


Domates Suyu Üretiminde İlimli Elektrik Uygulamasının Kullanımı: 2. Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

Taner Baysal, Filiz İçier, Ahsen Rayman , Hasan Coşgun, Murat Petek

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 22.03.2013, Kabul Tarihi (Accepted): 10.04.2013

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ahsenrayman@hotmail.com (A. Rayman)

☎ 0 232 311 30 42 📠 0 232 342 75 92

ÖZET

Bu çalışmada ilimli elektrik uygulamasının (elektroplazmoliz) domates suyu eldesinde verim ve kalite özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Cevap yüzey yöntemi kullanılarak belirlenen optimum işlem koşulunda (10 V/cm ve 9.5 s işlem süresi) üretim gerçekleştirilmiştir. Elektroplazmoliz (EP), ısısal işlem olarak geleneksel pastörizasyon (PAS), EP işleminin ve ısısal işlemin bir arada kullanımları (EP+PAS) ve hiçbir işlem görmemiş kontrol grubu olarak 4 ayrı deneme grubu incelenmiştir. Üretimler sonrasında elde edilen domates suları 1 ay süreyle +4°C' da depolanmış ve yapılan analizler sonucunda kalite değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Depolama başlangıcında kontrol (elektriksel işlem uygulanmamış) ve EP uygulanmış domates sularında verim değerleri belirlenmiştir. Tüm üretim ve ısısal işlem gruplarında PME aktiviteleri, toplam pektin, suda çözünür kuru madde, pH, pulp oranı-bulanıklık, viskozite ve renk (a*, b*) değerleri incelenmiştir. Sonuç olarak domates suyu üretiminde EP uygulamasıyla verim artışının yanı sıra fonksiyonel özellikleri daha yüksek domates suyu elde edilebileceği belirlenmiştir. Ayrıca EP kombinasyonları ile geleneksel pastörizasyona kıyasla depolama süresince domates sularında kalite özelliklerinin daha iyi korunabileceği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Domates suyu, Elektroplazmoliz, Verim, Kalite

Application of Moderate Electrical Treatment on Tomato Juice Production: 2. Its Effect on Juice Quality

ABSTRACT

In this research, the effects of moderate electrical treatment were investigated on the yield and quality of tomato juice. Voltage gradient and treatment time (10 V/cm-9.49 s) was optimized with Response Surface Methodology. Production of tomato juice was carried out by using optimum conditions. Trials were done in four application groups; single electrical treatment group (EP); conventional thermal heating group (PAS), combination group of electroplasmolysis and conventional thermal heating (EP+PAS) and control group (Control). After productions, tomato juices were stored at +4°C for a month. At the beginning of the storage, yields in control and EP group were determined. After that PME activity, total pectin, soluble solid, pH, pulp content, turbidity, viscosity and color (a*, b*) values were determined. Finally the results indicated that juice yield and functional properties increased by the EP application. In addition, quality characteristics were better in EP+PAS group in comparison to the traditional pasteurized tomato juice during storage.

Key Words: Tomato juice, Electroplasmolysis, Yield, Quality

GİRİŞ

Günümüzde ultrason, vurgulu elektrik alan (PEF) gibi termal olmayan yöntemler ve ohmik ısıtma, elektroplazmoliz (EP) ve mikrodalga uygulaması gibi elektriksel ısıtma yöntemleri verim artışını etkileyen teknolojik işlemler arasında yer almakta ve kullanımları yaygınlaşmaktadır. Bu yöntemlerden elektroplazmoliz; direkt elektrik akımının etkisiyle bitkisel hücre zarının parçalanması olarak tanımlanmaktadır ve diğer yöntemlere göre hücreleri en uygun tarzda parçalayan yöntem olarak bilinmektedir [1].

Ülkemiz ekonomisinde domates çok önemli bir yere sahiptir. Yetiştirildiği bölgelerde üreticilerin ciddi gelir kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Sağlık ve beslenme yönünden çok yararlı olan domates, Dünyada ve Türkiye'de taze ve işlenerek tüketimi en başta gelen sebzeler arasında yer almaktadır [2].

Ülkemizde yetiştirilen yaklaşık 9.5-10 milyon ton domatesin %20-30'u gıda sanayimiz tarafından işlenmekte, kalan miktar taze tüketime gitmektedir. İşlenen toplam miktarın %80'i salça, %15'i konserve domates imalatı için, kalan kısım ise ketçap, domates suyu vb. domates ürünlerinin imalatı için kullanılmaktadır [3].

Sebze suları konsistens ve yapılarına göre meyve sularında olduğu gibi sebze eti içeren sebze nektarları, doğal bulanık ve berrak (filtre edilmiş) sebze suları olarak ayrılırlar. Ayrıca sebze sularına laktik asit fermentasyonu uygulanarak tüketiciye sunulabilmektedir. Bu sebze sularının dışında karışık sebze suları yani sebze suyu kokteylleri de üretilmektedir. Bilinen sebze suyu kokteylleri domates suyu bazlı, havuç bazlı, kereviz bazlı veya diğer sebzelerle, genellikle de bir meyve suyu veya meyve suyu konsantrati ile hazırlanmaktadır [3].

