



Gıda Endüstrisinde Elektrolize Su Kullanımı

Aslı Aksoy^{1*}

¹Haliç Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7775-6514)

(İlk Geliş Tarihi 22 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.725282)

ATIF/REFERENCE: Aksoy, A. (2020). Gıda Endüstrisinde Elektrolize Su Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 254-262.

Öz

Gıda, insan yaşamının sürdürülebilmesi için elzem unsurlardan biridir. İnsan sağlığının korunması için mutlaka gıda güvenliğinin sağlanması gerekir. Gıda güvenliğinin sağlanmasında ısı olan ve olmayan birçok yöntem mevcuttur. Isıl olmayan yöntemler arasında geleneksel kimyasal çözeltiler kullanılarak yapılan dezenfeksiyon uygulamaları oldukça önemli bir yere sahiptir. Geçmişten günümüze kadar gıda endüstrisinde dezenfektan olarak kullanılan birçok kimyasal madde mevcuttur. Kullanılan kimyasal maddenin türüne göre gıdanın yapısının deformasyona uğraması, gıdaya temas eden yüzeylerde korozyon ve dezenfeksiyon sonrası kimyasal kalıntı varlığı gibi çeşitli olumsuz faktörler söz konusu olduğundan, geleneksel dezenfektanlara alternatifler araştırılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda elektrolize suyun dezenfektan olarak kullanımı birçok ülkede yaygınlaşmaktadır. Toksik olmaması, kullanım kolaylığı, ekonomik, güvenli ve çevre dostu olması nedeni ile elektrolize su üzerinde son yıllarda oldukça fazla çalışma yapılmaktadır. Bu derlemede elektrolize su, elektrolize su çeşitleri ve etki mekanizmaları, gıda endüstrisindeki kullanım alanları ve uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrolize su, Asidik elektrolize su, Alkali elektrolize su, Dekontaminasyon, Dezenfeksiyon.

Use of Electrolyzed Water in Food Industry

Abstract

Food is one of the essential factors in sustaining human life. Food safety must be ensured to protect human health. Both thermal and non-thermal methods are available means of ensuring food safety. In the non-thermal methods disinfection applications using traditional chemical solutions have an important place. There are many chemicals having been used in the food industry as disinfectant from the past to the present. Since various negative factors associated with the type of the chemicals used such as deformation of the food structure, corrosion on food contact surfaces and the presence of chemical residues after disinfection, alternatives to traditional disinfectants have been investigated. In this context, the use of electrolyzed water as a disinfectant is getting common in many countries. A lot of research has been conducted on electrolyzed water in recent years since it is not only non-toxic, easy to use and cheap but also safe and environmentally friendly. This review contains information about electrolyzed water, types of electrolyzed water and their mechanism of action as well as areas of use and application in the food industry.

Keywords: Electrolyzed water, Acidic electrolyzed water, Alkaline electrolyzed water, Decontamination, Disinfection.

* Sorumlu Yazar: Haliç Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7775-6514, aksoyas@gmail.com

1. Giriş

Minimal işlem görmüş gıdalar mikrobiyal kaynaklı hastalık ve salgınlara neden olabilmektedirler. Örneğin EFSA (“European Food Safety Authority”) verilerine göre beş Avrupa ülkesi, tüketime hazır gıda kaynaklı *Salmonella agona* nedeniyle 2017’nin başlarından 2018 Temmuz ayına kadar 147 kişinin, 2014-2016 yılları arasında ise 25 kişinin hastalandığını duyurmuştur (İngiltere’de 129 kişi, Finlandiya’da 15 kişi, Danimarka, Almanya ve İrlanda’da birer kişi) (Anon., 2018a).

Ayrıca yine EFSA tarafından 2018 yılı Temmuz ayı içerisinde dondurulmuş sebze kaynaklı *Listeria monocytogenes* salgını açıklanmıştır (Anon., 2018b). Bu patojen bakterilerin yanısıra hepatit, norwalk ve rota gibi virüsler, *Cyclospora* ve *Cryptosporidium* gibi parazitler, *Penicillium* ve *Aspergillus* türü küfler gibi gıdalarda sıklıkla rastlanan diğer patojen mikroorganizmalar insanlarda çeşitli hastalıklara neden olmaktadır (Appleton, 2000; Anon., 2018c).

Bu hastalıkların nedeni, gıdaların üretilmesi ya da işlenmesi sırasında mikrobiyal kontaminasyona maruz kalabilmesidir. Özellikle kullanıma ya da tüketime hazır meyve ve sebzelerde bu durum daha da önem kazanmaktadır. Ayrıca çiğ tavuk eti gibi bazı gıdalar, doğal mikrofloraları sebebiyle gıda güvenliği açısından bazı riskler taşımaktadırlar. Bu nedenle bir gıda tesisinde gıda ve gıda ile temas eden yüzeylerin (ekipman vb.) uygun bir yöntemle dezenfeksiyonu sağlanmalı, İyi Hijyen Uygulamaları (“Good Hygiene Practises”, GHP) gerçekleştirilmelidir (Aksoy, 2003).

Isıl işlemlerin neden olduğu kalite kayıpları ve enerji sarfıyatı gibi nedenlerden dolayı geleneksel dezenfeksiyon prosedürlerine alternatif olarak yeni metotlar araştırılmaya başlanmıştır. Elektrolize su (“electrolyzed water”) uygulaması, bu modern yöntemlerden biridir ve elektrolize su birçok ülkede dezenfektan olarak kullanılmaktadır (Anon., 2012; Hricova ve ark., 2008; Poçan, 2012; Yudin ve ark., 2011). Toksik olmaması, çevreye zarar vermemesi, pahalı olmaması, temizleme süresinin kısa ve kullanımının kolay olması gibi nedenlerle, elektrolize su üzerinde son yıllarda oldukça fazla çalışma yapılmaktadır (Poçan, 2012; Turantaş ve ark., 2018). Bu çalışmada elektrolize suyun gıda endüstrisinde kullanımı incelenmiş; uygulamalar ile ilgili bilgiler verilmiştir.

2. Elektrolize Su

Anot ve katodun bir membran yardımıyla ayrıldığı düzende, seyreltik sodyum klorür (NaCl) çözeltisinin elektrolizi ile elde edilen ürün “elektrolize su” olarak isimlendirilmektedir (Kim ve ark.,2001; Koseki ve ark.,2001; Al-Haq ve ark., 2002; Sharma ve Demirci, 2002; Kiura ve ark., 2002; Len ve ark., 2002; Buck ve ark., 2003; Hati ve ark., 2012).

