



GIDA ENDÜSTRİSİNDE DARBELİ ELEKTRİK ALAN UYGULAMALARI

A.Kemal SEÇKİN*

Ezgi ÖZGÖREN*

ÖZET

Son yıllarda, gıdaların duyuşal özelliklerinin ve besin değerlerinin korunması için ısısal olmayan yeni koruma teknolojileri geliştirilmiştir. Bu teknolojilerden birisi de darbeli elektrik alan uygulamalarıdır. Darbeli elektrik alan uygulamaları birçok gıda çeşidi üzerinde uygulanmıştır. Gıdaların duyuşal, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra raf ömrü üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca bu teknolojinin mikroorganizmalar üzerine ve enzim aktivitesine de etkilerinin olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Darbeli elektrik alan, gıda koruma, ısısal olmayan gıda koruma yöntemleri, DEA, modern gıda koruma yöntemleri.

PULSED ELECTRIC FIELDS TREATMENT IN FOOD INDUSTRY

ABSTRACT

In recent years, new non-thermal preservation technologies were developed for the protection of sensory properties and nutritional value of foods. Pulsed electric fields treatment is the one of these technologies. Pulsed electric fields applications were used on many types of food. Besides the sensory, physical and chemical properties of food; the impact on shelf life were investigated. In addition, it was also seen that this technology has an impact on microorganisms and enzymatic activity.

Keywords: Pulsed electric fields, food protection, non thermal food preservation methods, PEF, modern preservation techniques.

1.GİRİŞ

Tüketicilerin az işlem görmüş, duyuşal özellikleri ve besin değeri açısından taze gıdalara benzer ürünlere olan taleplerinin artmasıyla birlikte ısısal olmayan gıda koruma ve işleme tekniklerine olan ilgi artmıştır (Knorr 2002). Isısal olmayan gıda koruma teknolojilerinden biri de darbeli elektrik alan uygulamasıdır (Devlieghere 2004).

Darbeli elektrik alan (DEA) uygulaması gıdaların pastörizasyon ve sterilizasyonunda kullanılan ısısal olmayan bir uygulamadır. Bu sistemde kısa süreli(1-10 μ s) yüksek elektrik alan vurguları (20-80 kV/cm)

*Yrd.Doç.Dr.Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü-MANİSA
email: kemal.seckin@bayar.edu.tr

ile uygulanan gıdanın kimyasal ve fiziksel karakteristiklerinde modifikasyona neden olmaksızın mikroorganizmaların inaktive edilmesi sağlanmaktadır (Pizzichemi 2007). DEA'nın sürekli sistem olarak çalıştırılması mümkündür. Besin ögesi ve vitamin kaybı diğer yöntemlere göre daha azdır. Bu sistemde işlem görmüş gıdanın organoleptik özellikleri taze gıdayla büyük benzerlik gösterir. Sporların asitli gıdalarda bulunması zor olduğu için bu tür gıdalara etkili şekilde uygulanabilir. Spor içeren gıdalara da diğer koruma teknolojileriyle kombine bir şekilde uygulama olanağına sahiptir. Örneğin nisin ve organik asitler gibi antimikrobiyal bileşiklerin varlığı, su aktivitesinin artırılması ve hafif bir sıcaklık uygulaması ile DEA'nın birlikte uygulanması işlemin etkinliğini artırır. DEA'nın sadece sıvı gıdalara uygulanabilmesi ve etkinliğinin gıdanın elektrik iletkenliğine bağlı olması yöntemin dezavantajı olarak kabul edilmektedir (Devlieghere 2004).

Tüketici beklentileri gıdaların daha az ısı işlem görmesi yönünde yoğunlaşmaktadır. Tüketicinin bu beklentilerine paralel olarak gıda teknolojisi de bu yönde gelişmektedir. Darbeli elektrik alan uygulaması gıda işlemede yeni teknolojiler içinde yerini almaktadır. Bu derleme çalışmasında yöntemin avantaj ve dezavantajlarının ortaya konulması açısından çeşitli gıdalar üzerinde yapılan çalışmalarla birlikte sistemin çalışma prensibinin açıklanması bu sistemin daha iyi anlaşılması açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

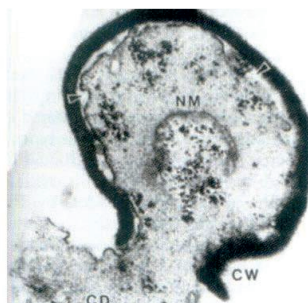
2. Darbeli Elektrik Alan Sisteminin Gelişimi