Bu çalışmada ön işlem olarak elektroplazmoliz uygulamasının domates sularında verim ve kalite özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi ve 1 ay depolama sonrasında kalite özelliklerindeki değişimin incelenmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada domates suyu üretiminde kullanılan domatesler, özel bir firmadan temin edilerek buzdolabı koşullarında (+4°C) işleninceye kadar (en fazla iki gün) saklanmıştır. Her üretim periyodunda aynı partiden hammadde kullanılmasına dikkat edilmiştir.

Yöntem

Elektroplazmoliz uygulaması

Bu çalışmada elektroplazmoliz uygulamaları Ege Üniversitesi, 07 BİL 027 No'lu Ebiltem projesi (Nar ve Vişne Suyu Üretiminde Elektroplazmoliz Uygulaması konulu) kapsamında Gıda Mühendisliği Bölümü'nde

tasarımı ve yapımı gerçekleştirilmiş olan iğneli tip elektroplazmolizatör kullanılarak yapılmıştır [4]. Söz konusu ekipman bütün haldeki meyve ve sebzelerin işlenmesine uygun olarak tasarlanmıştır.

İğneli tip elektroplazmolizatör; üzerinde paslanmaz çelik iğnelerden (2018 adet) oluşan iki adet silindir, sisteme farklı voltajlarda (0-380 Volt) elektrik akımı verebilen bu silindirlere adapte edilmiş bir varyak, silindirlerin dönüş hızının ayarlanmasını sağlayacak kontrol sistemi ve elektrik güvenlik donanımından oluşmaktadır. Beslemenin sabit debide yapılmasını ve örneklerin silindirler arasından geçerken iğnelerle temas halinde olmasını sağlayabilecek besleme ünitesi mevcuttur. Ayrıca farklı boyutlardaki bitkisel materyallerin işlenebilmesi için silindirler arası mesafe ayarlanabilir durumdadır.

Denemeler silindirler arası mesafe 4.2 cm, iğneler arası mesafe 2.2 cm olarak ön denemelerde belirlenen statik konumda yürütülmüştür. EP işleminin uygulanabileceği voltaj gradyan aralığı ve süre belirlendikten sonra, bu aralığı içerecek bir optimizasyon deneme planı ile incelenerek bu çalışmanın ilk aşaması olarak optimum voltaj gradyanı ve süresi 10V/cm, 9.5 s olarak tespit edilmiştir (5). Uygulamada bu değerler referans alınarak üretim yapılmıştır.

Pastörizasyon

Çalışmada geleneksel ısıtma uygulaması için uygun pastörizasyon sıcaklığı yapılan ön denemelerle belirlenmiş ve domates suları cam kavanozlara (200 mL) dolup yapılarak 90°C sıcaklıkta 10 dakika süre ile pastörize edilmiştir.

Analiz Yöntemleri

Pektin Metilesteraz (PME) Aktivitesi

Yemenicioğlu ve Cemeroğlu [6] ve Yıldız [7] tarafından yapılan yöntemle göre titrimetrik olarak belirlenmiştir. PME aktivitesinin belirlenmesi amacıyla 30°C sıcaklığa ayarlanmış % 0,5'lik pektin çözeltisi (Sigma P9135, Almanya) 25 mL alınarak manyetik karıştırıcı (Daihan Scientific Wisestir MSH-20A), pH-metre (WTW InoLab, Almanya) ve büretten oluşan düzenekteki behere alınmıştır. Tayin için 2 mL örnek, 7 mL NaCl çözeltisi eklenerek 0.1 N NaOH ile pH değeri derhal 7.5 değerine getirilmiş; pH değerini 7.5 değerinde sabit tutacak şekilde 0,01 N NaOH çözeltisi ile titrasyon sonucu sarfiyat her 5 dakikada kaydedilmiştir. 20 dakika titrasyon süresine karşılık yapılan 0.01 N NaOH sarfiyat grafiğinde eğrinin başlangıcındaki doğrusal bölgenin eğimi (E) kullanılarak PME aktivitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

PME Aktivitesi ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mL}$): $N \cdot F \cdot E \cdot 1000/m$
Bu formülde; N: Titrasyonda kullanılan NaOH çözeltisinin normalitesi
F: Titrasyonda kullanılan NaOH çözeltisinin faktörü
E: Titrasyon grafiğinin doğrusal kısmının eğimi
m: Örnek hacmi, mL

Pektin Tayini

Domates sularının toplam pektin içerikleri spektrofotometrik yöntem kullanılarak yapılmıştır [8]. Kalibrasyon grafiğini oluşturmak amacıyla stok standart galaktronik asit anhidrit çözeltisinden 10, 20, 30, 40, 50, 60 ve 70 mL alınarak 100 mL ölçü balonlarına aktarılmış ve damıtık su ile hacme tamamlanan balonlar ile 10, 20, 30, 40, 50, 60 ve 70 µg/mL galaktronik asit anhidrit içeren bir seri standart çözelti elde edilmiştir.