Saf su iletkenlik açısından güçlü değildir ve elektriği iletcek düzeyde iyon içermediğinden (25°C’de 1×10^{-7} M Hidrojen (H^+) iyonu ve 1×10^{-7} M Hidroksil (OH^-) iyonu), elektrolizin gerçekleşmesi için genelde iletkenliği artırıcı olarak suya dezenfeksiyon etkisi de olan NaCl eklenmektedir (Millioğlu, 2006; Poçan 2012). Elektrolit olarak tuzlu su içeren elektroliz hücresindeki elektrotlardan doğru akım geçirildiğinde, pozitif elektrottan negatif elektroda doğru bir akım gerçekleşir. Dolayısıyla anot pozitif yüklenirken, katot negatif yüke sahip olur. Bu durumda elektrotlar arasında meydana gelen elektrik alan nedeniyle pozitif iyonlar katoda göçerken, negatif iyonlar anoda doğru hareket eder (Poçan, 2012).

Bu şekilde gerçekleşen oksidoredüksiyon (redoks) reaksiyonlarında elektron alan (oksidan) ve elektron veren (redükta) moleküller, “redoks çifti” olarak değerlendirilmektedir. Bir redoks çiftinin elektron kaybetme olayı ise “Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli (ORP)” olarak tanımlanmaktadır (Poçan 2012). ORP değeri, elektroliz sonucu ortaya çıkan serbest klor konsantrasyonu ile birlikte elektrolize suyun etkinliğini belirleyen faktörlerden biridir (Aksoy, 2003).

Bunun dışında serbest klor konsantrasyonu, pH, sıcaklık, elektrolitin ve suyun akış hızı, tuz konsantrasyonu, elektrolizin gerçekleşme süresi, kullanılan elektrolitin tipi, suyun sertliği, muhafaza koşulları, üründeki organik madde varlığı ve kirlilikler, ürüne uygulama şekli (daldırma, spreyleme vb.) elektrolize suyun dezenfektan özelliğini etkilemektedir (Millioğlu, 2006, Poçan, 2012; Rahman ve ark., 2016; Athayde ve ark., 2018).

2.1. Elektrolize Su Çeşitleri ve İnaktivasyon Mekanizması

Su, yapısında bulunan H^+ veya OH^- iyonlarının konsantrasyonuna bağlı olarak, asidik ya da alkali özellik gösterir. Eğer suyun H^+ iyonları miktarı fazla ise asidik; OH^- iyonları miktarı fazla ise alkali özellik göstermektedir. H^+ ve OH^- iyonları miktarlarının eşit olduğu durumda ise su nötrdür (Millioğlu, 2006).

Suyun elektrolizi sonucu anotta “asidik su”, katotta ise “alkali su” oluşmaktadır (Poçan, 2012). Asidik elektrolize su (ASES) “elektrolize yükseltgen su” (Özer ve Kılıç, 2012), “süperoksitlenmiş su” (Külekçi, 2005), “elektrolize okside su” (Huang ve ark., 2008) olarak da adlandırılabilir. Alkali elektrolize su (ALES) ise “bazik elektrolize su” (Hricova ve ark., 2008) ya da “elektrolize indirgen su” (Hao ve ark., 2011) olarak isimlendirilebilir.

ASES’yun pH’ı 2-3 arasında; ORP’i 1100 mV’dan fazla ve serbest klor konsantrasyonu (SKK) ise 10-90 ppm arasında iken; ALES’yun pH’ı 10-13 ve ORP’i (-800)-(-900) mV arasında değişmektedir (Hricova ve ark., 2008).

“Nötral elektrolize su (NES)” ise pH’ı 7 olan, asidik ve alkali suyun avantajlarını kombine olarak barındıran elektrolize su çeşididir. Hücre membranına kolayca nüfuz edebildiği gibi, ekipman ve cilt için daha az korozif etkiye sahiptir. Nötral pH’ta serbest klor kaybı daha az olduğu için raf ömrü daha uzundur. NES, sahip olduğu yüksek ORP ve serbest klor içeriği ile serbest hidroksil grupları nedeniyle antimikrobiyal etkiye sahiptir (Monnin ve ark., 2012).

ASES, gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesi amacıyla ilk kez Japonya'da geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır (Millioğlu, 2006). Güçlü oksidasyon potansiyeline sahiptir olan ASES dezenfeksiyon amaçlı kullanılmaktadır (Yoshida ve ark., 2004). Ayrıca hastane enfeksiyonlarının kontrolü için de değerlendirilebilmektedir (Günaydın ve ark., 2012).

ALES ise güçlü redüksiyon potansiyeline sahiptir ve gıdaları temizleme amaçlı tercih edilmektedir (Hsu, 2005). Aynı zamanda kesme tahtası gibi mutfak malzemelerinin ve endüstriyel süt sağım makinası gibi ekipmanların yüzeyinden yağ ve kiri uzaklaştırmak amacıyla kullanılabilir (Anonim, 2011). Yapılan bir çalışmada kalitesi düşük pirinçler ve ALES kullanılarak pişirilen pilavın, şebeke suyu ile pişirilen pilava göre daha iyi pişmiş ve yumuşak taneli olduğu, ayrıca daha geç bozulduğu tespit edilmiştir (Onishi ve ark., 2001).

Elektrolize suyun inaktivasyon mekanizmasıyla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. ASES'da yüksek ORP değerlerinde ve SKK'da inaktivasyon özelliği artmaktadır (Koseki ve ark., 2001). Aynı zamanda ASES'ün pH'nın düşük olması da inaktivasyon üzerinde olumlu bir etkidir (Özer ve Kılıç, 2012).

Klorun inaktivasyon etkisi, mikroorganizmalardaki enzimlerin sülfidril (SH) gruplarının geri dönüşümsüz oksidasyonuna neden olmasından kaynaklanmaktadır (Külekcı, 2005). Bir serbest klor türü olan hipokloröz asit (HOCl) ise, hidroksil serbest radikali oluşturmakta, meydana gelen bu radikal de yükseltgenerek mikroorganizmaların inhibisyonuna neden olmaktadır (Koseki ve ark., 2001, Aksoy, 2003). Hipokloritler (OCl⁻) ise sitoplazmik bileşiklerle toksik özellikte N-kloro bileşikler oluşturur suretiyle mikroorganizma hasarına yol açmaktadır (Külekcı, 2005).

