

## KARA HAVUÇ SUYU ÜRETİMİNDE ELEKTROPLAZMOLİZ ve MİKRODALGA UYGULAMALARININ VERİM ve KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Taner Baysal<sup>1</sup>, Aslihan Demirdöven<sup>2\*</sup>, Ahsen Rayman Ergün<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

<sup>2</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat

Geliş tarihi / Received: 11.02.2012

Düzeltilerek Geliş Tarihi/ Received in revised form: 08.05.2013

Kabul tarihi / Accepted: 19.05.2013

### Özet

Güncel gıda işleme yöntemlerinden olan elektriksel işlemlerin kullanıldığı bu çalışmada verim artışı sağlamak amacıyla ön işlem olarak uygulanan elektroplazmoliz ile geleneksel ısıtma yöntemine alternatif olarak uygulanan mikrodalga ısıtma tekniklerinin kara havuç suyu kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Kara havuç suyu üretiminde uygulanan elektroplazmoliz işlemi 22.22 V/cm'de 60 sn ve mikrodalga ısıtma uygulaması 90 mL/dak akış hızı (kalış süresi 2 dak), 900 W güç düzeyinde uygulanmış ve bu koşullar kullanılarak kara havuç suyu üretimleri gerçekleştirilmiştir. Elektroplazmoliz uygulaması ile %4.4 verim artışı; mikrodalga ısıtma uygulaması ile geleneksel pastörizasyona göre daha kısa sürede %100 PME inaktivasyonu sağlanmıştır ( $P \leq 0.05$ ). Elektroplazmoliz ve mikrodalga kombinasyonu ile üretilen kara havuç sularının pektin, toplam fenolik madde, antosiyanin içeriği ve antioksidan kapasite gibi kalite özellikleri açısından geleneksel üretim yöntemine kıyasla üstün oldukları saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Kara havuç suyu, elektroplazmoliz, mikrodalga ısıtma, verim, kalite.

## YIELD and QUALITY EFFECTS of ELECTROPLASMOLYSIS and MICROWAVE APPLICATIONS on BLACK CARROT JUICE PRODUCTION

### Abstract

Electrical methods which are among the new processing methods were used in this research. The effects of electroplasmolysis as a pretreatment on yield and quality and the effects of microwave heating as an alternative to traditional heating on the quality of black carrot juice were investigated. Production of black carrot juices was made at 22.22 V/cm-60 sec for electroplasmolysis applications and 90 mL/min flow rate (total heating time 2 min), 900 W (power) for microwave heating. Production of black carrot juice was carried out by using these conditions for each treatment. As a result of electroplasmolysis more than 4.4% increase in yield was determined. In addition, 100% PME inactivation was found for microwave heating application in a shorter time compared to traditional pasteurization ( $P \leq 0.05$ ). The results showed that the highest quality values like pectin, phenolic, anthocyanin contents and antioxidant capacity were determined on combined applications of electroplasmolysis and microwave heating.

**Keywords:** Black carrot juice, electroplasmolysis, microwave heating, yield, quality.

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ ademirdoven@hotmail.com,

☎ (+90) 356 252 1616,

☎ (+90) 356 252 17 29

## GİRİŞ

Günümüzde minimum işlem gören gıdalara tüketici taleplerinin artmasıyla farklı teknolojilerin kullanımına yönelik alternatif çalışmalar hız kazanmıştır. Özellikle elektriksel yöntemler gıdalara uygulanan alternatif teknolojiler arasında önemli yer tutmaktadır (1). Bu yöntemler gıdaların besinsel ve duyuşsal özelliklerini geleneksel yöntemlere göre daha fazla koruyarak enzim ve mikroorganizma inaktivasyonunu hedeflemektedirler (2). Bu yöntemlerden elektrop plazmoliz tekniğı özellikle meyve ve sebze ürünlerinin işlenmesinde verim artışı sağlamak amacıyla ön işlem olarak kullanılmaktadır; mikrodalga ısıtma yöntemi ise enzim ve mikroorganizma inaktivasyonu amacıyla geleneksel ısıtma işlemlerinin yerine kullanılmaktadır (3).

Elektrop plazmoliz tekniğı (EP); hücre duvarını parçalamayı amaçlayan bir işlemdir (4). Elektrop plazmoliz uygulamasının şeker pancarından şeker kazanımını (5), elma suyu üretiminde pres verimini (6-8), turuncğil suyu üretiminde ekstraksiyon verimini (9,3) ayva marmeladı üretiminde pulp verimini arttırdığı (10), domates püresi üretiminde ise benzer şekilde pulp veriminde artış sağladığı belirtilmektedir (11).

Mikrodalga ısıtma tekniğıyle de daha ılımlı sıcaklıklarda enzim ve mikroorganizmaların inaktivasyonu sağlanabilmektedir. Gıda sanayinde mikrodalga ısıtma yöntemi; haşlama, pişirme, pastörizasyon, çözündürme, ön ısıtma, kurutma işlemlerinde kullanılmaktadır. Yapılan son çalışmalar bu yöntemin fonksiyonel besin maddelerinin ürüne geçişini de arttırdığını göstermektedir (12,13).

Ülkemizde öncelikli olarak şalgam suyuna işlenen kara havuç yüksek antosiyanin içeriğı ile önem taşımaktadır. Literatürde kara havuç suyu üretiminde elektrop plazmoliz ve mikrodalga tekniklerinin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan sınırlı sayıda çalışmada çoğunlukla antosiyanin pigmenti ve antosiyaninlerin stabilitesi üzerine yoğunlaşmıştır (14-20).