Her bir standart için iki test tüpü alınıp 1'er mL stok çözeltiden konulduktan sonra analiz tüpü olarak isimlendirilen tüpe 0.5 mL karbazol çözeltisi eklenmiştir. Analiz tüpünün şahit tüpü olarak kullanılacak ikinci tüpe ise karbazol çözeltisi yerine 0.5 mL %95'lik etil alkol eklenerek, aynı şekilde iki test tüpü daha alınıp her birine 1' er mL damıtık su ilave edilmiştir. Bunlardan birine 0.5 mL karbazol diğer tüpe 0.5 mL %95'lik etil alkol çözeltisi eklenmiş, hazırlanan bu 4 tüpün her birine 6'şar mL H₂SO₄ eklenirken sürekli karıştırılmıştır. Sonra tüpler 85°C sıcaklıktaki su banyosunda 5 dakika tutulmuştur. Bu süre sonunda tüpler sıcak su banyosundan çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra 525 nm dalga boyunda Varian Cary 50 Scan (Avustralya) model spektrofotometre ile absorbansları kendi şahitlerine karşı okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri ile konsantrasyon değerleri kullanılarak kalibrasyon grafiği hazırlanmıştır. Saf su ile hazırlanan tüplerle okunan absorbans değeri (A2) diğer tüplerle okunan absorbans değerinden (A1) çıkarılarak sonuçlar konsantrasyona karşı çizilen grafikten hesaplanmıştır. Örneklerin analizinde ise, santrifüj tüplerine 15 mL örnek ve 12 mL saf su konularak çalkalanmış, üzerine 75°C'de %95'lik etanolden 13 mL eklenerek tüpteki toplam sıvı hacmi 40 mL'ye ayarlanmıştır. 85°C'deki su banyosunda 5 dakika bekletildikten sonra santrifüj işlemi ile üstteki berrak kısım ayrılmıştır. Çökelti üzerine alkol ilavesi ve su banyosunda bekletme sonrası tekrar santrifüj edilmiş ve kalan çökelti NaOH ile muamele edildikten sonra balona aktararak saf su ile tamamlanmıştır. Daha sonra filtre edilerek süzütüden alınan örnekler için de standart eğrinin çizilmesi işleminde olduğu gibi analiz ve şahit tüpleri hazırlanarak okuma yapılmıştır. Kalibrasyon grafiği dikkate alınarak toplam pektin miktarı GA-AH, mg/L cinsinden belirlenmiştir.

Suda Çözünür Kuru Madde Tayini

Domates sularının suda çözünür kuru madde (SÇKM) içerikleri, sıcaklık düzeltmesine sahip refraktometre (RFM 330 Bellingham+Stanley Limited, İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir [9].

pH Tayini

20°C'deki domates sularının pH değerleri; WTW-Inolab marka ve level-1 model pH metre kullanılarak belirlenmiştir [10].

Pulp oranı – Bulanıklık

Örnek sıcaklığı 25°C'a getirilerek 50 mL'lik konik 4-6 adet santrifüj tüplerine çizgisine kadar örnek konularak 4000 rpm devirde 10 dakika süre ile gerçekleştirilen santrifüj (CFC free Universal Hettich Zentrifugen) sonrası pulp miktarları % olarak hesaplanmıştır [11]. Bulanıklık değeri ise santrifüj sonrası Türbidimetre (Usmate, Velp Scientifica TB1, Italy) ile ölçülmüştür.

Viskozite

Elde edilen domates suyu örneklerinin viskozite değerleri kapiler viskozimetre kullanılarak bulunmuştur. Saf suyun kapiler viskozimetredeki viskozite değeri referans olarak alınmıştır.