Klorun etkinliği, pH düştükçe yani asitlik arttıkça artmaktadır. Dolayısıyla asitlik için ortamdaki hipoklorit iyonu miktarından çok, hipokloröz iyonu miktarı önemlidir. Ayrıca klor bileşiklerinin etkinliği konsantrasyon ve sıcaklıkla doğru orantılıdır. Yapılan bir çalışmada klor konsantrasyonundaki iki kat artışın dezenfeksiyon süresini %30 oranında azalttığı; sıcaklıktaki 10°C'lik artışın ise bu süreyi %50-%65 oranında kısalttığı gösterilmiştir (Külekcı, 2005).

ASES'ün stabilitesi ile ilgili yapılan bir çalışmada; ASES'ün karanlık şartlarda 1 yıl süreyle özelliklerini koruyabildiği, güneş ışığına üç gün maruz bırakıldığında ise 1 yıl boyunca pH'nı muhafaza edebildiği açığa çıkartılmıştır. Aynı çalışmada uygun muhafaza koşulları (karanlık ve kapalı ortam) sağlanmadığında ise, ALES'ün özelliklerinin değişebildiği saptanmıştır (Koseki ve Itoh, 2000).

2.2. Gıda Endüstrisinde Elektrolize Su Uygulamaları, Avantajları ve Dezavantajları

ALES'ün gıda endüstrisinde yemeklerin pişirme süresinin kısaltılması, pirinç pilavının daha lezzetli olması, çay ve kahve gibi içeceklerde hızlıca renk oluşumunun sağlanması, alkolün metabolizmadan daha kısa zamanda uzaklaştırılması, gıdaların sindirilebilirliğinin artırılması, balık vb. gibi yoğun kokuya sahip gıdaların kokularının giderilmesi, sert sebze ve etlerin pişirilmesi, evcil hayvanların parazitlerden arındırılması gibi nedenlerle kullanıldığı bilinmektedir (Millioğlu, 2006; Poçan ve ark., 2011). Yapılan bir çalışmada da, et emülsiyonlarının hazırlanmasında pH'ı 7,4 olan musluk suyu yerine; pH'ı 10 olan elektrolize suyun kullanılmasının daha kaliteli bir emülsiyon oluşturduğu, emülsiyon kapasitesini arttırdığı belirtilmiştir (Poçan, 2012).

Gerçekleştirilen bazı çalışmalar sonucunda ASES'ün antimikrobiyal ve antiviral etkisi açığa çıkartılmıştır. ASES genellikle ısıya hassas gıdaların sterilizasyonu için tercih edilmektedir. Mikroorganizma süspansiyonlarının inaktivasyonunda da başarılı sonuçlar veren ASES'ün kullanım alanları kısaca şu şekilde özetlenebilir: yüzey (kesme tahtaları, proses eldivenleri, biofilmler, makine ve ekipman yüzeyleri (süt sağım makineleri vb), zemin ve duvar yüzeyleri), mezbaha ortamları, proses suları (ayrıca buz) ve gıdaların (sebze ve meyveler, balık ve su ürünleri, yumurta, karkas (sığır, domuz, tavuk)) dezenfeksiyonu, pestisitlerin uzaklaştırılması. Aynı zamanda diş hekimliği ve bazı tıp uygulamalarında da tercih edilmektedir (Jung ve ark., 1996; Koseki ve ark., 2001; Park ve ark., 2002a; Park ve ark., 2002b; Aksoy, 2003; Buck ve ark., 2003; Hricova, 2008, Özer ve Kılıç, 2012).

Elektrolize su birçok avantaj sağlamaktadır. Elde edilirken kimyasal olarak yalnızca NaCl çözeltisi kullanıldığı ve toksik olmadığı için çevreye zarar vermemektedir. Ortam pH'nın düşük olduğu değerlerde dezenfeksiyon sağlayabilme özelliğinde olan HOCl, zayıf bir asit olduğundan, daha az aktif olan OCl⁻'e kolayca hidroliz olmaz (Koseki ve ark., 2001; Koseki ve ark., 2002; Aksoy, 2003). Bunun yanında güçlü asidik özellikte olan elektrolize okside su (GASES); hidroklorik asit veya sülfürik asit gibi korozif değildir (Huang ve ark., 2008). Elektrolize su jeneratörü temin edildikten sonra; işletme açısından maliyete neden olan unsurlar sadece su, tuz ve elektrik enerjisidir (Anonim, 2011). Dolayısıyla temizlik ve dezenfeksiyonda kullanılan diğer kimyasallara kıyasla, daha ekonomiktir ve uygulaması kolaydır (Poçan, 2012). Elektrolize su uygulamasında ısı işlemlerin neden olduğu kayıplar, uygulama sonrası yüzeylerde klor kalıntısı, ayrıca tehlikeli kimyasalların depolanması ve taşınması sırasında oluşabilecek riskler de söz konusu değildir (Özer ve Kılıç, 2012).

Elektrolize suyun bazı dezavantajları da mevcuttur. Elektrolize suya, elektroliz vasıtasıyla sürekli HOCl, H⁺ ve Cl₂ takviyesi yapılmazsa, çözelti hızlıca antimikrobiyal özelliğini kaybetmektedir. Ayrıca güçlü asidik özellikte olduğu ve serbest klor içerdiği için sentetik reçinenin bozulması ve metal korozyonu gibi problemlere yol açabileceği belirtilmektedir (Anonim, 2011).

2.3. Elektrolize Su ile Yapılan Çalışmalara Örnekler

Günümüzde elektrolize su, başta sebze-meyve ve hayvansal ürünler olmak üzere birçok gıda ve gıdalarla temas eden yüzeylerde mikrobiyal inaktivasyonun sağlanması, gıdalardan pestisitlerin ve mikotoksinlerin uzaklaştırılması gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

Sebze ve meyvelerin dokusal ve duysal kalitesini bozmadan, ayrıca ısı işleme gerek kalmadan gerçekleştirilen elektrolize su uygulamaları oldukça çeşitlidir. Tablo 1'de bu çalışmalara bazı örnekler verilmiştir.