Ülkemizde meyve ve sebze suyu üretiminde henüz endüstriyel olarak kullanılmayan elektrop plazmoliz ve mikrodalga ısıtma yöntemlerinin verim artışı ve kaliteye etkilerinin incelenmesinin sanayi açısından yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada gıdaların işlenmesi sırasında verim artışı sağlamak amacıyla uygulanan elektrop plazmoliz ön işleminin ekstraksiyon verimi, ısıtma işlemi amacıyla uygulanan mikrodalga ve geleneksel pastörizasyon uygulamalarının ayrı ayrı ve birlikte

aynı işlem hattında kara havuç suyu kalitesine etkilerinin saptanması ve karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Çalışmada hammadde olarak kullanılan kara havuçlar (*Daucus carota* L.) yoğun olarak yetiştirildiğı Ereğli (Konya) bölgesinden temin edilerek Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliğı Bölümü, Meyve Sebze İşleme Pilot tesisinde işlenmiştir.

### İşleme Yöntemleri

**Kara havuç suyu üretimi:** Araştırma kapsamında pulplu kara havuç suyu üretimi amacıyla yıkama, ayıklama ve sınıflandırma ön işlemlerinden geçirilen kara havuçlar iki gruba ayrılmıştır. İlk gruba iğneli tip elektrop plazmolizatör kullanılarak elektrop plazmoliz işlemi uygulanmış ve sonrasında kara havuçlar ekstraktörden geçirilerek havuç suyu elde edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi Moulinex JU5000 meyve ekstraktörü (800 W) ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kara havuç sularında pH değeri sitrik asit ilavesi ile 3.8'e ayarlandıktan sonra havuç suları ısıtma işlemi uygulamaları için iki alt gruba ayrılarak mikrodalga ısıtma ve geleneksel pastörizasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kara havuç suyu üretiminde kaynakçada bu tür sebze suları için verilen en düşük pH değeri seçilmiştir (21). İkinci gruba ise elektrop plazmoliz uygulanmadan ekstraksiyon işlemi yapılarak elektrop plazmoliz grubunda olduğu gibi pH değeri sitrik asitle 3.8'e ayarlanmış ve aynı şekilde iki alt gruba ayrılarak mikrodalga ısıtma ve pastörizasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Örnek grupları mikrodalga (MD); geleneksel pastörizasyon (PAS); elektrop plazmoliz (EP); elektrop plazmoliz ve mikrodalga (EP+MD); elektrop plazmoliz ve geleneksel pastörizasyon kombinasyonu (EP+PAS) gruplarıdır. Ayrıca örneklerde ısıtma işlem öncesi elektrop plazmoliz ve ısıtma işlem öncesi üretim (kontrol) koşulları elektrop plazmolizin başta verim üzerine etkisini belirlemek amacıyla kıyaslanmıştır. Isıtma işlemler sonrasında tüm kara havuç suları buzlu su banyosunda oda sıcaklığına soğutulmuş olarak analiz edilmiştir. Üretimler sonrasında EP uygulamasının verim üzerine etkisi belirlenmiştir. Ayrıca tüm gruplarda kalite özellikleri değerlendirilmesi amacıyla kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

**Pilot ölçekli iğneli tip elektrop plazmolizatör:** Çalışmada elektrop plazmoliz uygulamaları Ege

Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nde bulunan iğneli tip elektrolizör kullanılarak yürütülmüştür. Söz konusu ekipman bütün haldeki meyve ve sebzelerin işlenmesine uygun olarak tasarlanmıştır. Elektrolizör tasarımı ve çalışma koşulları Demirdöven, 2009' da detayları ile verilmiştir (3). Denemeler silindirler arası mesafe 3.8 cm, iğneler arası mesafe 1.8 cm olarak ön denemelerde belirlenen konumda yürütülmüştür. Kara havuç suyu üretiminde verim artışı sağlamak amacıyla ön işlem olarak kullanılan elektroliz uygulaması 22.22 V/cm'de 60 sn süreyle statik olarak gerçekleştirilmiştir. Oda sıcaklığında elektroliz uygulaması yapılan kara havuçların işlem sonrası sıcaklıkları maksimum 3 °C artış göstermiştir. Rayman (2010)'da havuç suyu üretimi için "cevap yüzey yöntemi" kullanılarak elde edilen optimum elektroliz uygulama koşulları bu çalışmada kara havuç suyu üretimi amacıyla kullanılmıştır (22).

Laboratuvar düzeyde sürekli mikrodalga sistemi: Kara havuç suyunun mikrodalga pastörizasyonu Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nde mevcut olan laboratuvar düzeyde sürekli mikrodalga fırın kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga fırın (Arçelik MD 595), 2450 MHz, 540-900 Watt çalışma gücüne sahip, sıvı ve pulplu gıdaların ısıtılması için uygun bir sistemdir. Mikrodalga fırın ısıtma bölgesinde 3 m uzunluğunda (8 mm iç-11 mm dış çaplı) silikon hortum ve akış kontrolünün sağlandığı Watson Marlow marka 505 V/RL model peristaltik pompa içermektedir. Ayrıca mikrodalga girişi ve çıkışında bulunan örnek kaplarına yerleştirilen ısı eşler yardımıyla havuç suyunun giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür. Mikrodalga ekipmanına ait detaylar Demirdöven, 2009' da ayrıntılı olarak verilmiştir (3). Mikrodalga ısıtma uygulaması 90 mL/dak akış hızı (toplam mikrodalga uygulama süresi 2 dak), 900 W güç seviyesinde gerçekleştirilmiştir. Bu koşullarda yapılan üretimlerde kara havuç sularının mikrodalga giriş sıcaklıkları 15±2°C; sistemden çıkış sıcaklıkları 87±3°C olarak belirlenmiştir. Rayman, 2010'da (22) havuç suyu üretimi için "cevap yüzey yöntemi" kullanılarak elde edilen optimum mikrodalga ısıtma koşulları bu çalışmada kara havuç suyu için kullanılmıştır.