Renk

Üretim sonucunda elde edilen domates suyu örneklerinin renk (L*, a*, b*) değerleri HunterLab ColorFlex model Kolorimetre (Managment Company, USA) kullanılarak saptanmıştır. Aydınlık değeri olan L*; "0" siyahtan "100" beyaza kadar değişir. "a*" değeri, "-a*" ile yeşil, "+a*" ile kırmızılığı gösterir. "b*" değeri ise "-b*" ile mavi, "+b*" ile sarılığı göstermektedir. Örnekler aynı oranda çalkalanarak homojenize edilmiştir ve sonrasında renk değerleri tespit edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Farklı ön işlem ve ısıl uygulamalarla üretilen domates sularına ait PME aktiviteleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Isıl işlem öncesi kontrol ve EP gruplarına ait PME aktiviteleri 10.56 ve 6.76 µmol/min/mL olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

Yapılan uygulamalar sonrasında EP grubunda %36, PAS grubunda %89.86 PME inaktivasyonunun sağlandığı belirlenmiştir. EP uygulaması ile kombine edilen ısıl işlem grubu olan EP+PAS grubunda ise %91.85 inaktivasyon sağlandığı saptanmıştır (Tablo 1). Sıcaklık uygulaması ile kombine edilen gruplarda enzim inaktivasyonunun daha yüksek olduğu bulgulanmıştır. Elektrolazmoliz işleminin bitkinin dokularına etki ettiği göz önünde bulundurularak enzimin aktivitesini etkilediği ve ısısal işlemlerle daha fazla inaktivasyon sağlandığı düşünülmektedir.

Yapılan bir çalışmada 25kV/cm-200µs-1Hz vurgulu elektrik alan uygulaması ile havuç sularında %37.35 PME inaktivasyonu sağlandığı bildirilmiştir [12]. Rodrigo ve ark. [13], PEF (25 kV/cm, 340 ms, 63°C) uygulaması sonucu portakal-havuç suyu (%80–20) karışımında PME enziminde %79 inaktivasyon sağlamışlardır. Min ve ark. [14] ve Yoem ve ark. [15], PEF uygulaması sonrası portakal sularındaki PME inaktivasyon oranlarını %88 ve %90 olarak belirlemişlerdir. Zhang ve ark. [16] ise pilot ölçekli PEF uygulamasıyla portakal sularında %95 inaktivasyon sağlandığını ifade etmektedirler.

Farklı elektriksel alan şiddeti ve sürelerde elektrolazmoliz işlemi uygulanan örneklerde kalıntı

PME aktiviteleri düzenli olarak değişmemektedir. 32 ve 60 mm elektrot aralığında uygulanan EP işlemlerinin bir kısmında PME enziminin aktivitesini arttırdığı görülmüştür [17, 18]. Bunun yetersiz ısıtma ya da elektrik akımından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim Cemeröglü ve ark. [19], yetersiz bir ısıtma

uygulanması durumunda enzimlerin inaktive olmak yerine aktive olabileceğini belirtmiştir. Bir ay depolama sonunda ise PME aktivitesinde azalma saptanmıştır (Tablo 2).

Tablo 1. Domates sularının üretim sonrası analiz sonuçları

Örnek	PME Aktivitesi (µmol/dk/mL)	Pektin GA-AH (mg/L)	S.Ç.K.M	pH Değeri	Pulp Oranı (%)	Bulanıklık (NTU)	Serum Ayrılması (50 mL)	Viskozite (sn)	a/b * Değeri
PAS	0.86±1.55	104.83±0.9	3.1±0.6	4.42±0.1	12±0.06	474±1.50	38±2.00	13.74±0.04	1.14
EP +PAS	0.77±1.65	92.33±1.9	3.3±0.7	4.38±0.12	9±0.07	546±1.60	36±3.00	14.09±0.05	1.06

Tablo 2. Domates sularının bir ay depolama sonrası analiz sonuçları

Örnek	Verim (%)	PME Aktivitesi (µmol/dk/mL)	Pektin GA-AH (mg/L)	S.Ç.K.M	pH Değeri	Pulp Oranı (%)	Bulanıklık (NTU)	Serum Ayrılması (50 mL)	Viskozite (sn)	a/b * Değeri
Kontrol	60.23±1.81	10.56 ±1.10	154.83±0.90	2.90±0.05	4.41±0.04	26.5±0.50	839±1.00	12±1.00	13.43±0.01	1.33
EP	63.37±4.19	6.76±1.32	204.00±0.76	3.45±0.08	4.37±0.02	20.0±0.30	802±1.50	10±2.00	13.32±0.04	1.35
PAS		1.07±1.80	89.83±0.65	3.05±0.10	4.49±0.06	20.0±0.31	656±4.00	23±3.00	12.85±0.05	1.21
EP+PAS		0.86±1.31	75.67±0.86	2.85±0.10	4.45±0.02	15.0±0.30	562±2.00	30±2.00	12.86±0.06	1.09

Farklı işlem koşulunda üretilen domates sularına ait toplam pektin içerikleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Kontrol ve EP gruplarına ait toplam pektin içerikleri 154.83 ve 204.00 GA-AH, mg/L olarak saptanmıştır (Tablo 1). EP uygulaması sonrasında toplam pektin içeriğinde %31.75 artış olduğu belirlenmiştir. Isıl işlem uygulamaları sonrasında ise PAS gruplarında toplam pektin içeriği 89.83 GA-AH, mg/L olarak bulgulanmıştır. En düşük pektin içeriği ise EP+PAS grubunda 75.67 GA-AH, mg/L olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Benzer sonuçların elde edildiği bir çalışmada ise havuç suyu üretiminde 22.2 V/cm voltaj gradyanında 60 saniye EP işlemi uygulaması sonrasında kontrol ve EP gruplarına ait toplam pektin içeriğinde EP grubu örneklerde kontrol örneğine göre pektin içeriği %13.07 daha fazla bulunmuştur [20].