Tablo 1. Sebze ve Meyvelerde Elektrolize Su ile Yapılan Bazı Çalışmalar

Ürün	İncelenen parametre	Uygulama	Sonuç	Kaynak
Marul	Mezofilik aerobik bakteri (MAB) ve koliform bakteri	10 dk.,20 ppm'lik ASES (pH:2.7, ORP: 1099 mV), 30 ppm'lik ASES (pH:2.7, ORP: 1100 mV) ile 200 ppm'lik NaOCl ile muamele	MAB ve koliform bakteri sayılarındaki azalma sırasıyla şöyledir: 30 ppm'lik ASES ile: 1.30 log ve 1.59 log 200 ppm'lik NaOCl ile: 1.22 log ve 1.42 log 20 ppm'lik ASES ile: 1.21 log ve 1.29 log	Aksoy, 2003.
Elma, armut, portakal	<i>Listeria innocua</i> ve <i>Escherichia coli</i> O157:H7	SKK: 100 ve 200 ppm olan ASES (pH: 2.68-2.93, ORP: 1079-1111 mV), NES (pH: 8.18-8.33, ORP: 725-736 mV) ve NaOCl (pH: 8-8.5, ORP: 731-759 mV) ile muamele	En yüksek inaktivasyonun 200 ppm'lik ASES ile sağlandığı, 100 ppm'lik ASES ve NES uygulama sonuçlarının benzer olduğu belirlenmiştir.	Graca ve ark., 2010.
Ispanak	Pestisit (acephate, omethoate ve DDVP)	30 dk. ASES (pH: 2.3, SKK:70 ppm, ORP: 1170 mV) ve ALES (pH 11.6, ORP: -860 mV) ile muamele	Pestisit kalıntısında ASES ile %59-74, ALES ile ise %46-86 azalma saptanmış, ayrıca C vitamini miktarı değişmemiştir.	Hao ve ark., 2012.
Kiraz	Kalite özellikleri, küf ve raf ömrü	3 dk. süreyle 25, 50, 100, 200, 300 ve 400 ppm serbest klor içeriğine sahip elektrolize su ile muamele ve sonrasında 30 gün depolama	Gaz kompozisyonundaki değişim, ağırlık kaybı, brix, pH, sertlik, su aktivitesi, renk, antosiyanin profili, duyuşal özellikler ve küf analizlerine bağlı olarak, SKK'ü 100 ppm'den düşük ASES'ün raf ömrünü arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir.	Hayta, 2014.
Havuç ıspana, biber, turp, patates, salatalık	MAB ve görünüm (renk)	4 dk. ASES uygulaması (pH: 6.8, SKK: 15, 20, 30 ve 50 ppm)	0.6-2.6 log azalma saptanmıştır. En güçlü etki 50 ppm'lik ASES ile sağlanmış, sebzelerin renklerinde herhangi bir kayıp gözlenmemiştir.	Izumi, 1999.
Marul	MAB	10 dk. ASES (pH: 2.6, ORP: 1140 mV, SKK: 30 ppm), 5 ppm'lik ozonlu su ve 150 ppm'lik NaOCl uygulaması	ASES ve NaOCl çözeltileri ile 2'şer log'luk azalma, ozonlu su uygulamasıyla ise 1.5 log azalma sağlanmıştır.	Koseki ve ark., 2001.
Marul	MAB ve koliform bakteri	10 dk. ASES (pH:2.5, ORP: 1140 mV, SKK: 40 ppm) uygulaması	MAB ve koliform için sırasıyla 1.7 ve 1.6 log azalma saptanmıştır.	Koseki ve Itoh, 2001a.
Lahana, marul, salatalık ve havuç	Kalite özellikleri (renk, klorofil, beta-karoten ve askorbik asit içeriği)	10 dk. ASES, NaOCl (150 ppm) çözeltisi ve musluk suyu ile muamele	ASES, NaOCl ve musluk suyunun aynı derecede kalite kaybına yol açtığı saptanmıştır. Lahana ve marulda klorofil miktarındaki azalma %10-20; havuçta beta-karoten miktarında azalma %30; lahana, marul, salatalıkta askorbik asit miktarındaki azalma ise sırasıyla %20, %15 ve %35 olarak belirlenmiştir.	Koseki ve Itoh, 2001b.
Marul	<i>E. coli</i> O157:H7, <i>L. monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> ve <i>Salmonella typhimurium</i>	35°C'de 1 dk zayıf asidik elektolize su (ZASES) (pH 6.30, ORP 500 mV, SKK 5 ppm) ve ASES (pH 2.6, ORP 110 mV, SKK 50 ppm) uygulaması	Bakteri sayılarında uygulama türüne göre 2.5-4 log kob/g arası azalma saptanmıştır.	Rahman ve ark., 2010.
Yuja meyvesi	Pestisit (bakterisid ve fungisid)	GASES (pH:2.75, ORP: 1057 mV, SKK: 88.63 ppm) ile mekanik yıkama	Pestisit kalıntısında %70-%98.1 oranında azalma tespit edilmiştir.	Sung ve ark., 2011.
Marul	<i>S. typhimurium</i> , <i>E. coli</i> O157:H7 ve <i>L. monocytogenes</i>	5 dk. 30 °C'de ASES (pH 4-9, SKK: 300 ppm) ile muamele	En iyi görünüm pH'ı 7 ile olan ASES ile sağlanmıştır. Her bakteri sayısında 2'şer log azalma saptanmıştır.	Yang ve ark., 2003.

Kırmızı et, kanatlı eti, balık ve yumurta gibi çeşitli hayvansal ürünlerde gıda güvenliğinin sağlanması için elektrolize su ile birçok uygulama yapılmaktadır. Tablo 2'de bu uygulamalarla ilgili çeşitli örneklere yer verilmiştir.