**Geleneksel Pastörizasyon Uygulaması:** Bu çalışmada geleneksel ısıtma uygulaması için uygun pastörizasyon sıcaklığı yapılan ön denemelerle belirlenmiş ve kara havuç suları 200 mL'lik cam kavanozlara dolmuş yapılarak buhar ceketli sistemde pastörizasyon gerçekleştirilmiştir.

Pastörizasyon işlemi ürün soğuk nokta sıcaklığı 90°C'ye ulaştıktan sonra 10 dak bu sıcaklıkta tutularak yapılmıştır. Sıcaklık kontrolü cam kavanozlara yerleştirilen ısı eşler yardımıyla belirlenmiştir. Bu koşullarda yapılan üretimlerde kara havuç sularının pastörizasyon başlangıcındaki sıcaklıkları 16±2°C; pastörizasyon sonu sıcaklıkları ise 90±3°C olarak belirlenmiştir.

### Analiz Yöntemleri

Pektin metilesteraz (PME) aktivitesi Yemencioğlu ve Cemeroğlu (23) ile Yıldız (11)'a ait yönteme göre; pektin miktarının belirlenmesi Anon (1968)'e göre (24) spektrofotometrik olarak; toplam fenolik madde tayini Franke ve ark. (25)'nin tanımladığı spektrofotometrik yönteme uygun şekilde belirlenmiştir. Antioksidant aktivite tayini amacıyla TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) yöntemi kullanılmıştır (26). Verim ve verim artışındaki hesaplamalar ile yukarıda adı geçen analiz yöntemlerine ait detaylar Rayman (22) tarafından ayrıntılı şekilde verilmiştir. Örneklere ait antosiyanin içeriklerini belirlemek amacıyla Fuleki ve Francis (27) tarafından geliştirilen pH-diferansiyel metodu kullanılmıştır ve yönteme ait detaylar Baysal ve ark. (28) da verilmiştir. Suda çözünür kuru madde ve pH değerleri AOAC metoduna (29) uygun şekilde yürütülmüştür.

### İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiksel değerlendirmeler SPSS 13 paket programı kullanılarak "şansa bağlı tesadüf parselleri deneme" desenine göre varyans analizi (Duncan, %95 güven aralığı) ile değerlendirilmiştir (30). Tüm üretim ve analizler 3 tekrarlı ve 3 paralelli olarak yürütülmüştür.

## SONUÇ ve TARTIŞMA

Üretimler ve ısı uygulamaları sonrasında kara havuç sularının suda çözünür kuru madde (SÇKM) ve pH değerleri Çizelge.1'de verilmiştir. Kontrol ve EP gruplarının SÇKM içerikleri %9.10 ve %9.40 olarak belirlenmiştir. EP grubunun kontrol örneğine göre suda çözünür kuru madde değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $P \leq 0.05$ ). Elektroliz işlemi ile suda çözünen bileşenlerin kara havuç suyuna geçişinde artış olduğu düşünülmektedir. Isıl işlem uygulamaları sonrasında en yüksek SÇKM içeriği MD grubunda belirlenmiştir. Farklı ısı uygulamalarının havuç sularının SÇKM içeriklerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $P \leq 0.05$ ). Kontrol ve EP

gruplarının pH değerleri 3.85 ve 3.84 olarak ölçülmüştür. Isıl işlem uygulamaları sonrasında ise MD ve PAS gruplarının pH değerleri sırasıyla 3.86 olarak bulgulanmıştır. EP+MD ve EP+PAS gruplarında ise pH değerleri sırasıyla 3.84 ve 3.85 olarak belirlenmiştir. Farklı uygulamalar ile üretilen havuç sularının pH değerlerinde istatistiksel bir fark olmadığı saptanmıştır ( $P>0.05$ ).

Kara havuç suyu üretimleri sonrasında kontrol grubu üretimlerine ait verim ortalaması %50.66, elektrop plazmoliz uygulaması sonrası havuç suyu verim ortalamaları ise %52.89 olarak belirlenmiştir (Çizelge.2). Elektrop plazmoliz uygulamasının kara havuç suyu üretiminde %4.4 verim artışı sağladığı saptanmıştır. EP ve kontrol gruplarına ait verim (%) değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $P\leq 0.05$ ). Rayman (22) tarafından havuç suyu üretiminde iğneli tip elektrop plazmolizator kullanımı ile aynı elektriksel işlem koşulu ve süresinde %10.49 verim artışı