Gıdalarda elektrik uygulamalarının ilk kullanımı 1900'lerde başlamıştır. Başlangıçta elektrikle pastörizasyonda örneklerin sıcaklıkları elektriksel dirençle artırılarak mikroorganizmaların inaktivasyonu sağlanmaya çalışılmıştır. Bu konuda ilk çalışmalar süt örnekleri üzerinde yapılmıştır (Bendicho 2002). Beattie (1915) ve Beattie ve Lewis (1925) elektrik gücüyle sütü işlemek için bir ekipman dizayn edip, süte 3000-4000 V gerilim uygulamışlardır. Sonuç olarak bu gerilimin mikroorganizmalar üzerinde öldürücü etkiye sebep olduğunu ispat etmişlerdir.

1960'larda uygulama geliştirilmiştir. Kısa zamanlı çok kuvvetli elektrik akımı uygulaması ile hücre zarı boyunca doğal basınç değişimi sağlanmıştır. Uygulanan akım belirli bir kritik değeri aştığı zaman hücre duvarında yırtılmanın meydana geldiği gözlenmiştir. Hücre duvarının yırtılmasından sonra işlem devam ettirildiğinde ise hücre zarında delikler meydana gelmiştir. Bu işleme elektroporasyon adı verilir (Singh 2001; Pizzichemi 2007). Elektroporasyon sonucu hücre yapısının Şekil 1'deki gibi olduğu tespit edilmiştir (www.divtecs.com/data/File/papers/PDF/pef_07_web.pdf)



Kontrol hücresi



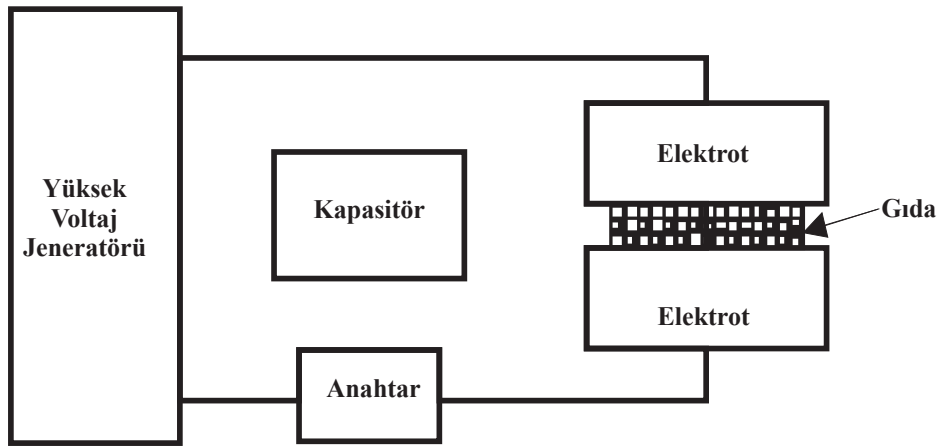
Vurgulu Elektrik Alan uygulaması yapılmış hücre

Şekil 1. Darbeli Elektrik Alan uygulaması yapılmış ve yapılmamış hücrenin yapısı.

Elektroporasyonda bu deliklerin nasıl meydana geldiği tam açıklanamamıştır. Sale ve Hamilton (1968) ile Zimmerman (1986) bu olayı bir teoriyle açıklamışlardır. Bu teoriye göre dışarıdan uygulanan bir elektrik alan kuvvetinin transmembran potansiyelinde artışa ve membran kalınlığında azalışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Hücre zarının viskoelastik gücü elektrik alanının yol açtığı sıkıştırma gücüne karşı koyar. Vurgu birden fazla uygulandığında ikinci güç ilkenden daha hızlı etkisini gösterir ve membranda bölgesel hasara yol açar. Elektrik alanının kuvveti ve vurgu genişliği arttırılırsa, büyük ve geri dönüşümsüz delikler meydana gelir. Bu delikler de hücrenin yıkımına yol açmaktadır.

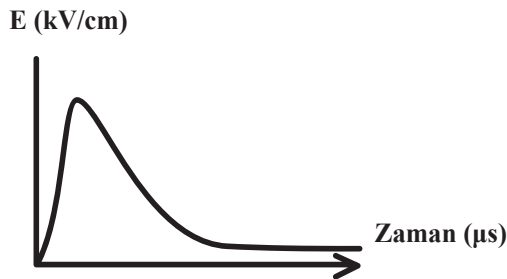
3.Darbeli Elektrik Alan Sistemi

DEA sisteminin basitleştirilmiş şematik dizaynı Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu sistemin başlıca parçaları; yüksek voltaj jeneratörü, anahtar, kapasitör ve elektrotlardır (Singh 2001).

