

## Meyve Sebze İşlemede Elektrolize Yükseltgen Su Uygulamaları

Hacer PİŞKİN<sup>1</sup>, Alper KUŞÇU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü  
hacerpiskin@mynet.com (sorumlu yazar)

Özet

Gıdalar aracılığıyla taşınan hastalık etmeni mikroorganizmaların yok edilerek gıda güvenliğinin sağlanması ve insan sağlığı açısından güvenli ve kaliteli bir ürün elde edilebilmesi için gıdaların yüzeyine uygulanacak olan dezenfeksiyon işlemi önemli bir basamaktır.

Taze meyve ve sebzelerin yüzeyindeki mikrobiyal yükün azaltılmasında başta klorlu bileşikler olmak üzere insan sağlığı açısından risk oluşturabilecek birçok kimyasal kullanılmaktadır. Bu kimyasal ajanların aşındırıcı ve kanserojen etkilerinin olması, pahalı olması, duyuusal kayıplara neden olması gibi birçok dezavantajından dolayı yeni teknolojilerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu kapsamda; etkili dezenfeksiyon sağlama, güvenilir olması, kullanımının kolay olması, üretimi sırasında sadece tuz kullanıldığı için sağlığa ve çevreye olumsuz bir etkisinin bulunmaması ve ucuz olması gibi avantajlarıyla elektrolize yükseltgen su (EYS) uygulaması, son yıllarda geleneksel dezenfeksiyon yöntemlerine alternatif olarak ortaya çıkan termal olmayan bir uygulama olarak kabul edilmektedir. Isısal bir işlem olmadığı için koku, tat, içerik gibi kalite parametrelerinde de değişikliğe yol açmadığı bilinmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Elektrolize su, klor, meyve, sebze, dezenfeksiyon

## Applications of Electrolyzed Oxidizing Water in Fruit and Vegetable Processing

Abstract

The disinfection process to be applied to the surface of the food is an important step to ensure food safety by destruction of pathogenic microorganisms which are transported via foods and to obtain safety and quality food in terms of human health.

Many chemicals especially chlorinated compounds that may pose a risk to human health, are used in reducing microbial growth on the surface of fresh fruits and vegetables. The development of new technology was needed because of corrosive and carcinogenic effects of this chemical agents, to be expensive, the many disadvantages such as to cause sensory loss. Oxidizing water application that is a non-thermal application, is accepted alternative method to traditional disinfection methods in recent years because of more advantages as providing effective disinfection, being reliable, easy to use, having not a negative influence on health and the environment because of only salt used during the production and cheap. It is known that this application is not caused changes parameters such as smell, taste and quality because of is not a thermal treatment.

**Keywords:** Electrolyzed water, chlorine, fruit, vegetable, disinfection

### 1. Giriş

Taze veya minimal düzeyde işlenmiş sebze ve meyveler, dünya çapında geniş ölçüde tüketilen önemli bir besin kaynağıdır. Ayrıca bu ürünler sağlıklı bir diyet için de önemlidir. Ancak gıda güvenliği konusunda farkındalığın artmış olmasına rağmen, bu gıdalarla ilgili gıda kaynaklı salgın hastalıklar da sürekli artmaktadır. Bu taze ürünlerdeki kontaminasyon sudan, havadan, topraktan, böceklerden, ekipmandan veya çalışanların ekipmanı yanlış kullanımından kaynaklanabilmektedir. Kontaminasyonun önlenmesi için taze ürünlerin yüzeyine uygulanacak olan dezenfeksiyon işlemi önemli bir basamaktır (Meireles vd., 2016).

Taze meyve ve sebzelerin yüzeyindeki mikrobiyal yükün azaltılmasında başta klorlu bileşikler olmak üzere insan sağlığı açısından risk oluşturabilecek birçok kimyasal dezenfektan kullanılmaktadır. Klor, klor dioksit, iyodoforlar, yüzey aktif bileşikler, kuarternler amonyum bileşikleri, amfoterik bileşikler, hidrojen peroksit, peroksiasetik asit, ozon, asetik asit ve laktik asit, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan dezenfektanlardır (Poçan vd., 2011).