gerekliliği bilinmekteyken (4, 28, 31, 32) bu çalışmada iki farklı havuç çeşidinden elde edilen verim değerlerindeki farklılıklar nedeniyle tür yanında meyve-sebze çeşidinin de dikkate alınması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Çalışmada kullanılan iğneli tip elektrop plazmolizator bütün haldeki sebzelerin işlenmesine uygun olarak tasarlanması ve her bir sebzeden elektrik akımında kalış süresinin 60 sn ile sınırlı kalması sonucunda kara havuçlarda maksimum 3°C sıcaklık artışı belirlenmiştir. Bu nedenle havuç sularındaki verim artışının, öncelikle elektrik akımının etkisiyle elektroporasyon sonucu gerçekleştiği düşünülmektedir. Kubjak (33) EP uygulamasıyla hücre zarı parçalanmasında elektrik enerjisinin yanında işlem sırasında oluşan sıcaklık artışının da etkili olduğunu bildirmiştir. Yıldız (11) ise sıcaklığın etkisinin düşük düzeyde kaldığını ve plazmolizin daha çok elektrik akımının etkisiyle gerçekleştiğini ifade etmektedir. Demirdöven (3) ise portakal suyu üretiminde ön işlem EP uygulamasında maksimum 2°C sıcaklık artışı belirlemiştir. Bu çalışmalar da havuç sularındaki verim artışının, öncelikle elektrik akımının etkisiyle elektroporasyon sonucu gerçekleştiğini desteklemektedir.

Isıl işlem öncesi kontrol ve EP gruplarına ait PME aktiviteleri 0.42 ve 0  $\mu\text{mol/dak/mL}$  olarak belirlenmiştir (Çizelge.3). Kontrol ve EP uygulamalarına ait PME aktivitelerindeki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $P\leq 0.05$ ). Yapılan ısıl uygulamalar sonrasında tüm gruplarda (MD, PAS, EP+MD, EP+PAS) %100 PME inaktivasyonunun sağlandığı saptanmıştır. PME aktiviteleri üzerine farklı ısıl işlem uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P\leq 0.05$ ). Elektrop plazmoliz işlemi ile PME aktivitesi üzerine yapılmış bir çalışmada Demirdöven (3) portakal suyu üretiminde ön işlem EP uygulaması ile PME aktivitesinde kontrol

Çizelge 1. Kara havuç suyu örneklerinin SÇKM (%) içerikleri ve pH değerleri

Table 1. Brix and pH values of black carrot juices

Örnek Sample	SÇKM Brix	pH
Kontrol	9.10±0.04 <sup>1</sup>	3.85±0.02 <sup>1</sup>
EP	9.40±0.03 <sup>2</sup>	3.84±0.03 <sup>1</sup>
MD	9.25±0.02 <sup>3</sup>	3.86±0.01 <sup>1</sup>
PAS	9.15±0.02 <sup>4</sup>	3.86±0.04 <sup>1</sup>
EP+MD	9.05±0.01 <sup>5</sup>	3.84±0.02 <sup>1</sup>
EP+PAS	9.15±0.03 <sup>4</sup>	3.85±0.03 <sup>1</sup>

\* 1,2... aynı sütunda farklı rakamlar işlemler arasında  $P\leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel farklılığın önemli olduğunu göstermektedir.

\*Statistically significant difference shown levels 1, 2 compared with same column  $P\leq 0.05$

saptanmıştır. Araştırmacıların geçmiş yıllarda yaptıkları çalışmalarda her bir meyve ya da sebze türü için ekstraksiyon veriminde artış sağlayan uygun voltaj ve sürenin ayrı ayrı belirlenmesi

Çizelge 2. Elektrop plazmoliz uygulamasının kara havuç suyunda verim üzerine etkisi

Table 2. The effects of electropolasmolysis application on yield of black carrot juice

İşlem Process	Meyve (g) Fruit	Posa (g) Pomace	Kara havuç suyu (g) Black carrot juice	Verim (%) Yield	Verim ort. (%) Average Yield
EP	1246.4	580.4	666.0	53.43	52.89±0.7 <sup>1</sup>
	1246.7	583.4	663.3	53.20	
	1355.8	650.3	705.5	52.04	
Kontrol	1206.7	586.2	620.5	51.42	50.66±0.9 <sup>2</sup>
	1230.3	604.9	625.4	50.83	
	1351.2	679.3	671.9	49.73	

\* 1,2... aynı sütunda farklı rakamlar işlemler arasında  $P\leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel farklılığın önemli olduğunu göstermektedir.

\*Statistically significant difference shown levels 1, 2 compared with same column  $P\leq 0.05$