Tablo 2. Hayvansal Gıdalarda Elektrolize Su ile Yapılan Bazı Çalışmalar

Ürün	İncelenen parametre	Uygulama	Sonuç	Kaynak
Çiğ tavuk eti	Koliform bakteri ve MAB	10 dk. ASES (pH:2.7, ORP: 1099 mV; SKK: 20 ppm), ASES (pH:2.7, ORP: 1100 mV, SKK: 30 ppm) ile NaOCl (SKK: 200 ppm) muamele	Koliform bakteri ve MAB sayılarındaki azalma sırasıyla aşağıdaki gibidir: 30 ppm'lik ASES: 1.53 ve 1.45 log 20 ppm'lik NaOCl: 1.30 ve 1.32 log ve 20 ppm'lik ASES: 1.24 ve 1.29 log	Aksoy, 2003
Sığır, keçi ve domuz eti	<i>E. coli</i> K12	2-12 dk., ASES (pH: 3.03, ORP 759,9 mV, SKK: 34.3 ppm), ALES (pH: 10.73, ORP -372.4 mV, SKK: 0.06 ppm) ile muamele	Sığır, keçi ve domuz etinde en iyi azalma miktarları sırasıyla şöyledir: ASES: 1.16 log (4 dk.), 1.22 log (12 dk.) ve 1.30 log (10 dk.); 12 dk. boyunca ALES: 1.61 log, 0.96 log ve 1.52 log	Arya ve ark., 2018.
Çiğ tavuk eti	<i>S. typhimurium</i>	ASES ile (pH: 5, ORP: 925 mV, SKK: 30 ppm; pH: 2.6 ORP: 1076 mV SKK: 60 ppm; pH: 2.2 ORP: 1100 mV SKK: 70 ppm), 15, 30 ve 60 sn'lik uygulama	0. günde 2 log'luk düşüşe rağmen 3. ve 7. günlerde ASES'yun etkisini kaybettiği, farklı ASES'ler ve uygulama sürelerinin etkileri arasında fark olmadığı belirlenmiştir.	Çil ve ark., 2012.
Çiğ domuz eti	<i>Campylobacter coli</i>	15 sn. ASES (pH 2.6, ORP: 1150 mV, SKK:50 ppm) sprey uygulaması	4°C'de 7 gün vakum ambalajda depolama sonucu 2.6 log azalma saptanmıştır.	Fabrizio ve Cutter, 2004.
Yumurta	<i>L. monocytogenes</i> , mineral içeriği ve renk değişimi	2% sitrik asit, %0.9 NaCl çözeltisi, 46 ppm NES ile muamele	Mineral içeriği ve renk değişimine neden olmadan en iyi sonuç (2.18- 1.74 log azalma) NES uygulamasından alınmıştır.	Garcia ve ark., 2019.
Sazan filetoları	Besin öğeleri, aminoasit kompozisyonu, protein sindirebilirliği ve yağ asidi kompozisyonu	15 dk. 40.8 ppm'lik ASES (pH: 2,22; ORP: 1137 mV), ALES (pH: 11.6 ve ORP 885 mV) ve esansiyel yağ bileşenleri ile muamale	Kalite özelliklerinin etkilenmediği ve sentetik koruyuculara alternatif olarak elektrolize su ve esansiyel yağ bileşenlerinin kullanılabileceği belirtilmiştir.	Mahmoud ve ark., 2006.
Çiğ tavuk eti	<i>Campylobacter jejuni</i>	10 dk. 50 ppm'lik ASES ve klorlu suya daldırma	Her iki uygulama ile 3 log azalma saptanmıştır.	Park ve ark., 2002b.
Sazan fileto	Raf ömrü kriterleri (duyusal, kalıntı klor, toplam canlı, MAB, <i>Enterobacteriaceae</i>)	5 dk. 100 ppm ASES, 100 ppm ASES ve %0.5'lik lizozim uygulaması ve su ile durulama.	2°C'de 7 gün vakum ambalajda depolama sonucu, 100 ppm ASES ve %0.5'lik lizozim kombinasyonu en iyi sonucu vermiştir. Her iki uygulama, bakteri sayılarında 2.4–3.1 log azalma sağlanmıştır.	Palotás ve ark., 2020.
Pişmiş karides	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	6 gün boyunca her 12 saatte yenilenecek, ASES buzu (pH 2.46, ORP 1124 mV, SKK: 26 ppm) ile muamele	5.1 log'a kadar azalma saptanmıştır.	Wang ve ark.,2014.

Sebze, meyve ve hayvansal ürünler dışındaki diğer bazı gıdalarda da elektrolize su uygulamaları mevcuttur. Tablo 3'te bu uygulamaların birkaçından bahsedilmiştir.

Tablo 3. Diğer Bazı Gıdalarda Elektrolize Su ile Yapılan Bazı Çalışmalar

Ürün	İncelenen parametre	UYGULAMA	SONUÇ	KAYNAK
Yer fıstığı	Aflatoksin B1	10-30 dk., NES (pH 5.6; SKK 10-100 ppm) ve ASES (pH 2.5) ve ALES (pH:11.6)	60 ppm'lik 15 dk. ASES ve 80 ppm'lik 10 dk. NES uygulaması aflatoksin B1 miktarında %10'a kadar azalma sağlanmıştır.	Xiong ve ark., 2012.
Buğday	Deoxynivalenol (DON)	60 ppm'lik ASES (pH 2.5, 3.5, 4.5, 5.5 ve 6.5) ve 60 ppm'lik ALES (pH 8.5, 9.5, 10.5, 11.5 ve 12.5) ile 45 dk. muamele	En yüksek DON eliminasyonu ASES (pH 5.5) için %57.48, ALES (pH 9.5) için %61.60 ve kontrol için %10.63 saptanmıştır.	Lyu ve ark., 2018.
	Toplam küf		ASES ile önemli derecede azalma sağlanmış, ALES (pH: 8.5 ve 12.5) ile neredeyse küf tespit edilememiştir.	
	Kalite özellikleri		ASES ve ALES'yun beyazlık, nem, ham protein, yaş gluten ve mikroyapıda değişikliğe yol açmadığı ve ASES'yun farinograf özelliklerini olumlu yönde etkilediği saptanmıştır.	
	<i>Fusarium graminearum</i>		pH'ı 5.5 olan ASES ve pH'ı 9.5 olan ALES ile önemli derecede azalma saptanmıştır.	

Gıda ile temas eden yüzey ve ekipmanların temizliği, gıda güvenliğinin sağlanması için oldukça önemlidir. CIP (Clean In Place) sistemleri de dahil olmak üzere, elektrolize su çeşitli ekipman ve yüzeylerin sanitasyonu için uygulanmaktadır (Wang ve ark., 2016). Bu uygulamalara örnekler Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Gıda ile Temas Eden Ekipman ve Yüzeylerde Elektrolize Su ile Yapılan Bazı Çalışmalar