Depolamanın 1. ayında EP+PAS ve PAS örneklerinde pektin içeriğinde artış görülmüştür. EP+PAS 92.33 GA-AH, mg/L, PAS ise 104.83 GA-AH, mg/L olarak bulgulanmıştır (Tablo 2). Depolama süresince pektin içeriğinde 1. ayda belirlenen artışların hücre içi ve hücre duvarında bulunan pektinin çözünür pektin olarak belirlenmesi sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Farklı ön işlem ve ısıl uygulamalarla üretilen domates sularına ait suda çözünür kuru madde (SÇKM) içerikleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Kontrol ve EP gruplarının SÇKM içerikleri %2.9 ve %3.4 olarak bulgulanmıştır (Tablo 1). Elektroplazmoliz işlemi ile suda çözünür bileşenlerin domates suyuna geçişinde artış olduğu düşünülmektedir.

Depolamada ise SÇKM değerleri PAS örneğinde 1. ay sonunda değişim göstermezken, EP + PAS grubunda artış gözlenmiştir (Tablo 2). Suda çözünür kuru maddedeki bu değişimlerin pektin miktarıyla ilişkilendirilebileceği pektin miktarındaki artışla paralel olarak arttığı düşünülmüştür. Literatürde elektriksel yöntemlerle domates suları üzerine yapılmış çalışma bulunmamakla birlikte Rivas ve ark. [21], PEF ve termal pastörizasyon uygulanan portakal-havuç suyu

karışımlarında kontrol ve pastörizasyon örneklerinde sırasıyla SÇKM değerlerini %9.5 ve %10.4 bulmuşlardır. PEF işlemi sonrası (%11.2) kontrol grubuna (%11.3) oranla SÇKM değerindeki azalmanın istatistiksel olarak önemli olmadığı; 98°C'da 21 s pastörizasyon sonrası SÇKM değerindeki artışın önemli olduğu bulunmuştur.

Rivas ve ark. [21], asitlendirme işlemi (pH 4.5) uyguladıkları havuç suyunda suda çözünür kuru madde içeriğini %8.25, kontrol örneğinde ise %8.20 bulduklarını belirtmişlerdir. Depolama süresince indirgen ve toplam şeker miktarına bağlı olarak suda çözünür kuru madde oranında değişimler görülebileceği bildirilmiştir [22].

Yapılan bir başka çalışmada enzim maserasyonu ve mayşe ısıtma işlemleri görmüş havuç suyunda sterilizasyon işlemi (110°C' da 5 dak.) gerçekleştirilmiş ve 6 ay depolama süresince SÇKM değerlerinin 5.7 değerinde sabit kaldığı belirtilmiştir [23].

Kontrol ve EP gruplarının pH değerleri 4.41 ve 4.37 olarak bulgulanmıştır (Tablo 1). EP uygulaması sonucunda domates sularının pH değerlerinde azalma olduğu belirlenmiştir. EP uygulanan örneklerin kontrol örneklerine göre pH değerlerinin düşük olması, aktif haldeki hidrojen iyonlarının konsantrasyonu olarak tanımlanan pH değerindeki bu değişimde elektrik akımının etkili olduğu düşünülmektedir. Bilindiği gibi elektrik akımının bir materyalde ısınmaya yol açması, materyal içindeki yüklü iyonların anot katot hareketleri sırasında nötr parçacıklara çarpması ile bu parçacıkların titreşmesi sonucunda meydana gelmektedir. Bu yüksek hareket sonucunda H⁺ iyonlarının aktivitelerinin de etkilenebileceği ve buna bağlı olarak EP uygulanan örneklerin pH değerlerinde değişim meydana gelebileceği belirtilmiştir [24].

Isıl işlem uygulaması sonrasında PAS grubunun pH değeri 4.49 olarak bulgulanmıştır. EP+PAS grubunda ise pH değeri 4.45 olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Isıl işlem uygulamaları ile üretilen domates sularında PAS ve EP+PAS gruplarının pH değerleri ısıl işlem

uygulanmayanlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Depolama süresince tüm ısıl işlem gruplarının pH değerlerinde 1. ayda azalma olduğu saptanmıştır. pH değerlerinde 1 ay depolama sonrasında EP + PAS grubunun pH değeri (4.38) PAS grubundan daha düşük olduğu belirlenmiştir (4.42) (Tablo 2). Rivas ve ark. [21], PEF (25kV/cm-280µs-68°C) ve pastörizasyon (98°C-21 sn) işlemi uyguladığı portakal-havuç suyu karışımında pH değerlerini sırasıyla 3.86 ve 3.85 bulmuştur. Ayrıca PEF işlemi (25kV/cm-330µs-70°C) uygulanmış ve pH değerini 3.71 olarak saptamışlardır. pH değerindeki azalmanın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirtilmiştir. Liao ve ark. [25], sterilizasyon uygulanan havuç sularının 4°C'de depolama sırasında pH değerlerini 1. ayda 4.61; 2. ayda 4.59 ve depolamanın sonunda (6. ayda) 4.58 olarak bulmuşlardır. Mc Lellan ve ark. [26], elma suyu üretiminde ısı ve EP uygulaması sonucu pH değerlerinin 3.49 ve 3.54 olduğunu belirlemiştir. Hepçimen [24], geleneksel ve EP ile işlenen ayva pulplarının 80, 90 ve 100°C'da ısıtılmaları sonrasında pH değerlerinin geleneksel yöntem için uygulama sıcaklıklarına göre 4.02; 4.10; 4.15 ve EP uygulaması için ise 3.99; 3.95 ve 3.87 olarak saptamıştır.

Kontrol grubu pulp oranı %26.5 iken EP grubunda %20 olarak bulgulanmıştır (Tablo 1). Isıl işlemler sonrası ise pulp oranları kontrol grubuna göre düşüş göstermiş ve depolama aşamasında ise pulp oranlarında yine düşüş gözlenmiştir ve en düşük oran EP + PAS (% 9) grubu örneklerde saptanmıştır (Tablo 2). Depolamanın 1. ayında pulp oranlarındaki azalmanın pektin içeriğindeki azalmaya bağlı olarak gerçekleştiği düşünülmüştür.

Farklı ön işlem ve ısıl uygulamalarla üretilen domates sularının bulanıklık değerlerine ait sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir. Kontrol grubu bulanıklık değeri 839 NTU iken EP grubunda 802 NTU olarak bulgulanmıştır (Tablo 1). Isıl işlemler sonrası ise bulanıklık değerleri kontrol grubuna göre artış göstermiş ve depolama aşamasında ise bulanıklık değerleri en yüksek EP + PAS grubu örneklerde saptanmıştır (Tablo 2). Rivas ve ark. [21], PEF ve pastörizasyon işlemi uyguladıkları portakal-havuç suyu karışımında bulanıklık değerlerini kontrol örneğinde 0.637; pastörizasyon işlemi (98°C, 21 s) ile 1.310 ve elektrik alan uygulaması ile (25 kV/cm 330µs) 1.061 olarak saptamışlardır. Isısal işlemlerle ve depolama ile bulanıklık değerlerinde artış görüldüğü belirtilmiştir.

Farklı ön işlem ve ısıl uygulamalarla üretilen domates sularının serum ayrılması değerlerine ait sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir. Kontrol grubu serum ayrılması değeri 12 mL iken EP uygulamasının serum ayrılmasına azaltıcı etkide bulunduğu (10 mL) bulgulanmıştır (Tablo 1). Isıl işlemler sonrası ise serum ayrılması kontrol grubuna göre artış göstermiş ve depolama aşamasında ise serum ayrılması en yüksek PAS (38 mL) grubu örneklerde saptanmıştır (Tablo 2).

Farklı ön işlem ve ısıl uygulamalarla üretilen domates sularının viskozite değerlerine ait sonuçlar Tablo 1'de

gösterilmiştir. Kontrol ve EP gruplarının viskozite değerleri 13.43 ve 13.32 olarak ölçülmüştür (Tablo 1). EP uygulaması sonucunda domates sularının viskozite değerinde kontrol örneklerine kıyasla düşüş olduğu saptanmıştır. Isıl işlem uygulamaları sonrasında ise viskozite değerlerinde azalma saptanmıştır, PAS grubuna ait viskozite değeri 12.85 olarak ölçülmüştür. EP+PAS grubunda ise, viskozite değeri 12.86 olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Isıl işlem uygulamaları sonrasında EP + PAS grubunda viskozite değerinin PAS grubu örneklerine yakın olduğu saptanmıştır. Depolama aşamasının 1. ayında ise PAS (13.74) ve EP + PAS (14.09) örnek gruplarında viskozite değeri artmıştır (Tablo 2). Depolamanın 1. ayında PAS ve EP+PAS gruplarında artış pektin miktarlarındaki artış ile ilişkilendirilebilir. Domates sularında yapılan bir çalışmada kontrol örneğine göre pastörizasyon sonrası viskozitenin azaldığı bildirilmiş ve viskozitenin azalması benzer şekilde pektinle ilişkilendirilmiştir.