grubuna göre %7.1 azalma olduğu belirtilmiştir. Bunun dışında elektriksel uygulamaların PME aktivitesi üzerine etkilerinin incelendiği diğer çalışmalarda ise 25kV/cm-200µs-1Hz vurgulu elektrik alan uygulaması ile havuç sularında %37.35 PME inaktivasyonu sağlandığı bildirilmiştir (34). Rodrigo ve ark., (35) PEF (25kV/cm, 340 ms, 63°C) uygulaması sonucu portakal-havuç suyu (%80–20) karışımında PME enziminde %79 inaktivasyon sağlamışlardır. Min ve ark., (36) ve Yeom ve ark., (37) PEF uygulaması sonrası portakal sularındaki PME inaktivasyon oranlarını %88 ve %90 olarak belirlemişlerdir. Zhang ve ark., (38) ise pilot ölçekli PEF uygulamasıyla portakal sularında %95 inaktivasyon sağlandığını ifade etmektedirler. Tajchakavit ve Ramaswamy (39) mikrodalga ısıtma uygulamasının portakal sularında PME enziminin desimal azalma süresini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; 700 W gücünde çalışan ev tipi bir mikrodalga fırını sürekli hale getirerek kullanmışlardır. PME enziminin mikrodalga uygulanmış portakal sularındaki desimal azalma süreleri 38 sn (55 °C), 12 sn (60 °C), 4sn (65°C), 1.3 sn (70 °C) olarak bulunmuştur. Geleneksel pastörizasyon işleminde ise PME enziminin desimal azalma süreleri 150 sn (60 °C), 37 sn (70 °C) olarak belirlenmiş ve mikrodalga ısıtma uygulamasının PME inaktivasyonunda daha etkin bir yöntem olduğunu ifade edilmiştir. Nikdel ve ark. (40) tarafından benzer koşullardaki mikrodalga ısıtma uygulamasının PME inaktivasyonda geleneksel pastörizasyon yönteminden daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Kontrol ve EP gruplarına ait toplam pektin içerikleri sırasıyla 162.74 ve 196.33 GA-AH, mg/L olarak saptanmıştır (Çizelge.3). EP uygulaması sonrasında toplam pektin içeriğinde %20.64 artış olduğu belirlenmiştir. Bu artışın elektrik akımının etkisiyle hücre parçalanmasına bağlı olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. EP uygulaması sonrasında toplam

pektin içeriğindeki bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $P \leq 0.05$ ). Demirdöven (3) portakalda EP uygulaması sonrasında toplam pektin içeriğinde %18.4 artış olduğunu belirtirken, Rayman (22) havuçlarda aynı uygulama ile %13.07 artış olduğunu ifade etmektedir. Isıl işlem uygulamaları sonrasında ise MD ve PAS gruplarında toplam pektin içerikleri sırasıyla 174.58 ve 104.37 GA-AH, mg/L olarak bulgulanmıştır. EP+MD ve EP+PAS gruplarında ise sırasıyla 131.95 ve 119.09 GA-AH, mg/L olarak belirlenmiştir. Havuç sularının toplam pektin içeriklerinde ısıl işlem uygulamalarına göre saptanan farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $P \leq 0.05$ ). Pektinin ortamda kalmasının hedeflendiği uygulamalarda EP ve MD uygulamalarının iyi bir alternatif olacağı düşünülmektedir. Rayman (22) havuç için EP ve MD kombinasyonunda; Demirdöven (3) ise portakalda EP ile MD ve ohmik ısıtma kombinasyonlarının pektinin korunmasında başarılı yöntemler olduklarını ifade etmişlerdir.

EP uygulaması sonucunda toplam antosiyanin içeriğinde %24.34 artış olduğu belirlenmiştir (Çizelge.3). EP uygulaması sonrasında antosiyanin içeriğindeki değişimin kontrol örneğine göre istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $P \leq 0.05$ ). Nar ve vişne suyu üretiminde ön işlem EP uygulamaları ile antosiyanin içeriklerinde kontrol grubuna göre sırasıyla %6.5 ve %32 oranında artış olduğu saptanmıştır (41). EP uygulaması sonucu belirlenen artışın elektrik akımının etkisiyle hücre parçalanmasına bağlı olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. Isıl işlem uygulamaları sonrasında kontrol örneğine göre en yüksek toplam antosiyanin kayıplarının EP+PAS (86.30 mg/100 mL) grubunda olduğu belirlenmiştir. En yüksek antosiyanin miktarı (163.53 mg/100 mL) ise EP+MD grubunda saptanmıştır. Elektriksel işlem ile kombine edilen ısıl işlem gruplarında antosiyanin içeriğindeki kayıpların geleneksel pastörizasyona göre daha

Çizelge 3. Kara havuç suyu örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları  
Table 3. Results of chemical analyses of black carrot juices

Örnek Sample	PME (µmol/dak/mL) PME activity	Pektin (GA-AH, mg/L) Pectin	Antosiyanin (mg/100 mL) Anthocyanin	Toplam fenolik madde (mg/L) Total phenolics	Antioksidan kapasite (TEAC mM trolox/mL kara havuç suyu) Antioxidant capacity
Kontrol	0.42±0.02 <sup>2</sup>	162.74±5.0 <sup>1</sup>	116.35±2.0 <sup>1</sup>	766.31±3.0 <sup>1</sup>	24.01±1.4 <sup>1</sup>
EP	0±0 <sup>1</sup>	196.33±4.8 <sup>2</sup>	144.68±3.0 <sup>2</sup>	796.51±1.3 <sup>2</sup>	62.71±2.3 <sup>2</sup>
MD	0±0 <sup>1</sup>	174.58±3.6 <sup>3</sup>	137.63±1.5 <sup>3</sup>	793.03±0.85 <sup>3</sup>	76.59±0.22 <sup>3</sup>
PAS	0±0 <sup>1</sup>	104.37±6.9 <sup>4</sup>	110.73±1.3 <sup>4</sup>	789.25±1.2 <sup>4</sup>	39.31±1.5 <sup>4</sup>
EP+MD	0±0 <sup>1</sup>	131.95±3.2 <sup>5</sup>	163.53±1.1 <sup>5</sup>	806.64±2.5 <sup>5</sup>	75.22±1.4 <sup>5</sup>
EP+PAS	0±0 <sup>1</sup>	119.09±4.5 <sup>5</sup>	86.30±4.0 <sup>6</sup>	790.91±1.5 <sup>4</sup>	40.89±0.6 <sup>4</sup>

\* 1,2... aynı sütunda farklı rakamlar işlemler arasında  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel farklılığın önemli olduğunu göstermektedir.