Ürün	İncelenen parametre	UYGULAMA	SONUÇ	KAYNAK
Bardak, tabak ve gümüş ekipmanlar	<i>E.coli</i> K-12 ve <i>S. epidermis</i>	Kuaterner amonyum (200 ppm), NaOCl (100 ppm) peroksiasetik asit (1000 ppm), sitrik asit-dodesil benzen sülfonat (10000 ppm) ve NES (100 ppm, pH: 7.4) ile elde ve makinede yıkama	Her koşulda, tüm dezenfektanlarla bakteri yükünde en az 5 log azalma, ASES ile makine ile yıkamada 6.9 log, elde yıkamada ise 5.4 log azalma saptanmıştır.	Haondojo ve ark., 2009.
Kesme tahtası	<i>E. coli</i> K12 ve <i>L. innocua</i>	Kesme tahtaları elde ya da makinede yıkandıktan sonra 23°C'de 10 sn. boyunca NaOCl (SKK: 100 ppm) ve NES (SKK:120 ppm, ORP: 799.6 mV, pH: 7.05) ile sprey uygulaması	Elle yıkamada <i>E. coli</i> sayısı NEW için 3.4 log ve NaOCl için 3.6 log azalma, <i>L. innocua</i> sayısı NEW için 4.1 log ve NaOCl için 3.9 log azalma, Otomatik yıkamada <i>E. coli</i> sayısı NEW için 4 log ve NaOCl için 4 log azalma, <i>L. innocua</i> sayısı NEW için 4.2 log ve NaOCl için 3.6 log azalma sağlanmıştır.	Monnin ve ark., 2012.
Cam, paslanmaz çelik, seramik fayans vb.	<i>E. aerogenes</i> ve <i>S.aureus</i>	ASES (SKK: 10 ppm) ile çalkalayarak ve çalkalamayarak yapılan uygulama	Çalkalamadan yapılan uygulama sonucu bakteri sayılarında sırasıyla 2.2-2.4 log ve 1.7-1.9 log azalma; çalkalayarak yapılan uygulamada ise yüzeyde canlı hücreler 1 kob/cm ² 'den az tespit edilmiştir.	Park ve ark, 2002a.
Teflon, paslanmaz çelik ve seramik yüzeyler	MAB, <i>S. typhimurium</i> , <i>L. monocytogenes</i> , verotoxigenic <i>E. coli</i> O157:H7 ve <i>S. aureus</i>	30 sn. 110 ppm'lik ASES (pH 2.69, ORP 1135 mV) ile muamele	Tüm bakteri popülasyonunda 8 log azalma saptanmıştır.	Serraino ve ark., 2010.
CIP ekipmanları	Kalıntı ATP ve protein	54.6°C'de 20,5 dk. ALES (pH 11.65-11.66, ORP (-869)-(-879) mV) ile yıkama, ardından	Kalıntı ATP ve protein tespit edilememiştir.	Yu, 2014.

		25°C'de 10 dk. ASES (pH 2.38-2.40, ORP 1166-1169 mV, SKK: 82.6-84.6 ppm) ile sanitasyon		
Kümes hayvanları için plastik taşıma kafesleri	<i>S. enteritidis</i>	20-80 sn. ZASES (pH: 6.15-6.56, SKK: 0-90 ppm, ORP: 398.7-835.4 mV), ZASEW (pH: 6.49-6.56, SKK: 10-90 ppm, ORP: 798.5-835.4 mV) spreylene + UV uygulama	En az 70 sn'lik ZASES (90 ppm) + UV uygulaması ile %100 <i>S. enteritidis</i> inaktivasyonu sağlanmıştır.	Zang ve ark., 2019

Çeşitli mikroorganizma süspansiyonları üzerine de elektrolize su ile yapılan çalışmalar mevcuttur. Tablo 5'te bu çalışmalara bazı örnekler verilmiştir.

Tablo 5. Mikroorganizma Süspansiyonları Üzerinde Elektrolize Su ile Yapılan Bazı Çalışmalar

Ürün	İncelenen parametre	UYGULAMA	SONUÇ
<i>E. coli</i> , <i>S. typhimurum</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. cerevisiae</i> , <i>B. cereus</i>	60 dk. ASES (pH 2.5; ORP >1150 mV) ile muamele	10-40 dk.'lık uygulama ile <i>B. cereus</i> harici tüm bakteriler inhibe edilmiştir.	Jung ve ark., 1996.
<i>E. coli</i>	UV ile scan edilen ZAES (pH: 5.58-6.23, SKK: 0.35-14.3 ppm, ORP 869-1048 mV) ve ASES uygulamaları (pH 2.5-3.74, SKK: 1.3-24.5 ppm, ORP 1019-1134 mV)	ASES ile inaktivasyon sağlanmış ve klor bazlı dezenfektanlara alternatif olarak önerilmiştir.	Hao ve ark., 2012.
<i>E. coli</i> O157:H7, <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> ve <i>S. typhimurium</i>	ZASES (pH 6.30, ORP 500 mV, SKK: 5 ppm) ve ASES (pH 2.6, ORP 110 mV, SKK: 50 ppm) uygulaması (Süre 1, 3, 5, 7 ve 10 dk. ve sıcaklık 4, 15, 23, 35 ve 50°C)	Bakteri sayılarında uygulama türüne göre 1.7 – 6.6 log azalma saptanmıştır.	Rahman ve ark., 2010.
<i>S. enteritidis</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>E. coli</i> O157:H7	4 °C ve 23 °C'de 0, 5, 10 ve 15 dk.; 35 °C'de 0,2,4 ve 6 dk. ve 45 °C'de 0, 1, 3 ve 5 dk. ASES ile muamele ASES: pH 2.36-2.48; ORP 1.151-1.160 mV; SKK: 43-86.3 ppm	4 °C ve 23 °C'de 5 dk.'lık uygulama ile tüm patojenlerde yaklaşık 7 log azalma, 10 dk. sonunda tamamen inhibisyon; 45 °C'de 1 dk. ve 35 °C'de 2 dk. ile 7 log azalma sağlanmıştır.	Venkitanarayan ve ark., 1999
<i>E. aerogenes</i> , <i>S. aureus</i>	ASES (pH: 2.53-3.18; ORP: 1116-1178 mV; SKK: 11.3-53.1 ppm) ile muamele	Bakteri sayılarında ≥ 9 log azalma saptanmıştır.	Park ve ark., 2002a.
<i>B. cereus</i>	30 dk. Ultrason ve 30 ppm'lik AEW uygulaması	Bakteri spor sayılarında 2.29 log azalma sağlanmıştır.	Lv ve ark., 2020.

3. Sonuç

Gerek toplu tüketim yerlerinde gerekse ambalajlanarak piyasaya sunulan kullanıma ya da tüketime hazır sebze-meyve gibi ürünlere etkin bir dezenfeksiyon işlemi uygulanması gıda güvenliği açısından oldukça önemlidir. Bunun yanı sıra et, balık, yumurta vb. gibi hayvansal gıdaların üretimi esnasında ve satışı öncesinde uygun dezenfektan çözeltilerle dekontamine edilmesi, ayrıca her türlü gıda üretim alanlarının ve gıdayla temas eden ekipman ya da yüzeylerin dekontaminasyonu da gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli basamaklardır. Bu dezenfeksiyon uygulamaları ile gıdaların başlangıç mikroorganizma yükü önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Elektrolize su günümüzde bu amaçla yaygın olarak kullanılmaya başlanan ve başarılı sonuçlar alınan modern dezenfektanlardan biridir. Ancak bakteri sporları ve makro parazitler üzerinde etkinliği sınırlı olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla her türlü gıda üretim ya da satış tesislerinde %100 güvenli gıdaya ulaşmayı amaçlayan entegre bir gıda güvenliği sisteminin (ISO 22000 vb.) gerektirdiği önlemler alınmalı; İyi Hijyen Uygulamaları (GHP) ve İyi Üretim Uygulamaları (GMP) gerekliliklerine uyulmalıdır.