Taze kesilmiş ürünler sanayinde dezenfektan olarak klor kullanımı; kloroform ve diğer trihalometanlar, kloraminler ve haloasetik asitler gibi toksik maddeleri oluşturma potansiyelinden dolayı birçok Avrupa ülkesinde yasaklanmıştır. Bu nedenle dezenfeksiyon için farklı alternatif

metodlar araştırılmaya devam edilmektedir (Meireles vd., 2016). Son yıllarda geleneksel dezenfeksiyon yöntemlerine alternatif olarak ortaya çıkan termal olmayan bir uygulama olarak kabul edilen EYS'nin; gıda işlemede kullanılan eldivenler, kesme tahtaları, kümes hayvanlarının karkasları, karides, balık eti, sığır eti, domuz eti, yumurta ile marul, armut, elma, şeftali, domates, çilek gibi meyve ve sebzelerin yüzey dezenfeksiyonu için etkili bir antimikrobiyal ajan olduğu gösterilmiştir (Huang vd., 2008; Baysal ve İçier, 2012; Ötleş ve Önal, 2015; Rahman vd., 2016).

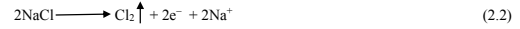
## 2. Kaynak Özetleri

### 2.1. Elektrolize Yükseltgen Suyun Üretimi

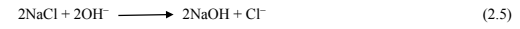
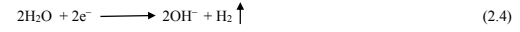
EYS kavramı ilk olarak Rusya'da ortaya çıkmasına rağmen, geniş ölçüde Japonya'da medikal kurumlarda farklı amaçlarla kullanılmaktadır (Rahman vd., 2016). 1980'lerin ortalarından beri Japonya'da medikal ürün olarak kullanımı sertifikalandırılmış olup ilk elektrolize su formu asidik türde geliştirilerek çiğ balıklarda duyuusal özellikleri değiştirmeden bakteri ve parazitlerin yok edilmesinde yararlı olduğu bulunmuştur (Hati vd., 2012). Japon bilim adamlarınca geliştirilmiş ve fonksiyonel su olarak sınıflandırılmış olan EYS; tuz ilave edilen çeşme suyunun elektrolize edilmesiyle oluşan iki tip çözeltiden bir tanesidir (Huang vd., 2008; Baysal ve İçier, 2012). Tuz ve su karışımı EYS'nin üretileceği jeneratöre pompalanır. Jeneratörden akım geçmesi sağlanarak elektrotlar arasında voltaj oluşturulur. Karışım anot ve katotun membranla ayrıldığı bir elektrolitik hücreden geçirilir (Huang vd., 2008; Baysal ve İçier, 2012). Anot, yükseltgenmenin (yani elektron verme olayının) gerçekleştiği elektrottur. Katot ise, indirgenmenin (yani elektron alma olayının) gerçekleştiği elektrottur. Şekil 1'de görüldüğü gibi elektrotlara verilen voltajla birlikte sodyum klorür (NaCl) suda çözünür ve pozitif ve negatif yüklü iyonlara ayrışır. Seyreltilmiş tuz çözeltisindeki klorür (Cl<sup>-</sup>) ve hidroksil (OH<sup>-</sup>) gibi negatif yüklü iyonlar anota giderek oksijen gazı (O<sub>2</sub>), klor gazı (Cl<sub>2</sub>), hipoklorit iyonu (ClO<sup>-</sup>), hipokloröz asit (HOCl) ve hidroklorik asit (HCl) oluştururken (2.1, 2.2, 2.3); hidrojen (H<sup>+</sup>) ve sodyum (Na<sup>+</sup>) gibi pozitif yüklü iyonlar ise, katota giderek sodyum hidroksit (NaOH) ile hidrojen gazını (H<sub>2</sub>) oluştururlar (2.4, 2.5) (Keiji Kumon, 1997; Huang vd., 2008; Poçan vd., 2011; Hati vd., 2012; Rahman vd., 2016).

Elektrolize su üretiminde tuz olarak NaCl kullanılması sodyum hipoklorit (HOCl) oluşmasından dolayı önemlidir. Çünkü sodyum hipokloritin tüm patojenler üzerinde dezenfektan etkisi olduğu için elektrolize suyun da dezenfektan etkisi artmış olur (Poçan vd., 2011).