Domates ve konsantre ürünlerdeki en önemli renk faktörlerinden birisi a/b oranıdır [25]. Domates suyu üretiminde kullanılan hammadde ve elde edilen suların a/b değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Kontrol ve EP gruplarının a/b değerleri sırasıyla 1.33 ve 1.35 olarak belirlenmiştir (Tablo 1). EP uygulaması sonucunda domates sularının a/b değerlerinde artış saptanmıştır. Tablo 1'de görüldüğü gibi, en yüksek a/b değerine sahip domates suyu örnekleri yalnızca EP uygulaması görmüş örneklerdir. EP uygulaması görmüş domates sularının a/b değeri hammaddeninkine hemen hemen aynıdır.

Isıl işlem görmüş domates sularının a/b değerlerinin düşük olmasının sebebi suların 90°C'da pastörizasyon işlemi görmesi ve buna bağlı olarak rengin zarar görmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde sıcaklıktaki artışın a/b oranının düşmesine neden olduğunu gösteren araştırmalar da bulunmaktadır [27, 28]. Zhang ve ark. [18], a/b oranının domates salçalarında kırmızılığın bir ölçüsü olduğunu bildirmiştir. Porretta ve Poli [28], sıcak ve soğuk işleme yöntemleriyle elde ettiği domates pürelere a/b oranının sırasıyla 1.93 ve 2.07 olarak saptandığını belirtmiştir ve sıcaklığın domates püresinin rengi üzerine son derece olumsuz etki yaptığını bildirmiştir.

Depolama aşamasının 1. ayında ise PAS (1.14) ve EP + PAS (1.06) örnek gruplarında a/b değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 2). Depolamanın renk üzerine olumsuz etki yaptığı tespit edilmiştir. Hsu ve ark. [29], yaptığı bir çalışmada kontrol örneğinde 3.62±0.01 olarak bulunan a/b değeri geleneksel pastörizasyon uygulanmış (98°C, 15 dakika) domates sularında 3.21±0.02 olarak saptanmıştır. Ayrıca 7, 14, 21 ve 28 gün depolamalar sonucunda 3.20±0.02; 3.18±0.03; 3.19±0.02; 3.17±0.03 olarak hesaplanmıştır.

SONUÇ

Bulanıklık stabilitesi üzerine olumlu etkileri dikkate alındığında EP uygulamasının domates suyu üretiminde önemli yararlar sağlayacağı düşünülmektedir. EP uygulamasıyla elde edilen, renk değerlerinde, pektinde buna bağlı olarak bulanıklıkta meydana gelen artışlar