Kaynakça

- Aksoy, A., (2003). Bazı taze sebzeler ve çiğ tavuk etinde yüzey dekontaminasyonu uygulamalarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- 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.
- Anonim, (2018a). <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/180726>. Erişim tarihi: 21.04.2020
- Anonim, (2018b). <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/sp.efsa.2018.EN-1448>. Erişim tarihi: 22.04.2020

- Anonim, (2018c). http://www.drinktech.net/makaleler/elektrolize-su-ve-cesitlerinin-gidalarda-ve-gida-sektorunde-kullanimi_55.html. Erişim tarihi: 22.04.2020
- Anonim, (2011). Güvenli ve kaliteli su ürünleri üretiminde uygulanan son teknolojiler 1. <http://www.dunyagida.com.tr/haber.php?nid=2031>. Erişim tarihi: 26.03.2015
- Anonim, (2012). Gıdalarda ve su ürünlerinde atımlı ışık ve elektrolize okside su uygulamaları. <http://www.gidateknolojisi.com.tr/haber/2012/10/gidalarda-ve-su-urunlerinde-atimli-isisik-ve-elektrolize-okside-su-uygulamaları>. Erişim tarihi: 22.04.2020
- Appleton, H. (2000). Control of Food-borne Viruses, British Medical Bulletin, 56 (1), 172-183.
- Arya, R., Bryant, M., Degala, H.L., Mahapatra, A.K., (2018). Effectiveness of a low-cost household electrolyzed water generator in reducing the populations of *Escherichia coli* K12 on inoculated beef, chevon, and pork surfaces, Journal of Food Processing and Preservation, 2018;e13636.
- Athayde, D.R., Flores, D.R.M., Silva, J.S., Silva, M.S., Genro, A.L.G., Wagner, R., Campagnol, P.C.B., Menezes, C.R., Cichoski, A.J., (2018). Characteristics and use of electrolyzed water in food industries, International Food Research Journal, 25(1): 11–16.
- Buck, J.W., Iersel, M.W., Oetting, R.D. and Hung, Y.C., (2003). Evaluation of acidic electrolyzed water for phytotoxic symptoms on foliace and flowers of bedding plants, Crop Protection, 22, 73-77.
- Choi, S.Y., Cho, M.A., Hong, Y.P., (2008). Effects of washing treatments with different components on removal of pesticide residues and microorganisms in 'fuji' apples, Korean Journal of Horticultural Science Technology, 26(3), 251-257.
- Fabrizio, K.A., Cutter, C.N., (2004). Comparison of electrolyzed oxidizing water with other antimicrobial interventions to reduce the pathogens on fresh pork. Meat Sci. 68, 463-468.
- Graca, A., Nunes, C., Salazar, M. (Editör: Erkan, M; Aksoy, U.), (2010). Efficacy of neutral and acidic electrolyzed water for reducing microbial contamination on fresh-cut fruits. VI International Postharvest Symposium, Acta Horticulturae, 877, 649-655.
- Günaydın, M., Esen, Ş., Yanık, K., Ünal, N., Karadağ, A., Odabaşı, H., Birinci, A., (2012). Süper Okside Suyun Çeşitli Mikroorganizmalara Karşı In-vitro Etkinliğinin Araştırılması, 1. Sterilizasyon Ameliyathane Dezenfeksiyon (SAD) Sempozyumu The Anatolian Hotel, Gaziantep, 3-6 Ekim 2012.
- Hao, J., Wuyundalai, Liu H., Chen, T., Zhou, Y., Su, Y.C., Li, L., (2011). Reduction of pesticide residues on fresh vegetables with electrolyzed water treatment, Journal of Food Science, 76(4), 520-524.
- Hao, J., Qiu, S., Li, H.Y., Chen, T.P., Liu, H.J., Li, L.T., (2012). Roles of hydroxyl radicals in electrolyzed oxidizing water (EOW) for the inactivation of *Escherichia coli*. International Journal of Food Microbiology, 155(3): 99-104.
- Haondojo, A., Lee, J., Hipp, J., Pascall, M.A., (2009). Efficacy of electrolyzed water and an Acidic Formulation Compared with Regularly Used Chemical Dezenfektans for Tableware Sanitization during Mechanical and Manual Ware-Washing Protocols. Journal of Food Protection, 72(6):1315-1320.
- Hati, S., Mandal, S., Minz, P.S., Vij, S., Khetra, Y., Singh, B.P., Yadav, D., (2012). Electrolyzed oxidized water (EOW): non-thermal approach for decontamination of food borne microorganisms in food industry. Food and Nutrition Sciences, 3, 760-768.
- Hayta, E., (2014). Elektrolize suyun kiraz kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye.
- Hricova, D., Stephan, R., Zweifel, C., (2008). Electrolyzed water and its application in the food industry. Journal of Food Protection, 71(9):1934-1937.
- 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.
- Huang YR, Hung YC, Hsu SY, Huang YW, Hwang DF., (2008). Application of electrolyzed water in the food industry. Food Control 19, 329-345.
- Izumi, H., (1999). Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables, Journal of Food Science, 64, 2, 536-539.
- İplikçiöğlü Çil, G., Demirel, Y. N., Şireli, U.T., (2012). Inactivation of *Salmonella typhimurium* on poultry meat by electrolyzed water, Vet Hekim Der Derg 83(2): 48-53.
- Jung, S.W., Park, K.J., Park, B.I. and Kim, Y.H., (1996). Surface sterilization effect of electrolyzed acid-water on vegetable, Korean Journal of Food Science and Technology, 28, 6, 1045-1051.
- Kim, C., Hung, Y.C., Brackett, R.E. and Frank, J.F., (2001). Inactivation of *Listeria monocytogenes* biofilms by electrolyzed oxidizing water, Journal of Food Processing Preservation, 25, 91-100.
- Kiura, H., Sano, K., Morimatsu, S., Nakano, T., Morita, C., Yamaguchi, M., Maeda, T. and Katsuoka, Y., (2002). Bacteriocidal activity of electrolyzed acid water from solution containing sodium chloride at low concentration, in comparison with that at high concentration, Journal of Microbiological Methods, 49, 285-293.
- Koseki, S., Yoshida, K., Isobe, S. and Itoh, K., (2001). Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water, Journal of Food Protection, 64, 5, 652-658.
- Koseki, S., Fujiwara, K. and Itoh, K., (2002). Decontaminative effect of frozen acidic electrolyzed water on lettuce, Journal of Food Protection, 65, 2, 411-414.
- 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.
- Koseki, S., Itoh, K., (2001a). Prediction of microbial growth in fresh-cut vegetables treated with acidic electrolyzed water during storage under various temperature conditions, Journal of Food Protection, 64, 12, 1935-1942.
- Koseki, S., Itoh, K., (2001b). The effect of acidic electrolyzed water on the quality of cut vegetables, Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology, 48, 5, 365-369.
- Külekçi, G., (2005) Klor verici dezenfektanların kullanım ilkeleri hangi şartlarda, hangi amaçlarla kullanılır? Türevleri nelerdir? 4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, sayfa 207-219.