\*Statistically significant difference shown levels 1, 2 compared with same column  $P \leq 0.05$

düşük seviyelerde kaldığı görülmektedir. Farklı ısıtma uygulamaları ile üretilen kara havuç sularının toplam antosiyanin içeriklerindeki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $P \leq 0.05$ ). Literatürde kara havuç suyu üretiminde mayşeye enzim ilavesi ile antosiyanin içeriğinin artırılmasına yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Presleme öncesi pektinaz enzimi (*Aspergillus niger*, 1 U/mg, optimum pH 4.5–5.5) ile 60 °C’de 1 saat inkübasyona bırakılan kara havuç suyu örneklerinde 90 °C’de 1 dakika ısıtma işlemi sonrası kontrol örneğinde gallik asit eşdeğeri olarak  $504 \pm 12$  mg/100mL olan antosiyanin içeriği mayşeye 0.1-0.15-0.2 ve 0.25 mL/kg pektinaz enzimi ile maserasyon sonucu sırasıyla gallik asit eşdeğeri  $651 \pm 22$ ;  $715 \pm 21$ ;  $1005 \pm 22$ ;  $941 \pm 30$  mg/100mL olarak bulunmuştur (42).

EP uygulaması sonucunda toplam fenolik madde içeriğinde %3.94 artış olduğu belirlenmiştir (Çizelge.3). Aynı iğneli tip elektroplazmoliz ekipmanının kullanıldığı nar da %8.8; kutu tipi elektroplazmolizatörün kullanıldığı vişnede %6.2, kara üzümde %29.7 oranlarında fenolik madde içeriğinde artış sağlanmıştır (41). Bu değerler meyve sularının fonksiyonel özelliklerini arttırmak amacıyla iyi bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak bu uygulamalar berrak meyve suyu üretimi öncesinde yapıldığı takdirde meyve suyunda fazla miktarda bulunan fenolik maddelerin durultma aşamasını güçleştireceği unutulmamalıdır. Dolayısı ile durultma için gerekli enzim ve yardımcı maddelerinin miktarlarının gözden geçirilme zorunluluğu bulunmaktadır. Isıtma işlem uygulamaları sonrasında ise fenolik madde içeriğindeki artışın (%5.26) en fazla EP+MD grubunda olduğu saptanmıştır. Isıtma işlemi sonrası en az fenolik madde içeriği ise PAS grubu (789.25 mg/L) örneklerde bulunmuştur. Elektriksel işlem uygulamaları sonrasında toplam fenolik madde içeriğindeki kayıpların geleneksel pastörizasyona göre daha düşük seviyelerde kaldığı görülmektedir. Farklı ısıtma uygulamaları ile üretilen kara havuç sularının ısıtma işlemleri sonrası toplam fenolik madde içerikleri bakımından tüm uygulama grupları arasında istatistiksel farkın önemli olduğu saptanmıştır ( $P \leq 0.05$ ). Demirdöven (3) ise portakalda EP ile MD ve EP ile geleneksel pastörizasyon kombinasyonlarındaki fenolik madde kayıpları arasında istatistiksel bir farklılık olmadığını belirlemiştir.

Kontrol ve EP gruplarının antioksidan aktivite değerleri sırasıyla 24.01 ve 62.71 (TEAC mM trolox/mL kara havuç suyu) olarak bulunmuştur (Çizelge.3). Antioksidan aktivite özelliğine sahip fenolik bileşenlerin ve antosiyaninlerin sebze

suyuna daha fazla geçerek antioksidan aktiviteyi artırması hücre parçalanmasından kaynaklanmaktadır. Isıtma işlemleri sonrasında ise MD (76.59 TEAC mM trolox/mL kara havuç suyu) grubunda en yüksek antioksidan aktivite değeri bulunmuştur. Isıtma uygulamalarından sonra elektriksel işlemlerle kombine edilen gruplarda geleneksel pastörizasyona göre daha fazla antioksidan kapasite artışı belirlenmiştir. Kara havuç suyu üretiminde ısıtma işlemlerinin antioksidan aktivite üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır ( $P \leq 0.05$ ). Rayman (22) havuçlara aynı koşullarda EP uygulamasının antioksidan kapasiteyi %10.8 arttırdığını ve ısıtma işlemleri sonrasında MD uygulaması (37.0-39.0 TEAC mM trolox/mL havuç suyu) yapılan örneklerdeki antioksidan kapasitenin geleneksel pastörizasyon yapılan örneklere (13.8-16.0 TEAC mM trolox/mL havuç suyu) göre daha yüksek olduklarını ifade etmiştir. Ayrıca EP uygulaması sonucunda nar, vişne ve elma sularının antioksidan aktivite değerlerinde sırasıyla %13.4, %16 ve %40 artış olduğu önceki çalışmalarda ifade edilmektedir (41). Elma sularında 5.5 kV/cm voltaj gradyanında vurgulu elektrik alan uygulamaları ile antioksidan aktivite değerlerinde kontrol örneğine göre %15 artış sağlandığı belirtilmiştir. Elektriksel işlemin yüksek enerji sonucu radikal oluşumunu önleyici olması sonucunda meyve suyunda antioksidan kapasitesinin arttığı ifade edilmiştir (43).

