K, Shin II, Suzuki T. 2006. A new technology for fish preservation by combined treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds. *Food Chem*. 99, 656–662.
65. Onishi R, Hara Y, Arai E. 2001. Improvement of eating quality and preservability of cooked rice obtained from aged rice grains by weak electrolyzed cathode water. *J of The Japanese Soc for Food Sci and Technol-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 48 (2): 112–118.