bulanıklık stabilitesi üzerine olumlu etki göstermiştir. EP uygulamasında fonksiyonel özelliklerdeki artışın elektrik akımının etkisi ile elektroporasyon sonucunda olduğu görülmektedir. Çalışmada kullanılan iğneli tip elektroplazmolizatörün endüstriyel ölçekte üretim koşullarına kolay adapte edilen bir ekipman olması da çalışmanın sanayiye aktarımı konusunda ümit verici görülmektedir. EP uygulamasının ısı ile işlemlerle yapılacak olası kombinasyonları domates sularının kalite özelliklerinin korunmasında etkili olabileceği düşünülmektedir. Geleneksel pastörizasyon uygulamaları ile PME enziminin inaktivasyonunun sağlanabileceği; bunun da fonksiyonel özellikleri daha yüksek domates suyu üretimi amacıyla kullanılabilirliği düşünülmektedir. Bu konuda yapılacak araştırmalarda farklı sebze suyu çeşitleri için bu tekniklerin kullanılabilirliği üzerine çalışılması yararlı olacaktır. Ayrıca pilot ölçekte yapılan bu çalışmanın endüstriyel ölçekte tekrarlanması ve bu uygulamaların maliyet bakımından da değerlendirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Lazarenko, B.R., Fursov, S.P, Seglov, Yu, A., Boryan, V.V., Çebanu, V.G., 1977. Elektroplazmoliz, 51: 79.
- [2] Aybak, H.Ç, Kaygısız, H., 2004. Domates. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., 280 s., İstanbul.
- [3] Acar, J., 1990. Meyve ve Sebze Suyu Üretim Teknolojisi. Hacettepe Üniversitesi, 9-265.
- [4] Baysal, T., İçier, F. Yıldız, H., Demirdöven, A., 2007. Nar ve Vişne Suyu Üretiminde Elektroplazmoliz Uygulamasının Verim ve Kalite Özellikleri İle Durultma Koşulları Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Projesi (Proje No: 07 BİL 027), İzmir.
- [5] İçier, F., Baysal, T., Rayman, A., Özkan, G., Eroğlu, S., Aydın, A., 2013. Domates suyu üretiminde ılımlı elektrik uygulamasının kullanımı-1. İşlem koşullarının belirlenmesi. *Akademik Gıda* 11(2): 6-11.
- [6] Yemenicioğlu, A., Cemerioğlu, B., 1998. Isı uygulamada indikatör olarak kullanılan bazı enzimlerin aktivitelerinin belirlenmesi. *Gıda Teknolojisi* 9: 76-80.
- [7] Yıldız, H., 2004, Domates Salçası Üretiminde Elektroplazmoliz Uygulamasının Salça Kalitesi Ve Verimi Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bornova, İzmir.
- [8] Anonymous, 1968. IFJU, Methods of Analyses. Method-26. International Federation of Fruit Juice Producers, 10, Rue De Liege, Paris, France.
- [9] Anonymous, 1995. AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International (16th Ed.).
- [10] Anonymous, 1990. AOAC. In: (15th Ed.), Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- [11] Anonymous, 2000. FMC Food Tech. Laboratory Manual. Procedures for Analysis of Citrus Products. Manual No. 054R11990. 100, Lakeland, FL, U.S.A.
- [12] Luo, W., Zhang, R.B., Wang, L.M., Guan, Z.C., Jia, Z.D., Liao, X., J., 2008 Investigation on shelf life of carrot juice processed by pulse electric field. *International Conference on High Voltage Engineering and Application*. ICHVE735-741.
- [13] Rodrigo, D., Barbosa-Canovas, G. V., Martinez, A., Rodrigo, M., 2003. Pectin methyl esterase and natural microbial flora of fresh mixed orange and carrot juice treated with pulsed electric fields. *Journal of Food Protection* 66: 2336–2342.
- [14] Min, S., Jin, Z. T., Yeom, H., Min, S. K., Zhang, Q. H., 2003. Commercial-scale pulsed electric field processing of orange juice. *Food Chemistry and Toxicology* 68(4): 1265–1271.
- [15] Yeom, H. W., Chism, C., Zhang, Q. H., 2002. Inactivation of pectinmethylesterase in orange juice by pulsed electric field. *Food Engineering and Physical Properties* 67(6): 2154–2159.
- [16] Zhang, Q., Qin, B. L., A., Barbosa-Canovas, G. V., Swanson, B. G., 1996. Inactivation of *E.coli* for food pasteurization by high strength PEF. *Journal of food Processing and Preservation* 19(2): 103-118.
- [17] Demirdöven, A., 2009. Portakal Suyu Üretiminde Bazı Elektriksel Yöntemlerin Verim Ve Kalite Üzerine Etkileri. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Bornova, İzmir.
- [18] Rayman A. 2010., Havuç Suyu Üretiminde Elektroplazmoliz ve Mikrodalga Uygulamalarının Verim Ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bornova, İzmir.
- [19] Cemerioğlu, B., Yemenicioğlu, A., Özkan, M., 2001. Meyve ve Sebzelerini Bileşimi ve Soğukta Depolanmaları. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:24, Ankara.
- [20] Rayman, A., Baysal T., 2011. Yield and quality effects of electroplasmolysis and microwave applications on carrot juice production and storage. *Journal of Food Science*. 76(4): 598-605.
- [21] Rivas, A., Rodrigo, D., Martinez, A., Barbosa-Canovas, G.V., Rodrigo, M., 2006. Effect of PEF and heat pasteurization on the physical– chemical characteristics of blended orange and carrot juice. *LWT* 39:1163–1170.
- [22] Demir, N., Savas Bahçeci, K., Acar, J. 2007. The effect of Processing Method on the Characteristics of carrot juice. *Journal of Food Quality* 30: 813-822.
- [23] Demir, N., Acar, J. Savas Bahçeci, K. 2004. Effects of storage on quality of carrot juices produced with lactofermentation and acidification. *Eur Food Res Technol*. 218:465–468
- [24] Hepçimen, A.Z., 1996, Geleneksel ve Elektroplazmoliz Yöntemleriyle İşlenmiş Ayva Pulplarının Marmelata İşlenmesi Sırasında Kaliteye Etkiyen Unsurların Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- [25] Liao H., Sun Y., Ni, Y., Liao, X., Hu, X., Wu, J., Chen, F., 2007. The effect of enzymatic mash treatment, pressing, centrifugation, homogenization, deaeration, sterilization, and storage on carrot juice. *Journal of Food Process Engineering* 30: 421–435.
- [26] McLellan, M.R., Kime, R., L., Lind, L., R., 1991. Electroplasmolysis and other treatment to improve

- apple juice yield. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 57: 303-306.
- [27] Luh, B. S. Daoud, H.N., 1971. Effect of break temperature and holding time on pectin small pectic enzymes in tomato pulp. *Journal of Food Science* 36(7): 1039-1043.
- [28] Porretta, S. Poli, G., 1997, Tomato puree quality from transgenic processing tomatoes. *International Food Science and Technology* 32(6): 527-534.
- [29] Hsua, K., Tan, F., Chia, H., 2008. Evaluation of microbial inactivation and physicochemical properties of pressurized tomato juice during refrigerated storage. *LWT* 41: 367–375.
-