## SONUÇ

Çalışmada elektroplazmoliz uygulamasının kara havuç suyu üretiminde %4.4 verim artışı sağladığı saptanmıştır. Bu orandaki artışın endüstriyel ölçekte üretimler dikkate alındığında önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca EP uygulamasının mikrodalga ile kombinasyonun fonksiyonel özellikleri daha yüksek kara havuç suyu üretimi amacıyla kullanılabilirliği düşünülmektedir. Elektroplazmoliz ve mikrodalga kombinasyonu ile geleneksel pastörizasyon uygulamasına göre antosiyanin içeriğinin %89 fazla olduğu ve fenolik madde içeriğinin ise %5.6 fazla olduğu belirlenmiştir. Bu düzeydeki artışlarla antioksidan kapasitesi geleneksel pastörizasyona göre %92 korunmuştur. Ek olarak geleneksel pastörizasyon yerine kullanılan mikrodalga ısıtma uygulamalarında eşdeğer sıcaklıklarda %100 PME enziminin inaktivasyonu sağlanırken, pektin korunumunda ise elektroplazmoliz ve mikrodalga kombinasyonu ile geleneksel pastörizasyon uygulamasına göre %10 artış sağlanmıştır. Sonuç olarak elektroplazmoliz ve mikrodalga kombinasyonunun fonksiyonel özellikleri korumanın yanında ısıtma işlem zararlarını

da azalttığı belirlenmiştir. Gelecekte bu konuda yapılacak araştırmalarda farklı sebze suyu çeşitleri için bu tekniklerin kullanılabilirliği üzerine çalışılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir ve elektriksel uygulamaların endüstriyel üretimlere aktarılması konusunda üniversite sanayii işbirliğine ihtiyaç duyulmaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ege Üniversitesi Bilim Teknoloji ve Uygulama Merkezi (EBİLTEM) maddi olarak desteklenmiştir; "Kara Havuç Suyu Üretiminde Elektroliz ve Mikrodalga Uygulamalarının Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri", EBİLTEM, 2009/09 BİL 010.

## KAYNAKLAR

1. Demirdöven A, Baysal T. 2012. Elektriksel Ön İşlem Ve Isıl İşlem Uygulamalarının Portakal Suyu Kalitesine Etkileri, *GIDA* 37 (2): 79-86.
2. Butz P, Tauscher B. 2002. Emerging Technologies: Chemical Aspects, *Food Res Int.*, 35 (2-3): 279-284.
3. Demirdöven A. 2009. Portakal Suyu Üretiminde Bazı Elektriksel Yöntemlerin Verim Ve Kalite Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, Ege Üni., Fen Bil. Enst., Gıda Müh. Anabilim Dalı. İZMİR.
4. Yıldız H, Demirdöven A. 2012. Elektroliz, *Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler* (Editörler: Taner Baysal ve Filiz İçier) Nobel yayın no:428, ANKARA, S:281-301.
5. Costell E, Carbonell E, Duran L. 1993. Rheological indices of fruit content in jams: Effect of formulation on flow plasticity of sheared strawberry and peach jams. *J. Texture Stud.*, 24.
6. Sandık IV. 1983. Konservayai Ovoshchesushil'naya Promyshlennost', No.5 (Yıldız, 2004'den).
7. Okilov S. 1995. Klasik ve Elektroliz Yöntemleri ile Elde Edilen Golden Delicious Elmaların Pres Suyuna İşlenmesi Sırasında Kimi Özelliklerine Etki Eden Faktörlerin Araştırılması, Y. L. Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
8. Saidov O. 1995. Klasik ve Elektroliz Yöntemleri ile Elde Edilen Starking Elmalarının Pres Suyuna İşlenmesi Sırasında Kimi Özelliklerine Etki Eden Faktörlerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Müh. Ana Bilim Dalı, İzmir.

9. Flaumenbaum BKI, Tancev SS, Girisin MA. 1986. Osnovi Konsev, Rovaniya Pişevih Productov, M. Agropromizdat, 494. (Okilov, 1995'ten)
10. Hepçimen AZ. 1996. Geleneksel ve Elektroliz Yöntemleriyle İşlenmiş Ayva Pulplarının Marmelata İşlenmesi Sırasında Kaliteye Etkiyen Unsurların Araştırılması. Yüksek Lisans, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
11. Yıldız H. 2004. Domates Salçası Üretiminde Elektroliz Uygulamasının Salça Kalitesi Ve Verimi Üzerine Etkilerinin Araştırılması: EÜ, Fen Bil. Enst., (Doktora Tezi) Bornova, İzmir.
12. Gerard KA, Roberts JS. 2004. Microwave heating of apple mash to improve juice yield and quality *LWT*. 37 : 551-557.
13. Canumir JA, Celis JE, De Brujin J, Vidal LV. 2002. Pasteurisation Of Apple Juice By Using Microwaves, *LWT*, 35: 389-392
14. Netzel M, Netzel G, Kammerer DR, Schieber A, Carle R, Simons L, Bitsch I, Bitsch, R, Konczak I. 2007. Cancer cell antiproliferation activity and metabolism of black carrot anthocyanins. *Innovative Food Sci Emerg Technol*, 8 (3) : 365-372.
15. Glassgen WE, Wray V, Dieter S, Metzger JW, Seitz HU. 1992. Anthocyanins from cell suspension cultures of daucus carota, *Pytochemistry*, 13-5, 1593-1601.
16. Kammerer D, Carle R, Schieber A. 2003. Detection of peonidin and pelargonidin glycosides in black carrots (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry, *Rapid Commun Mass Spectrom*, 17: 2407-2412.
17. Narayan MS, Venkataraman LV. 2000. Characterization of anthocyanin derived from carrot (*Daucus carota*) cell cultures. *J Food Chem* 70(3):109-111.
18. Kırca A, Özkan M, Cemeroglu B. 2006. Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. *Food Chem.* 97(4): 598-605.
19. Türker N, Erdoğan F. 2006. Effects of pH and temperature of extraction medium on effective diffusion coefficient of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* var. L.) *J Food Eng*, 76:579-583.
20. Ersus S, Yurdagel U. 2007. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier *J Food Eng*, 80:805-812.