#### Pozitif Kutup



#### Negatif Kutup

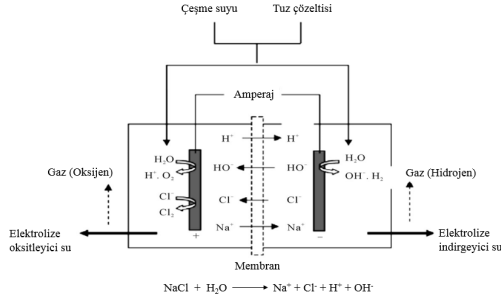


Yapılan çalışmalarda; anotta üretilen çözeltinin, düşük pH'ya (2,3 - 2,7) ve yüksek oksidasyon-redüksiyon potansiyeline (ORP > 1000 mV) sahip, yüksek çözünmüş oksijen ve serbest klor (10-80 ppm) içeren EYS'nin mikroorganizmalar üzerinde sterilize edici etkisi olduğu; aynı şekilde katotta üretilen, yüksek pH'ya (10,0 - 11,5) ve düşük oksidasyon-redüksiyon potansiyeline (ORP = (-800) -(-900) mV arası) sahip, alkali minerallerce zengin, yüksek çözünmüş hidrojen içeren elektrolize indirgen suyun ise organik bileşikler uzaklaştırıcı etkisi olduğu görülmüştür (Keiji Kumon, 1997; Kuşçu ve Pazır, 2006; Huang vd., 2008; Baysal ve İçier, 2012; Hati vd., 2012; Ötleş ve Önal, 2015).

EYS; asit elektrolize su, güçlü asidik elektrolize su veya elektrolize olmuş güçlü asit çözeltisi olarak da bilinmekte ve bakteriyel dezenfektan olarak kullanılabilir (Huang vd., 2008; Poçan vd., 2011; Baysal ve İçier, 2012; Ötleş ve Önal, 2015). Ayrıca klinik olarak birçok enfeksiyonu önlemede de kullanılmaktadır (Keiji Kumon, 1997).

Elektrolize indirgen su ise; alkali elektrolize su veya bazik elektrolize su olarak da bilinmekte ve mutfak aletleri gibi araçlardan kir ve yağ uzaklaştırmada temizleyici çözelti olarak kullanılabilir (Huang vd., 2008; Baysal ve İçier, 2012). Evcil hayvanlardaki parazitlerin uzaklaştırılması, yemeklerin kısa sürede pişirilmesi, çay ve kahvenin suya daha hızlı şekilde karışması ve renk vermesi, alkolün etkisinin vücuttan daha kısa sürede atılması, alınan gıdaların vücut tarafından daha kolay emilmesi, balık gibi kokulu gıdaların kokularının uzaklaştırılması, et ve sert sebzelerin pişirilmesi gibi amaçlarla alkali elektrolize su kullanılmaktadır (Poçan vd., 2011; Ötleş ve Önal, 2015).

Son zamanlarda birçok araştırmacı çalışmalarında EYS ve elektrolize indirgen suyun yanısıra pH'sı 7-8 ve oksidasyon-redüksiyon potansiyeli 750-900 mV olan nötral elektrolize su (NEW)'dan bahsetmektedir (Rahman vd., 2016). Eğer elektrolize sisteminde anot ve katot bir membran ile ayrılmamışsa; oluşan sanitize edici su nötral elektrolize su olarak adlandırılmaktadır. Nötral elektrolize su, genellikle asidik ve alkali elektrolize suyun karıştırılmasıyla elde edilmektedir (Pinto vd., 2015; Meireles vd.,



**Şekil 1.** Elektrolize su oluşumu (Huang vd., 2008; Hati vd., 2012).

**Figure 1.** Formation of electrolyzed water

2016). İki çözelti klor konsantrasyonu 150-180 ppm olan hipokloröz çözeltisi oluşturacak şekilde tankta karıştırılmaktadır. Yıkama denemeleri sırasında bu çözeltinin serbest klor içeriği dozaj pompası vasıtasıyla 30-40 ppm civarına ayarlanarak kullanılmaktadır (Machado vd., 2016). Bu sistemde membran olmaması kirlilik oluşumunu önlediği için avantajlı bir metottur. İki çözeltinin karışımı olan nötral elektrolize su, asit elektrolize sudan daha stabildir. Çözelti nötr pH'ya sahip olduğu için ürünün renk ve görüntüsünde değişikliğe neden olmamaktadır (Meireles vd., 2016).

## 2.2. Elektrolize Yükseltgen Suyun Avantaj ve Dezavantajları

EYS üretimi sırasında sadece NaCl ilave edildiği ve tehlikeli kimyasallar ilave edilmediği için kullanıcılara ve çevreye olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır. Yani insan vücuduna zararlı değildir ve çevre dostudur (Poçan vd., 2011; Ötleş ve Önal, 2015). Tehlikesi daha fazla olan glutaraldehit, sodyum hipoklorit ve asetik asit uygulamalarına kıyasla çok daha etkili ve daha ucuzdur (Baysal ve İçier, 2012). Dezenfeksiyon süreci daha kısadır ve kullanımı kolaydır (Huang vd., 2008). Asıl avantajı güvenilir bir dezenfektan olmasıdır (Hati vd., 2012). Güçlü bir asit olmasına rağmen HCl ve sülfirik asit ( $H_2SO_4$ ) gibi aşındırıcı değildir. Cilde, mukoz membranlara ve organik maddelere zarar vermez (Poçan vd., 2011; Hati vd., 2012). Diğer yandan sodyum hipoklorit güçlü toksisiteye sahiptir. Kuluçhanelerde dezenfektan olarak kullanılan formaldehit gazı ve glutaraldehit insanlar ve hayvanlar için zehirleyici olabilmektedir. Ayrıca bu kimyasallar çevreye de zarar vermektedir (Huang vd., 2008; Baysal ve İçier, 2012). Isısal olmayan bir işlemle mikrobiyal inaktivasyon sağlandığı için duyuşsal kayıplar olmaz (Ötleş ve Önal, 2015). EYS üretimi için kullanılan ekipmanların işletim maliyetleri düşüktür (Poçan vd., 2011). Bu uygulamada klor kalıntısı olmadığı belirtilmektedir (Kuşçu ve Pazır, 2006; Ötleş ve Önal, 2015).