- Len, S. V., Hung, Y. C., & Chung, D. (2002). Effects of storage conditions and pH on chlorine loss on electrolyzed oxidizing (EO) water. *J. of Agric. Food Chem.*, 50 209–212.
- Lv., R., Muhammed, A.I., Zou, M., Yu, Y., Fan, L., Zhou, J., Tian, D., Ye, X., Guo, M., Liu, D., (2020). Hurdle enhancement of acidic electrolyzed water antimicrobial efficacy on *Bacillus cereus* spores using ultrasonication, *Applied Microbiology and Biotechnology*, <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10393-6>.
- Lyu, F., Gao, F., Zhou, X., Zhang, J., Ding, Y., (2018). Using acid and alkaline electrolyzed water to reduce deoxynivalenol and mycological contaminations in wheat grains, *Food Control*, 88, 98-104.
- 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.
- Millioğlu, Ö., (2006). Elektrolize suyun *Vicia faba L.* üzerine genotoksik etkisinin kontrolü. Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, Türkiye.
- Monnin A., Lee J., Pascall M. A., (2012). Efficacy of neutral electrolyzed water for sanitization of cutting boards used in the preparation of foods, *Journal of Food Engineering*, 110, 541-546.
- 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.
- Özer, C.O., Kılıç, B., (2012). Et endüstrisinde elektrolize yükseltgen su uygulaması, 11. Türkiye Gıda Kongresi, 10-12 Ekim, Hatay.
- Palotás, P., Palotás Jr., P., Jonas, G., Lehel, J., Friedrich, L., (2020). Preservative Effect of Novel Combined Treatment with Electrolyzed Active Water and Lysozyme Enzyme to Increase the Storage Life of Vacuum-Packaged Carp, *Hindawi Journal of Food Quality*, Article ID 4861471, <https://doi.org/10.1155/2020/4861471>.
- Park, H., Hung, Y. C. and Kim, C., (2002a). Effectiveness of electrolyzed water as a dezenfektan for treating different surfaces, *Journal of Protection*, 65, 8, 1276-1280.
- Park H, Hung YC, Brackett RE., (2002b). Antimicrobial effect of electrolyzed water for inactivating *Campylobacter jejuni* during poultry washing. *Int J of Food Microbiol*, 72 (1-2): 77-83.
- Poçan, H.B., Karakaya, M., Ulusoy, K., (2011). Elektrolize suyun gıda endüstrisinde kullanımı. *Gıda*, 36 (3):169-176.
- Poçan, H.B., 2012. Elektrolize suyun sığır ve tavuk etlerinin bazı emülsiyon karakteristikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Rahman, S. M. E., Ding, T., Oh, D.H., (2010). Effectiveness of low concentration electrolyzed water to inactivate foodborne pathogens under different environmental conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 139(3): 147-153.
- Rahman, S. M. E., Khan, I., Oh, D.H., (2016). Electrolyzed water as a novel sanitizer in the food industry: current trends and future perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.*, 15, 471-490.
- Rivera-Garcia, A., Santos-Ferro, L., Ramirez-Orejuel, J.C., et al., (2019). The effect of neutral electrolyzed water as a disinfectant of eggshells artificially contaminated with *Listeria monocytogenes*. *Food Sci Nutr.*,7:2252– 2260.
- Serraino, A., Veronese, G., Alonso, S., Matera, R., Lugoboni, B., Giacometti, F., (2010). Bactericidal activity of electrolyzed oxidizing water on food processing services. *Italian Journal of Food Science*, 22(8):222-228.
- Sharma, R.R., Demirci, A., (2002). Treatment of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds and sprouts with electrolyzed oxidizing water, *International Journal of Food Microbiology*, 2676, 1-7.
- Sung, J.M., Kwon, K.H., Kim, J.H., Jeong, J.W., (2011). Effect of washing treatments on pesticide residues and antioxidant compounds in Yuja (*Citrus junos Sieb ex Tanaka*). *Food Sci. Biotechnol.*, 20(3): 767-773.
- Turantaş, F., Ersus-Bilek, S., Sömek, Ö., Kuşçu, A., (2018). Decontamination effect of electrolyzed water washing on fruits and vegetables, *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 7(4), 337-342.
- 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.
- Wang, J.J., Lin, T., Li, J.B., Liao, C., Pan, Y.J., Zhao, Y., (2014a). Effect of acidic electrolyzed water ice on quality of shrimp in dark condition. *Food Control* 35, 207–212.
- Wang, X. Demirci, A., Puri, V.M., (2016). Electrolyzed Oxidizing Water for Food and Equipment Decontamination, *Handbook of Hygiene Control in the Food Industry*, chapter 34, 503-520.
- Xiong, K., Liu, HJ., Li, LT., (2012). Product identification and safety evaluation of aflatoxin B-1 decontaminated by electrolyzed oxidizing water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(38): 9770-9778.
- Yang, H., Swem B.L., 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.
- Yoshida, K., Achiwa, N., ve Katayose, M., (2004). Application of electrolyzed water for food industry in Japan, *Specialized Engineering Dept., Hoshizaki Electric Co., Ltd.*, 3-16 Minamiyakata, Sakae, Toyoake, Aichi, 470-1194.
- Yu, Y., (2014). Evaluation of electrolyzed water for clean-in-place of dairy processing equipment, Yüksek Lisans Tezi. The Pennsylvania State University The Graduate School, College of Agricultural Sciences, Pensilvanya, ABD.
- Yudin, R., Zuniga, M., ; Vergara, J., Edited by:Arauz, LF; Fonseca, JM; Hewett, EW., (2011). Revisiting the use of electrolyzed water as a fresh produce dezenfektan. *International Conference on Postharvest and Quality Management of Horticultural Products of Interest for Tropical Regions, Acta Horticulturae*, 906, 225-233.
- Zang, Y.T., Bing, S., Li, Y.J., Shu, D.Q., (2019). Application of slightly acidic electrolyzed water and ultraviolet light for *Salmonella enteritidis* decontamination of cell suspensions and surfaces of artificially inoculated plastic poultry transport coops and other facility surfaces, *Poultry Science Association Inc.*, 1-7.