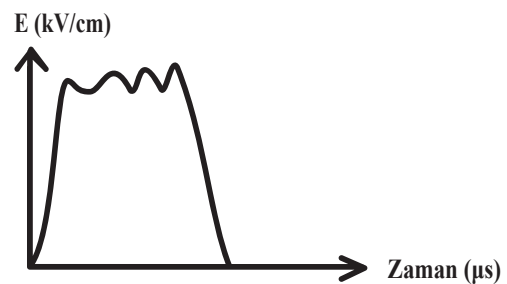


Şekil 2. Basitleştirilmiş darbeli elektrik alan sistemi dizaynı .

DEA uygulamasında mikrobiyal inaktivasyon; elektrik alan kuvvetine, işlem zamanına, vurgu sayısına ve vurgu tipine bağlıdır. İki tür vurgu tipi vardır. Bunlar; üstel vurgu ve kare vurgudur. Şekil 3'te gösterilen kare vurguda, gerilim aniden tepe noktasına kadar yükseltilir burada bir süre tutulduktan sonra hızlı bir şekilde hemen hemen sıfır değerine kadar düşürülür. Şekil 4'te gösterilen üstel vurguda ise gerilim aniden yükseltilir yüksek gerilimde hiç tutulmadan yavaş yavaş düşürülür. Üstel vurgu bakteri inaktivasyonu açısından fazla etkili değildir ve aşırı sıcaklık artışına neden olur. Kare vurguda ise üstel vurgu kadar sıcaklık artışı gözlenmez (Singh 2001; Picart 2003).



Şekil 3. Kare vurgu



Şekil 4. Üstel vurgu

DEA işlemi genelde koaksiyel oda diye adlandırılan ve temel olarak 2 koaksiyel (eş eksenli) silindir ile içte birçok dirençle uyumlu taşınabilir elektrottan meydana gelen bölümde gerçekleştirilir. Sistemde bulunan silindirlerin içte olanı yüksek voltaj jeneratörüne, dışta olanı ise toprağa bağlıdır. Sistem sıcaklığının kontrolü ve sızdırmazlığın sağlanması için soğutma sistemi dizayn edilmiştir. Özdirenci bilinen bir sıvı kullanıldığı zaman içteki elektrotun pozisyonu ile işlem sıvısının özdirenci arasındaki ilişkiden yararlanılarak sistem kalibre edilir (Pizzichemi 2007).

4. Darbeli Elektrik Alan Uygulamasının Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri

DEA ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve bu uygulamanın mikroorganizmalar üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Genellikle, gram-pozitif vejetatif hücrelerin gram-negatiflere göre DEA uygulamasına daha dirençli olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında mayaların bu uygulamaya bakterilerden daha fazla duyarlı olduğunu belirtilmiştir (Devlieghere 2004). Grahl ve Märkl (1996)'a göre bunun nedeni maya hücrelerinin çaplarının bakteri hücrelerine göre daha büyük olmasıdır. Büyük çaptaki hücrelerin, küçük çaplı hücrelere göre daha düşük elektrik alan kuvvetinde inaktive edilebileceği tespit edilmiştir. Bunun yanında Grahl ve Märkl (1996) sütte yaptıkları çalışmalarda yağ partiküllerinin bakterileri elektrik alan kuvvetine karşı koruduğunu belirtmişlerdir. García ve ark. (2005)'nin gram pozitif bakteriler (*Bacillus subtilis*, *Listeria monocytogenes*, *Lactobacillus plantarum*, *Staphylococcus aureus*) ile gram negatif bakteriler (*Escherichia coli*, *E. coli* O157:H7, *Salmonella seftenberg* 775W, *Yersinia enterocolitica*) üzerinde yaptıkları çalışmalarda uygulamanın verimliliğinin, bakterinin hücre şekli büyüklüğü gibi mikrobiyal karakteristiklerinden çok uygulama ortamının pH'sına bağlı olduğunu tespit etmişlerdir. Büyük hücreler küçüklerden, yuvarlak şekilliler çubuk şekilli hücrelerden her zaman DEA uygulamasına daha duyarlı olmayabilir aynı şekilde gram pozitif bakteriler de her zaman gram negatif bakterilere göre DEA uygulamasına daha dayanıklı olmayabilir. *L. monocytogenes*'in pH 7.0'de oldukça dayanıklı olmasına karşın pH 4.0'de DEA uygulamasına duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca pH 4.0'deki uygulamaya karşı en dayanıklı bakterilerin gram negatiflerden *E. coli* O157:H7 ve *S. seftenberg* olduğunu belirlemişlerdir.