EYS'nin birçok avantajının yanısıra dezavantajları da bulunmaktadır. Elektroliz sonucu elde edilen  $H^+$ , HOCl ve  $Cl_2$  sürekli üretilmezse oluşan EYS antimikrobiyal aktivitesini hızlı bir şekilde kaybedeceği için bu bir dezavantajdır (Huang vd., 2008; Hati vd., 2012; Rahman vd., 2016). EYS'nin bakterisidal etkisi, çözünmüş oksijen gazının buharlaşması ve HOCl bozunması ile oluşan  $Cl_2$  kaybı nedeniyle azalmaktadır. Bu bir dezavantajdır. Bu sorunun çözümü için; karanlıkta muhafaza ve suyun buz haline dönüştürülmesi gibi araştırmalar devam etmektedir (Baysal ve İçier, 2012). Güçlü asitlik değeri ve serbest klor içeriğine bağlı olarak klor gazı emisyonu, metal korozyonu ve sentetik reçine degradasyonu gibi problemler ortaya çıkabileceği konusundaki araştırmalar devam etmektedir (Huang vd., 2008; Hati vd., 2012). Ortamdaki organik maddelerden etkilenmektedir. Organik maddelerle temas ettiğinde, musluk suyu veya ters ozmoz yöntemiyle elde edilen sularla karıştırıldığında tekrar normal su haline dönmektedir (Kuşçu ve Pazır, 2006; Poçan vd., 2011; Hati vd., 2012). EYS genellikle üretildiği noktada kullanılmaktadır (Kuşçu ve Pazır, 2006).

## 2.3. Sebze İşlemede Elektrolize Yükseltgen Suyun Kullanımı

EYS; *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*, *Escherichia coli O157:H7*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella Thypimurium*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *Enterobacter aerogenes* ve *Vibrio parahaemolyticus* gibi mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etkiye sahiptir (Poçan vd., 2011).

Domates yüzeyine *E. coli O 157:H7* inokulasyonu yapıldıktan sonra EYS ve klorun inaktivasyon etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada; EYS'nin klordan daha etkili olduğu ve duyuşsal olarak renk, tat ve görünüşte işlem görmemiş domates ile aynı değerlere sahip olduğu belirtilmiştir (Kuşçu ve Pazır, 2006).

Taze kesilmiş sebze ürünleri, proses basamaklarında kullanılan doğrayıcı ve dilimleyicilerin mikrobiyal kontaminasyona açık olmasından dolayı bozulmaya oldukça duyarlıdır. Yapılan bir araştırma, EYS'nin taze kesilmiş havuç, dolmalık biber, ıspanak, Japon turbu ve patateslerin yıkanmasında kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Önceden kesilmiş bu ürünlere, pH'sı 6.8 olan ve  $20 \text{ mg l}^{-1}$  serbest klor içeren EYS daldırma veya durulama şeklinde uygulandığında  $0.6 - 2.6 \text{ log}$  bakteri yükünde azalma görülmüştür.  $50 \text{ mg l}^{-1}$  klor içeren EYS'nin, 15 veya  $30 \text{ mg l}^{-1}$  klor içerene göre daha güçlü bakterisidal etki gösterdiği ve bu uygulamanın taze doğranmış ürünlere pH'yı, rengi ve genel görünümü etkilemediği görülmüştür (İzumi, 1999; Huang vd.,

2008).

Taze kesilmiş kişnişler ile yapılan bir çalışmada, kişnişler önce ozonlu su ile 5 dakika yıkandıktan sonra bunu takiben pH'sı 2.45 ve ORP'si 1130 mV olan ve 16.8 mg l<sup>-1</sup> serbest klor içeren EYS ile 5 dakika boyunca yıkadıklarında başlangıç mikrorganizma sayısında etkili bir azalma olduğu ve depolama boyunca mikrobiyal üremede yavaşlama olduğu tespit edilmiştir. (Huang vd., 2008).