21. Gardner NJ, Savard T, Obermeier P, Caldwell G, Champagne CP. 2001. Selection and characterization of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of carrot, cabbage, beet and onion vegetable mixtures. *Inter J Food Micro*. 64: 261–275.
22. Rayman A. 2010. Havuç Suyu Üretiminde Elektroliz ve Mikrodalga Uygulamalarının Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bornova, İzmir, 184 s.
23. Yemencioğlu A, Cemeroğlu B. 1998. Isı Uygulamada İndikatör Olarak Kullanılan Bazı Enzimlerin Aktivitelerinin Belirlenmesi, *GIDA*, 9: 76-80.
24. Anon. 1968. IFJU, Methods of Analyses. Metod-26. International Federation of Fruit Juice Producers, 10, Rue De Liege, Paris, France.
25. Franke S, Chless K, Silveria JD, Robensam G, et al. 2004. Study of Antioksidant and Mutajenic activity of different Orange Juice, *Food Chem*, 88:45- 55.
26. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioksidant Activity Applying An Improved Abts Radical Cation Decolorization Assay. *Free Radic Biol Med*, 26 (9/10):1231–1237.
27. Fuleki T, Francis FJ. 1968. Quantitative methods for anthocyanins. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. *J Food Sci*, 33:78–83.
28. Baysal T, Demirdöven A, Rayman A. 2011. Effects of Electrical Pre-Treatment Applications on Yield And Quality of Grape Juice, *GIDA*, 36 (3): 145-152.
29. AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists, 15 th Edition, Arlington, VA.
30. SPSS 15.0 for windows Version; SPSS Inc. Chicago, Ill.
31. Rayman A, Baysal T, Demirdöven A. 2011. Optimization of electropulsation application for increased juice yield in carrot juice production, *Int J Food Sci and Tech*, 46 (4): 781-786.
32. Demirdöven A, Baysal T. 2012. Elektriksel Ön İşlem Ve Isıl İşlem Uygulamalarının Portakal Suyu Kalitesine Etkileri, *GIDA*, 37 (2): 79-86.
33. Kubjak K. 1977. Elektroliz ve Tkanı Buraczeniei Zazytnaukowe Politechnik Lodzkiei Chenia Spozyweza. (Okilov, 1995'den).
34. Luo W, Zhang RB, Wang LM, Guan ZC, Jia ZD, Liao XJ. 2008. Investigation on Shelf Life of Carrot Juice Processed by Pulse Electric Field International Conference on High Voltage Engineering and Application. *ICHVE* 735-741.
35. Rodrigo D, Barbosa-Canovas GV, Martinez A, Rodrigo M. 2003. Pectin methyl esterase and natural microbial flora of fresh mixed orange and carrot juice treated with pulsed electric fields. *J Food Prot* 66:2336-2342.
36. Min S, Jin ZT, Yeom H, Min SK, Zhang QH. 2003. Commercial-scale pulsed electric field processing of orange juice. *Food Chem and Toxicol*, 68 (4): 1265–1271.
37. Yeom HW, Zhang QH, Chism GW. 2002. Inactivation of pectin methyl esterase in orange juice by pulsed electric fields. *J Food Sci*, 67(6): 2154-2159.
38. Zhang QH, Sastry SK, Yousef AE. 1996. Integrated processing and aseptic packaging system using high voltage pulsed electric field technology. In The institute of food technology meeting: Book of abstracts.
39. Tajchakavit S, Ramaswamy HS. 1997. Thermal vs. Microwave Inactivation Kinetics of Pectin Methylesterase in Orange Juice Under Batch Mode Heating Conditions *LWT*, 30: 85–93.
40. Nikdel S, Chin J, Chens S, Parishs ME, Mackellar DG, Friedrich LM. 1993. Pasteurization of Citrus Juice With Microwave Energy on A Continuous-Flow Unit, *J. Agdc. Food Chem*. 41: 2116-2119.
42. Baysal T, İçier F, Yıldız H, Rayman A, Demirdöven A. 2012. Meyve ve Sebze suyu Üretiminde Farklı MEF (İlimli Elektrik Alan) Uygulama Sistemlerinin Etkilerinin İncelenmesi, Türkiye 11. Gıda Kongresi, 10-12 Ekim, 2012, Hatay, S:34
43. Khandare V, Walia S, Singh M, Kaur C. 2011. Black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus*) juice: processing effects on antioxidant composition and color *Food Bioprod. Process.*, 89 (4): 482-486.
44. Schilling S, Alber T, Toepfl S, Neidhart S, Knorr D, Schieber A, Carle R. 2007. Effects of pulsed electric field treatment of apple mash on juice yield and quality attributes of apple juices. *Innovative Food Sci Emerg Technol* 8:127-134.