Ardı ardına DEA uygulaması mikroorganizmaları işleme dirençli hale getirebilir. Yapılan çalışmalarda uygulamanın vejetatif hücreler üzerindeki etkisinin yanında sporlar üzerinde sınırlı bir etkiye yol açtığı bildirilmiştir (Devlieghere 2004).

5. Gıda Endüstrisinde Darbeli Elektrik Alan Uygulamaları

Son yıllarda DEA uygulamasıyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmalara göre besin değeri ve duyuşal özelliklerinde çok az değişim olması ya da hiç değişiklik olmamasına rağmen sporlar ve patojen mikroorganizmalar üzerindeki en etkili inaktivasyonun süt ile meyve ve sebze sularında uygulandığı tespit edilmiştir.

5.1.Süt ve süt ürünlerinde darbeli elektrik alan uygulamaları: Dunn ve Pearlman (1987), pastörize süte 8.1×10^6 cfu/ml *Escherichia coli* inoküle edilip 42.8 kV'ta 23 vurgu sayısında DEA işlemi uygulamışlardır. Uygulama sonucunda mikroorganizma sayısında 3 logaritmik birim azalma meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Fernández-Molina (2001), yağsız pastörize süte *Listeria innocua* (1.2×10^9) ya da *Pseudomonas fluorescens* (3.8×10^7) inoküle edilip 200 µs atım genişliğinde ve 50 kV/cm elektrik

ya da *Pseudomonas fluoresces* (3.8×10^7) inoküle edilip 200 μ s atım genişliğinde ve 50 kV/cm elektrik alan kuvvetinde işlem uyguladıklarında bu bakterilerde 2.6-2.7 logaritmik birim azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Yu ve ark. (2009), 50 °C'de, 30 kV/cm elektrik alan kuvvetinde ve 120 vurgu sayısında DEA uygulaması yapmış sütteki patojen sayısında 5 logaritmik birim azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir. Dutreux ve ark. (2000), yağsız pastörize süte *E. coli* inoküle edip 37 °C'de 41 kV/cm elektrik alan kuvvetinde ve 63 vurgu sayısında DEA uygulaması yapmışlardır. Uygulamanın sonunda *E. coli* miktarında yaklaşık 5 logaritmik birim azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Sensoy ve ark.(1997), yağsız süte *Salmonella dublin* inoküle edip 50 °C ve 30 °C'de 25 kV/cm elektrik alan kuvvetinde ve 100 vurgu sayısında DEA uygulamışlardır. *Salmonella dublin* miktarında 50 °C'deki işlemde 2 logaritmik birim, 30 °C'de 1 logaritmik birim azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir.

Qin ve ark. (1995) DEA işlemi uygulanmış sütlerin fiziksel ya da kimyasal özelliklerinde ve duyuşal karakteristiklerinde herhangi bir değişime neden olmadan buzdolabı koşullarında iki haftadan daha uzun süre muhafaza edilebileceğini kanıtlamışlardır. Diğer taraftan Sepulveda ve ark.(2003) DEA'nın hafif bir ısı ile işlemle beraber uygulanmasının daha etkili bir koruma metodu olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu konuda yaptıkları çalışmalarda iki metodun kombinasyonu ile elde edilen sütlerin kalitelerinde herhangi bir değişim olmadan raf ömürlerinin 4 haftadan daha uzun sürelere uzatılabildiğini tespit etmişlerdir.

Sepulveda-Ahumade ve ark. (2000) ısı ile işlem görmüş süttten, DEA (35 kV/cm elektrik alan kuvvetinde ve 30 vurgu sayısında) işlemi uygulanmış süttten ve işlem görmemiş süttten Cheddar peyniri üretmişlerdir. Pastörize edilmiş süttlerden yapılan peynirlerin işlem görmemiş süttten yapılan peynire göre daha sert olduğunu belirtmişlerdir.

DEA uygulamasının mikrobiyolojik açıdan kalitenin korunmasının yanında teknolojik açıdan da bir takım avantajlar sağladığı tespit edilmiştir. Rennet koagülasyon zamanının kısalığı iyi bir jel oluşumunun ve yüksek jel kuvvetinin göstergesidir. Yu ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada 20 kV/cm ve 30 kV/cm elektrik alan kuvvetinde 18-50 °C'de DEA uyguladıkları süttlerin rennet koagülasyon zamanını pastörize süttünkiyle karşılaştırmışlardır. 20 kV/cm elektrik alan kuvvetindeki tüm sıcaklıklarda işlem uygulanan süttlerin rennet koagülasyon zamanlarının pastörize süttünkünden düşük olduğunu, 30 kV/cm elektrik alan kuvvetindeki örneklerden ise 45 °C'den düşük sıcaklıklarda işlem uygulanmış olanların rennet koagülasyon zamanlarının pastörize süttünkine göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmaya göre 30 kV/cm'den düşük elektrik alan kuvvetinde ve 50 °C'den düşük sıcaklıklarda DEA uygulamasının peynir yapımında pastörizasyona alternatif olarak kullanılabileceğinin göstergesidir.