Farklı serbest klor konsantrasyonlarına sahip (5, 25, 50, 100 mg l<sup>-1</sup>) EYS'nin pasif atmosfer paketleme ile birlikte kullanımının mantar kalitesine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, 25mg l<sup>-1</sup> ve 50 mg l<sup>-1</sup> serbest klor konsantrasyonuna sahip EYS'nin modifiye atmosferde paketleme ile kombine kullanımının mantarların raf ömrünü uzatabileceği belirtilmiştir. Ayrıca bu iki konsantrasyonun tekstürel özellikleri korumada en iyi konsantrasyonlar olduğu, ağırlık kaybının ise en az olduğu bildirilmiştir. EYS uygulanmamış örneklerle karşılaştırıldığında en yüksek serbest klor konsantrasyonunda (100 mg l<sup>-1</sup>) EYS uygulanırsa bile herhangi bir zararlı etki olmadığı çalışmanın bildirilen diğer bir sonucudur (Aday, 2016).

Park vd. (2008), yeşil soğan ve domateslere *E.coli* O157:H7, *S.Typhimurium* ve *L.monocytogenes* karışımı inokule ettikleri çalışmalarında, ürünlere oda sıcaklığında asidik elektrolize su (AC-EW), alkali elektrolize su (AK-EW), alkali elektrolize suyu takiben asidik elektrolize su (AK-EW + AC-EW), deiyonize suyu takiben asidik elektrolize su (DW + AC-EW) ve kontrol grubu olarak deiyonize su (DW) ile 15 saniye, 30 saniye, 1 dakika, 3 dakika ve 5 dakika yıkama işlemi uygulamışlardır. Mikroorganizmalardaki azalmaya göre uygulamalar karşılaştırıldığında en etkili uygulamanın asidik elektrolize su uygulaması olduğunu ve sıralamanın AC-EW > DW + AC-EW ≈ AK-EW + AC-EW > AK-EW > DW şeklinde olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma; asidik elektrolize su ile durulamanın, ürünlerin duyuşal özelliklerini etkilemeden taze soğan ve domateslerin yüzeylerindeki bu üç patojen mikroorganizmanın varlığını kontrol altında tutmada etkili bir metod olduğunu ortaya çıkarmıştır ve taze ürünlerin yüzeylerinin dekontaminasyonunda potansiyel bir uygulama olduğunu göstermiştir.

Çin'de yetişen tatlı patatesten EYS'nin kullanımının enzimatik esmerleşme üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; musluk suyu, asit elektrolize su ve nötral elektrolize su ile yapılan uygulamaların sonuçları karşılaştırılmıştır. 24 saat sonunda ölçüm yapıldığında polifenol oksidaz ve peroksidaz aktivitelerinin durduğu, gallik asit ve klorojenik asit cinsinden fenolik asit içe-

riği EYS'de musluk suyuna ve nötral elektrolize suya göre daha yüksek olduğu, depolama boyunca en yüksek toplam fenolik içerik nötral elektrolize su ile muamele edilenlerde iken en yüksek flavonoid içeriği ise asidik elektrolize su ile muamele edilenlerde olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar tarafından EYS'nin, esmerleşmeyi önleyici yararlı bir inhibitör olduğu belirtilmiştir (Jia vd., 2015).

Börülcedeki 6 tane pestisit kalıntısının uzaklaştırılmasında alkali elektrolize suyun etkisinin incelendiği çalışmada alkali elektrolize suyun; musluk suyu, % 5 NaCl, % 5 sodyum karbonat (NaCO<sub>3</sub>), % 5 asetik asit çözeltilerine göre daha etkili olduğu belirtilmiştir. En iyi sonucun PH'sı 12.2 olan alkali elektrolize su ile 45 dakika yıkama işlemi ile elde edildiği ve yapılan işlemle isoprocab, chlorpyrifos, bifenthrin, betacypermethrin, difenoconazole ve azoxystrobinin sırasıyla %85, %58, %48, %55, %69 ve %75 oranında azaldığı bildirilmiştir (Han vd., 2016).

Zhang vd. (2016), tohum ıslatma ve filizlenme aşamasında turp tohumundaki ve filizindeki doğal mikroflorayı azaltmak için EYS kullanımının etkisi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada; turp tohumlarını 12 saat süreyle ıslatmak için farklı klor konsantrasyonlarında (15, 20, 28, 33 ve 40 mg l<sup>-1</sup>) ve farklı pH değerlerinde (2.5, 3.5, 4.5, 5.5, ve 6.5) EYS kullanılmış ve kalan toplam aerobik koloni sayısı ile maya ve küf sayısına bakıp çimlenme oranı belirlenmiştir. Diğer yandan 30 ve 50 mg l<sup>-1</sup> klor konsantrasyonuna sahip EYS sprey olarak tohum filizlenmesi boyunca filizlere uygulanmış ve EYS'nin antimikrobiyal etkisi ile filizlerin hem uzunluğu hem de brüt ve kuru ağırlığı değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarında; EYS'nin klor konsantrasyonunu arttıkça doğal mikrofloranın azalmakta olduğu fakat tohumları ıslatmada kullanılan EYS'nin farklı pH'larda olmasının önemli bir farklılık yaratmadığı belirtilmiştir. Tohumların filizlenmesinde spreyleme olarak 30 ve 50 mg l<sup>-1</sup> klor konsantrasyonuna sahip EYS kullanıldığında toplam aerobik bakteri yükünde 1.39 log, maya ve küf yükünde ise 1.58 log azalma olduğu ve kullanılan elektrolize suyun filiz boylarını, brüt ve kuru ağırlığı iyileştirdiği bildirilmiştir. Bu çalışmada, düşük klor konsantrasyonuna (15 mg l<sup>-1</sup>) ve yaklaşık nötral pH'ya (PH:6.5) sahip EYS'nin 12 saat süreyle tohum ıslatmada kullanıldığında mikroorganizmalarda azalma olduğunu ve çimlenme oranı biraz arttırdığını belirtmişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada da EYS'nin, çimlenme ve sporlanma üzerine etkileri araştırılmıştır. 2.5, 3.5 ve 4.5 pH'daki EYS kullanıldığında *Sphaerotheca fuliginea* sporlanması engellenmekte fakat 1 N HCl ile pH'sı ayarlanan distile su ile bu durum engellenememektedir. Ancak her iki yöntem de konidial çimlenmeyi etkile-



memektedir. Aynı çalışmada; ORP'si 1100 mV'un üzerinde olan EYS salatalık yapraklarına spreyleme şeklinde 3 gün ve 7 gün aralıklarla uygulandığında, küllerme hastalığı şiddetinin sırasıyla % 8.5 ve % 19.2 civarında olduğu sonucu çıkmıştır. Standart kontrol için triflumizole kullanıldığında %3 civarında olan bu değer, bitki tedavi edilmediğinde birden % 45.8'e çıkmaktadır. (Lee vd., 2000)

#### 2.4. Meyve İşlemede Elektrolize Yükseltgen Suyun Kullanımı

Meyvelerde hasat sonrası çürüme olayı meyve endüstrisinde ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Huang vd. (2008) tarafından yapılan derlemede meyvelerin yüzey sterilizasyonu ile ilgili olarak EYS'nin şeftalilerde çürümeyi engellediği ve diğer sıvı sterilantlara alternatif olarak kullanılabilirliği bildirilmiştir. Yine aynı derlemede 200 mg l<sup>-1</sup> ve 444 mg l<sup>-1</sup> serbest klor içeren EYS'nin domateslerin yüzeyindeki *E.coli O157:H7*, *Salmonella enteritidis* ve *L.monocytogenes* popülasyonlarını duyuşal kaliteyi etkilemeksizin önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada; farklı klor konsantrasyonlarına sahip (25, 50, 100, 200, 300, 400 mg l<sup>-1</sup>) elektrolize suların hasat sonrası kirazların pH, paket içi gaz konsantrasyonu, toplam suda çözünür kuru madde, su aktivitesi, ağırlık kaybı, renk, antosiyanin içeriği, duyuşal özellikler ve çürüme oranı gibi kalite özelliklerini nasıl etkilediği ve kirazların raf ömrünü uzatmada farklı konsantrasyonlardaki elektrolize suların etkileri araştırılmıştır. 25, 50 ve 100 mg l<sup>-1</sup> konsantrasyonundaki elektrolize suların 20 gün boyunca depolama sırasında tazeliği ve kaliteyi korumada en etkili olduğu, 200 mg l<sup>-1</sup> konsantrasyonunun üzerindeki elektrolize suya maruz kalan kirazlarda istenmeyen fizikokimyasal değişiklikler oluştuğu bildirilmiştir. Bu nedenle 100 mg l<sup>-1</sup>'nin altındaki konsantrasyonlardaki elektrolize suyun, gıda sanayinde alternatif çevre dostu dezenfektan olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir (Hayta ve Aday, 2015).