DEA uygulaması mikrobiyal inaktivasyonun yanında enzimlerin inaktive edilmesinde de kullanılır. Süttteki alkali fosfataz, peroksidaz, lipaz ve proteazın inaktivasyonu üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Süttteki alkali fosfataz ısı ile pastörizasyonun yeterliliğinin göstergesidir. Castro ve ark.(2001) yağsız, %2 yağlı ve tam yağlı süttte DEA uygulamasıyla alkali fosfataz inaktivasyonunu araştırmışlardır. 18.8 kV/cm elektrik alan kuvvetinde ve 70 vurgu sayısında alkali fosfataz miktarında yağsız süttte %65'in üzerinde azalma tespit edilirken, %2 yağlı süttte ve tam yağlı süttte %59 düzeyinde azalma tespit etmişlerdir. Grahl ve Märkl (1996) DEA'nın peroksidaz ve lipaz üzerindeki etkilerini araştırmışlardır.

Süte 21.5 kV/cm elektrik alan kuvvetinde ve 20 vurgu sayısının üzerinde DEA işlemi uygulamışlardır. Peroksidazda yaklaşık %30, lipazda ise yaklaşık %60 inaktivasyonun meydana geldiğini belirlemişlerdir. DEA'nın diğer bir süt enzimi olan proteaz üzerindeki etkileri Vega-Mercado ve ark. (2001), tarafından araştırılmıştır. Yağsız süte 14-15 kV/cm elektrik alan kuvvetinde ve 98 vurgu sayısında DEA işlemi uygulanmasıyla proteaz enziminde %60 inaktivasyonun meydana geldiğini gözlemlemişlerdir.

5.2.Meyve ve sebze suyunda darbeli elektrik alan uygulamaları: Liang ve ark. (2002), pastörize portakal suyuna (pH 3.8) ve taze sıkılmış portakal suyuna (pH 4.1) 45 °C'de 90 kV/cm elektrik alan kuvvetinde ve 50 vurgu sayısında DEA işlemi uygulamışlar ve sonucunda *Salmonella typhimurium* miktarında pastörize portakal suyunda 2.2, taze sıkılmış portakal suyunda 0.24 logaritmik birim azalmanın meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Cserhalmi ve ark. (2002), elma suyunda yaptıkları çalışmada *Bacillus cereus* sporlarının 20 kV/cm gücündeki elektrik alanında ve 10 vurgu sayısındaki hafif bir DEA uygulaması için dirençli olduklarını tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda bakteri sporlarının sayısında 1 logaritmik birim azalma gözlemlendiğini kaydetmişlerdir.

Heinz ve ark. (2003) elma suyu (pH 3.4) ve üzüm suyuna (pH 3.3) *E. coli*, *Rh. rubra*, *A. niger*, *L. rhamnosus*, *L. innocua* ilave edip DEA uygulamasıyla bu mikroorganizmaların inaktivasyonlarını incelemişlerdir. 55 °C'de 34 kV/cm elektrik alan kuvvetinde DEA uygulandığında; elma suyundaki *E. coli*'de 6.2, *Rh. Rubra*'da 6.5, *A. niger*'de 4.3, *L. rhamnosus*'da 4.9, *L. innocua*'da 4.3 logaritmik birim azalma gözlenirken, üzüm suyundaki *E. coli*'de 6.4, *Rh. Rubra*'da 5.4, *A. niger*'de 4.6, *L. rhamnosus*'da 4.6 logaritmik birim azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Cortés ve ark. (2006), portakal suyuna DEA ve ısısız pastörizasyon uygulayarak karotenoid içeriğindeki ve A vitamini içeriğindeki değişimleri araştırmışlardır. 90 °C'de 20 sn pastörizasyon uygulamasının karotenoid içeriğinde taze portakal suyuna göre %12.6 düzeyinde azalmaya neden olduğu, bunun yanında 25, 30 ve 40 kV/cm elektrik alan kuvvetinde DEA uygulaması yapılan örneklerde sırasıyla %9.6, %6.4 ve %7.8 azalmanın meydana geldiğini tespit etmişlerdir. A vitamini içeriğinde pastörizasyonun taze portakal suyuna göre %15.6 azalmaya neden olduğunu, 25, 35 ve 40 kV/cm elektrik alan kuvvetinde DEA uygulamasında ise sırasıyla %11.1, %13.9 ve %9.9 azalmanın meydana geldiğini belirtmişlerdir. DEA uygulamasında A vitamini açısından en iyi sonucun %6'lık azalma ile 30 kV/cm elektrik alan kuvvetinde meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Riener ve ark. (2008) elma suyuna kare vurgulu DEA işlemi uygulayıp peroksidaz ve polifenol oksidaz inaktivasyonunu gözlemlemişlerdir. Bu uygulamada 72 °C'de 26 saniye pastörizasyon uygulamasıyla, DEA uygulamasını karşılaştırmışlardır. Pastörizasyonda polifenol oksidaz miktarında %46, peroksidaz miktarında %48 inaktivasyonun meydana geldiğini, 50 °C'de 40 kV/cm elektrik alan kuvvetinde DEA uygulamasında ise polifenol oksidaz miktarında %71, peroksidaz miktarında %68 inaktivasyonun

meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Elez- Martiez ve ark. (2005), portakal suyuna 35kV/cm elektrik alan kuvvetinde ve 1500 µs DEA uygulamasıyla peroksidazın tamamen inaktive olduğunu gözlemlemişlerdir.

Corrales ve ark. (2008) doğal antioksidan ya da renklendirici olarak kullanılan antosiyaninlerin üzümünden ekstraksiyonuna 70 °C'deki ısı ile DEA uygulaması, yüksek basınç ve ultrasonik uygulamanın kombinasyonun etkilerini araştırmışlardır. Bunun sonucunda ekstraktın antioksidan aktivesinde; 3 kV/cm elektrik alan kuvvetinde DEA uygulamasıyla 4 kat, 600 MPa'lık yüksek basınç uygulamasıyla 3 kat ve 35 KHz'lık ultrasonik uygulamasıyla 2 kat artış olduğunu tespit etmişlerdir.

5.3.Diğer gıdalardaki darbeli elektrik alan uygulamaları: Darbeli elektrik alan uygulaması süt ve meyve sebze sularının dışında sıvı yumurta ve alkollü içeceklerle de rahatlıkla uygulanabilmektedir. Jeanted v e ark.(1999) yumurta beyazına *Salmonella enteritidis* ilave etmişler ve 35 kV/cm elektrik alan kuvvetinde DEA uygulaması yapmışlardır. Dokuz üstel vurgu sonucunda *S. enteritidis* sayısında 3.5 logaritmik birim azalma meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Martin-Belloso ve ark.(1997) sıvı yumurtaya *E. coli* inoküle edip 400 µs işlem zamanında ve 26 kV/cm elektrik alan kuvvetinde DEA uygulamışlardır. Uygulamanın sonucunda *E. coli* miktarında 6 logaritmik birim azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Amiali va ark. (2007) yumurta sarısına 10⁸ cfu/ml *E.coli* ve *S. enteritidis* inoküle etmişlerdir. 40 °C'de 30 kV/cm elektrik alan kuvvetinde DEA uygulamışlar ve mikroorganizmaların sayısında 5 logaritmik birim azalma meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Góngora-Nieto ve ark. (2003) sıvı yumurtaya DEA uygulaması yapmışlardır. %0.15 sitrik asit içeren sıvı yumurtaya 30 kV/cm elektrik alan kuvvetinde ve 266 vurgu sayısının üzerinde DEA uygulamasının en uzun raf ömrünü sağladığını belirtmişlerdir. Bu uygulamada ürünün raf ömrünün 4 °C'de 20 güne çıkarılabileceğini tespit etmişlerdir. %0.5 sitrik asit içeren örneğe ise 30 kV/cm elektrik alan kuvvetinde 30 atım sayısında DEA uygulandığında raf ömrünün 4°C'de 30 güne kadar çıkarılabileceğini belirlemişlerdir.