Al-Haq vd. (2005) tarafından yapılan derlemede su kaynaklı patojenlerin kontrolü için narenciye mikro sulama sistemi içerisine asit elektrolize su enjekte edildiğinde; *Phytophthora spp*, *Fusarium spp* ve alglerin hepsinin öldüğü, nematodların suda 50 µg ml<sup>-1</sup> serbest klor seviyesine direnebildiği ve tarlada yetişen bitkilerde klor kaynaklı fitotoksitenin gözlemlenmediği belirtilmiştir. Sera çalışmaları sonucunda, 200 µg ml<sup>-1</sup> ile 500 µg ml<sup>-1</sup> arasındaki uygulama seviyelerinin topraktaki *Phytophthora propagüllerini* önemli ölçüde azalttığı ve bazı durumlarda da patojenleri yok ettiği bildirilmiştir.

#### 2.5. Elektrolize Yükseltgen Suyun Diğer Alanlardaki Kullanımı

EYS; et ve et ürünleri sektöründe temizlik ve dezenfeksiyon amaçlı kesim tahtaları, duvarlar, zemin, üretim alanları, araçlar ve ekipmanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca EYS ile büyükbaş hayvanların kesim sonrasında karkaslarının yıkılarak kontaminasyonun önlenmesi, kesim ortamının ve alet-ekipmanların dezenfeksiyonu, kanatlı hayvan yemlerinin dezenfekte edilmesi sağlanmaktadır (Poçan vd., 2011).

Huang vd. (2008) yapmış oldukları derlemede; pH'sı 2.57, yükseltgenme indirgenme potansiyeli 1082 mV olan ve 50 mg l<sup>-1</sup> serbest klor içeren EYS kullanılarak 100 rpm'lik 30 dakika karıştırma işlemi uygulananan bir çalışmada, kanatlı etlerindeki *Campylobacter jejuni* miktarında 3 log azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Yine aynı derlemede; pH'sı 2.1, yükseltgenme indirgenme potansiyeli 1150 mV olan ve 8 mg l<sup>-1</sup> serbest klor içeren EYS elektrostatik püskürtme ile uygulandığında yumurta kabuklarının yüzeyindeki *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*'in tamamen elimine edilebildiği bildirilmiştir.

Başka bir çalışmada çiğ somon etindeki bakterilerin inaktivasyonu için; pH'sı 2.6, yükseltgenme indirgenme potansiyeli 1160 mV olan ve 90 mg l<sup>-1</sup> serbest klor içeren EYS 35°C ve 64 dakika uygulandığında *E.coli* miktarında 1.07 log azalma, *L.monocytogenes* miktarında 1.12 log azalma olduğu belirtilmiştir (Poçan vd., 2011).

Tarım, dişçilik, tıp, ilaç ve gıda endüstrisinde bir dezenfektan olarak kullanımının dışında EYS (pH 4-6); yıpranmış kuru ciltlerin eski nemli haline gelmesinde, saç diplerindeki kepeğin önlenmesi, yaraların temizlenmesi, akne ve egzamaların iyileştirilmesi, hemoroit tedavisinde, ayaklarda oluşan mantarların iyileştirilmesinde, sivilcelerin giderilmesinde, mide spazmı ve ülser gibi mide rahatsızlıklarının tedavisinde kullanılmaktadır (Poçan vd., 2011).

### 3. Sonuç

'Ready-to-use' veya 'fresh cut vegetables' olarak ta adlandırılan taze sebzeler (marul, kereviz, maydanoz, yeşil biber, havuç v.b.) hazırlanışları kolay olduğu ve çok fazla işlem gerektirmediği için, atıklarının çok fazla olmaması nedeniyle tüketiciler ve hazır yemek kuruluşları tarafından sıklıkla tercih edilmektedir (Pinto vd., 2015). Dolayısıyla bu tip gıdaların kullanılmadan önce uygun bir şekilde temizlik ve dezenfeksiyonunun yapılması insan sağlığı açısından önem arz etmektedir.

Gıda sanayinde kaliteli ve güvenli bir ürün elde edilmesinde çevre ve çalışanların temiz ve sağlıklı olmasının yanısıra işletmelerdeki alet-ekipman ve tüm yüzeylere etkili bir temizlik ve dezenfeksiyon yapılması da gerekmektedir. Hammaddenin işleme girişinden son ürün elde edilmesine kadar çeşitli şekillerde mikrobiyal bulaşma olabilir. Bundan dolayı mikroorganizma kontaminasyonunun önlenmesinde temizlik ve dezenfeksiyonun önemli bir rolü bulunmaktadır. Gıda sanayinde kullanılan dezenfektanların olumsuz özelliklerinden dolayı son zamanlarda farklı dezenfeksiyon yöntemleri tercih edilmektedir.

EYS üretimi sırasında tuz dışında herhangi bir kimyasal kullanılmadığı için çevreye ve insanlara zararının olmaması, ucuz, etkili ve güvenilir bir dezenfeksiyon yöntemi olması, kullanımının kolay olması, aşındırıcı olmaması, duyuşsal kayıplara neden olmaması gibi avantajlı özelliklerinden dolayı öne çıkan ısı olmayan yeni alternatif bir dezenfeksiyon yöntemi olarak görülmektedir. Ancak EYS antimikrobiyal etkinliğini hızla kaybettiği için sürekli elektroliz ile  $H^+$ , HOCl ve  $Cl_2$  üretimini gerektirmesi, organik maddelerle temas ettiğinde tekrar normal su haline dönmesi, genellikle üretildiği yerde kullanılabilmesi gibi bazı dezavantajlarının ortadan kaldırılmasıyla daha sık kullanılan bir dezenfeksiyon yöntemi olacağı düşünülmektedir.

#### Kaynaklar

Aday M, 2016. Application of Electrolyzed Water for Improving Postharvest Quality of Mushroom. LWT-Food Science and Technology, 68:44-51.

Al-Haq MI, Sugiyama J, Isobe S, 2005. Applications of Electrolyzed Water in Agriculture & Food Industries. Food Science and Technology Research, 11(2):135-150.

Baysal T, İçier F, 2012. Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler. Nobel Yayınları, Ankara, 331-382.

Han Y, Song L, An Q, Pan C, 2016. Removal of Six Pesticide Residues in Cowpea with Alkaline Electrolysed Water. Erişim Tarihi: 17.10.2016. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.8043/epdf>

Hati S, Mandal S, Minz PS, Vij S, Khetra Y, Singh BP, 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, Aday M, 2015. The Effect of Different Electrolyzed Water Treatments on the Quality and Sensory Attributes of Sweet Cherry During Passive Atmosphere Packaging Storage. Postharvest Biology and Technology, 102:32-41.

Huang YR, Hung YC, Hsu SY, Huang YW, Hwang DF, 2008. Application of Electrolyzed Water in the Food Industry. Food Control, 19:329-345.

İzumi H, 1999. Electrolyzed Water as a Disinfectant for Fresh-cut Vegetables. Journal of Food Science, Vol 64(2):536-539.

Jia GL, Shi JY, Song ZH, Li FD, 2015. Prevention of Enzymatic Browning of Chinese Yam (*Dioscorea* spp.) Using Electrolyzed Oxidizing Water. Journal of Food Science, Vol 80(4):C718-28.

Keiji Kumon MD, 1997. What is Functional Water?. International Society for Artificial Organs, 21(1):2-4.

Kuşçu A, Pazır F, 2006. Gıda İşlemede Elektrolize Yükseltgen Su Uygulaması. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.

Lee YH, Cha KH, Ko SJ, Park IJ, Park BI, Seong KY, 2000. Evaluation of Electrolyzed Oxidizing Water as a Control Agent of Cucumber Powdery Mildew. The Plant Pathology Journal, 16(4): 206-210.

Machado L, Meireles A, Fulgêncio R, Mergulhão F, Simões M, Melo LF, 2016. Disinfection with Neutral Electrolyzed Oxidizing Water to Reduce Microbial Load and to Prevent biofilm Regrowth in the Processing of Fresh-cut Vegetables. Food and Bioprocess Processing, 98:333-340.

Meireles A, Giaouris E, Simões M, 2016. Alternative Disinfection Methods to Chlorine for Use in the Fresh-cut Industry. Food Research International, 82:71-85.

Ötleş S, Önal B, 2015. Elektrolize Suyun Önemi ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı. Erişim Tarihi: 17.10.2016. <http://www.dunyagida.com.tr/kose-yazisi/elektrolize-suyun-onemi-ve-gida-endustrisinde-kullanimi/1211>

Park EJ, Alexander E, Taylor GA, Costa R, Kang DH, 2008. Fate of Foodborne Pathogens on Green Onions and Tomatoes by Electrolyzed Water. Journal Compilation - The Society for Applied Microbiology, Letters in Applied Microbiology, 46:519-525.

Pinto L, Ippolito A, Baruzzi F, 2015. Control of Spoiler *Pseudomonas spp.* on Fresh-cut Vegetables by Neutral Electrolyzed Water. Food Microbiology, 50:102-108.

Poçan HB, Karakaya M, Ulusoy K, 2011. Elektrolize Suyun Gıda Endüstrisinde Kullanımı. Gıda, 36 (3):169-176.

Rahman S, Khan I, Oh DH, 2016. Electrolyzed Water as a Novel Sanitizer in the Food Industry: Current Trends and Future Perspectives. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Vol 15(3):471-490.