Son günlerde şarap endüstrisinde görülen mikroorganizmalar büyük ekonomik kayıplara neden olan sorunları meydana getirmektedir. Bu kayıpların önlenmesi için mikroorganizmaların yok edilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Loureiro 2003). Bu çalışmalardan biri Puértolas ve ark. (2009)'ı tarafından yapılmıştır. Çalışmada şarapta bozulmaya neden olan *Dekkera anomala*, *Dekkera bruxellensis*, *Lactobacillus hilgardii* ve *Lactobacillus plantarum* üzerine 24 °C'de 10-350 kJ/kg spesifik enerji ve 16-31 kV/cm elektrik alan kuvvetinde 0-100 vurgu sayısında DEA uygulaması yapıp etkilerini araştırmışlardır. 186kJ/kg spesifik enerji ve 29 kV/cm elektrik alan kuvvetinde bozulmaya neden olan mikroorganizmalarda %99.9 oranında azalmanın meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

6.SONUÇ

Darbeli elektrik alan uygulamasının gıdaların kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerinde daha az değişime neden olması ve çok az işlem zamanı gerektirmesi gibi olumlu taraflarının yanında sadece elektrik iletkenliği olan sıvı gıdalara uygulanabilmesi gibi dezavantajları vardır. Daha fazla üründe DEA uygulaması yapıldıktan sonra kullanımının yaygınlaştırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

7.KAYNAKLAR

- Amiali M, Ngadi MO, Smith JP, Raghavan G.S.V. 2007. Synergistic effect of temperature and pulsed electric field on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* in liquid egg yolk. *Journal of Food Engineering*, 79(2): 689-694.
- Beattie J.M. 1915. Report on the electrical treatment of milk to the city of Liverpool. Tinling and Co: Liverpool:C.
- Beattie JM, Lewis F.C. 1925. The electric current (apart from the heat generated). A bacteriological agent in the sterilization of milk and other fluids. *The Journal of Hygiene*, 24:123-137.
- Bendicho S, Barbosa-Cánovas GV, Martín O. 2002. Milk processing by high intensity pulsed electric fields. *Trends in Food Science and Technology*, 13:195-204.
- Castro AJ, Swanson BG, Barbosa-Cánovas GV, Zhang Q.H. 2001. Pulsed electric field modification of milk alkaline phosphatase activity. In G.V.Barbosa-Cánovas, Q.H. Zhang (Eds.), *Pulsed electric fields in food processing. Fundamental aspects and applications*. Technomic Publishing Company Inc. Lancaster, PA.pp:65-82
- Corrales M, Toepfl S, Butz P, Knorr D, Tauscher B. 2008. Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by ultrasonics, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: A comparison. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(1):85-91.
- Cortés C, Esteve MJ, Rodrigo D, Torregrosa F, Frígola A. 2006. *Food and Chemical Toxicology*, 44: 1932-1939.
- Cserhalmi Z, Vidacs I, Beczner J, Czukor B. 2002. Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus cereus* by pulsed electric fields. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3(1): 41-45.
- Devlieghere F, Vermeiren L, Debevere J. 2004. New preservation technologies: Possibilities and limitations. *International Dairy Journal*, 14: 273-285.
- Dunn, JE, & Pearlman, J. S. 1987. Methods and apparatus for extending the shelf-life of fluid food products. US Patent No. 4,695,472.
- Dutreux N, Notermans S, Góngora-Nieto MM, Barbosa-Cánovas GV, Swanson B.G. 2000. Effects of combined exposure of *Micrococcus luteus* to nisin and pulsed electric fields. *International Journal of Food Microbiology*, 60: 147-152.
- Elez- Martiez P, Aguilo-Aguayo I, Martin-Belloso O. 2005. Inactivation of orange juice peroxidase by high-intensity pulsed electric fields as influenced by process parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1):71-81.
- Fernández-Molina, J.J. 2001. Inactivation of *Listeria innocua* and *Pseudomonas fluorescens* in skim milk treated with pulsed electric fields. In G. V. Barbosa-Cánovas, Q. H. Zhang (Eds.) *Pulsed electric fields in food processing. Fundamental aspects and applications*. Technomic Publishing Company Inc. Lancaster, PA. Pp.149-166.
- García D, Gómez N, Raso J, Pagán R. 2005. Bacterial resistance after pulsed electric fields depending on the treatment medium pH. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6: 388-395.
- Góngora-Nieto MM, Pedrow PD, Swanson BG, Barbosa-Cánovas G.V. 2003. Energy analysis of liquid whole egg pasteurized by pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering*, 57: 209-216.

- Grahl T, Märkl H. 1996. Killing of micro-organisms by pulsed electric fields. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 45:148-157.
- Heinz V, Toepfl S, Knorr D. 2003. Impact of temperature on lethality and energy efficiency of apple juice pasteurization by pulsed electric fields treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4: 167-175.
- Jaeger H, Schulz N, Karapetkov N, Knorr D. 2009. Protective effect of milk constituents and sublethal injures limiting process effectiveness during PEF inactivation of *Lb. Rhamnosus*. *International Journal of Food Microbiology*, 134: 154-161.
- Jeantet R, Baron F, Nau F, Roignant M, Brule G. 1999. High intensity pulsed electric fields applied to egg white: effect on *Salmonella enteritidis* inactivation and protein denaturation. *Journal of Food Protection*, 62(12): 1381-1387.
- Knorr D, Ade- Omowaye BIO, Heinz V. 2002. Nutritional improvement of plant foods by non-thermal processing. *Proceedings of the Nutrition Society*, 61:311-318.
- Liang Z, Mittal GS, Griffiths M.W. 2002, Inactivation of *Salmonella typhimurium* in orange juice containing antimicrobial agents by pulsed electric field. *Journal of Food Protection*, 65: 1081-1087.
- Loureiro V, Malfeito-Ferreira M. 2003. Spoilage yeast in the wine industry. *International Journal of Food Microbiology* 86: 23-50.
- Martin-Belloso O, Vega-Mercado H, Qin BL, Chang FJ, Barbosa-Cánovas GV, Swanson B.G. 1997. Inactivation of *Escherichia coli* suspended in liquid egg using pulsed electric fields. *Journal of Food Processing Preservation*, 21(3):193-208.
- Picart L, Cheftel J-C. 2003. Pulsed electric fields. In Zeuthen P, Bøgh-Sørensen L. (Eds.), *Food Preservation Techniques*. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, USA. pp 119-186
- Pizzichemi M. 2007. Application of pulsed electric fields to food treatment. *Nuclear Physics B(Proc. Suppl.)*, 172: 314-316.
- Puértolas E, López N, Condón S, Raso J, Álvarez I. 2009. Pulsed electric fields inactivation of wine spoilage yeast and bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 130: 49-55.
- Qin B, Pothakamury U, Vega H, Martin O, Barbosa-Cánovas GV, Swanson B. 1995. Food pasteurization using high intensity pulsed electric fields. *Food Technology*, 49(12): 55-60.
- Riener J, Noci F, Cronin DA, Morgan DJ, Lyng J.G. 2008. Combined effect of temperature and pulsed electric fields on apple juice peroxidase and polyphenoloxidase inactivation. *Food Chemistry*, 109: 402-407.
- Sale AJH, Hamilton W.A. 1968. Effects of high electric fields on micro-organisms. 3. Lysis of erythrocytes and protoplasts. *Biochimica et Biophysica Acta*, 163: 37-43.
- Sensoy I, Zhang Q, Sastry S. K. 1997. Inactivation kinetics of *Salmonella dublin* by pulsed electric fields. *Journal of Food Processing and Engineering*, 20: 367-381.
- Sepulveda D, Góngora-Nieto M, Guerrero-Beltrán J, Barbosa-Cánovas G.V. 2003. Extension of milk shelf-life by a

hurdle combination of pulsed electric fields and a mild thermal treatment. Institute of Food Technologists, Annual Meeting, Book of Abstracts, s. 92C-6.

Sepulveda-Ahumada DR, Ortega-Rivas E, Barbosa-Cánovas G.V. 2000. Quality aspects of cheddar cheese obtained with milk pasteurized by pulsed electric fields. *The Transactions of the Institution of Chemical Engineers*, 78: 65-71.

Singh R P, Yousef A.E. 2001. Technical elements of new and emerging non-thermal food technologies. Rome, Italy: Food and Agricultural Organization, United Nations.

Uysal EE, Karaoğuz B, Evrendilek G.A. 2009. Atımlı elektrik akımı (pef) teknolojisi ile gıdaların pastörize edilmesi. *Hasad Gıda*, 294: 26-33.

Vega-Mercado H, Powers, JR, Martín-Belloso O, Luedecke L, Barbosa-Cánovas GV, Swanson B. G. 2001. Change in susceptibility of proteins to proteolysis and the inactivation of an extracellular protease from *Pseudomonas fluorescens* M3/6 when exposed to pulsed electric fields. In G. V. Barbosa-Cánovas, Q. H. Zhang (Eds.), *Pulsed electric fields in food processing. Fundamental aspects and applications*. Technomic Publishing Company Inc. Lancaster, PA. pp:105–120

www.divtects.com/data/File/papers/PDF/pef_07_web.pdf (Accessed 04.05.2010)

Yu LJ, Ngadi M, Raghavan G.S.V. 2009. Effect of temperature and pulsed electric field treatment on rennet coagulation properties of milk. *Journal of Food Engineering*, 95:115-118.

Zimmerman U. (1986). Electrical breakdown, electropermeabilization and electrofusion. *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, 105: 176-256