

ELEKTRİKSEL ÖN İŞLEM VE ISIL İŞLEM UYGULAMALARININ PORTAKAL SUYU KALİTESİNE ETKİLERİ

Aslıhan Demirdöven^{1*}, Taner Baysal²

¹Gaziosmanpaşa Üniv., Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühend. Bölümü, Tokat

²Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

Geliş tarihi / Received: 03.01.2012

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 17.03.2012

Kabul tarihi / Accepted: 23.03.2012

Özet

Bu çalışmada verim artışı sağlamak amacıyla ön işlem olarak uygulanan elektroplazmoliz (EP) ve ısı işlem olarak uygulanan mikrodalga (MD) ve ohmik ısıtma (OH) tekniklerinin portakal suyu kalitesine etkileri incelenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında portakal suyu üretimine uygun optimum elektroplazmoliz uygulama koşulu "cevap yüzey yöntemi" ile belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise portakal suyu üretimleri elektriksel işlem uygulamalarının tek tek ve bir arada kullanılmaları ile altı ayrı deneme grubu ile yürütülmüştür. MD üretimleri 50 ml/dak-900 Watt ve OH üretimleri ise 42 V/cm-69 °C'da yapılmıştır. Üretimler sonrasında EP uygulanmamış (kontrol) ve EP uygulanmış portakal sularında verim ve kabuk yağı değerleri belirlenmiştir. Tüm uygulama gruplarında pulp oranı, viskozite, berraklaşma değeri, esmerleşme düzeyi ve renk değerlerindeki değişim incelenmiştir. Sonuç olarak portakal suyu üretiminde EP uygulamasıyla %8'in üzerinde verim artışı sağlanmıştır. Ayrıca EP ve elektriksel ısıtma uygulamalarının kombinasyonları ile geleneksel pastörizasyona kıyasla kalite özellikleri daha yüksek portakal suyu üretiminin gerçekleştirilebileceği saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Portakal suyu, elektroplazmoliz, mikrodalga ısıtma, ohmik ısıtma, verim, kalite.

EFFECTS OF ELECTRICAL PRE-TREATMENT AND HEAT TREATMENT APPLICATIONS ON QUALITY OF ORANGE JUICE

Abstract

In this study; the effects of electroplasmolysis (EP) as a pre-treatment on yield and the effects of microwave (MD) and ohmic heating (OH) by a heat treatment of orange juice quality were investigated. Initially, electroplasmolysis applications were optimized by Response Surface Methodology (RSM). In the second phase of the study; production of orange juice was carried out for each treatment. Trials were done in six application groups with single electrical treatment and combinations of them. Orange juices were produced as 50 ml/sec-900 Watt for microwave heating and 42 V/cm-69 °C for ohmic heating applications. After production of orange juices; yield and oil content of peel were determined in control and EP groups. After that; pulp content, viscosity, clarifying value, browning index, color values were investigated in all groups. As a result of electroplasmolysis application, more than 8% increase in yield was determined. In addition, EP and electrical heating combinations gave better quality results comparing the conventional thermal heating in orange juice production.

Keywords: Orange juice, electroplasmolysis, microwave heating, ohmic heating, yield, quality.

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ aslihan.demirdoven@gop.edu.tr,

☎ (+90) 356 252 1616/2897

☎ (+90) 356 252 1729

GİRİŞ

Dünyada meyve suyuna işlenen meyveler arasında ilk sırayı portakal (*Citrus sinensis*) almaktadır; üretilen portakalların yaklaşık yarısı (%49) meyve suyuna işlenerek tüketime sunulmaktadır (1). Portakal sularının pastörizasyonunda hedef, mikroorganizmalardan çok pektin metilesteraz (PME) enziminin inaktivasyonudur (2). PME inaktivasyonu sağlamak amacıyla yüksek sıcaklıklarda işlem yapılması portakal sularında duyuusal kayıplara neden olmanın yanında besin ögesi kayıplarına da yol açmaktadır (3). Literatürde geleneksel işleme yöntemleri kullanılarak elde edilen portakal sularında veriminin %40-50 oranında olduğu belirtilmektedir (1). Diğer taraftan ülkemizde portakal suyu veriminin ise %30-40 oranında kaldığı bilinmektedir. Bu nedenle portakal suyu üretiminde alternatif tekniklerin kullanılma olanaklarının araştırılması önemli görülmektedir. Özellikle elektriksel yöntemler gıdalara uygulanan alternatif teknolojiler arasında önemli yer tutmaktadır. Elektriksel yöntemlerin kullanımını ile üretilen ürünler; besin içeriklerinin geleneksel üretim tekniklerine göre daha yüksek olmaları nedeniyle de tercih edilmektedirler. Bu teknolojiler arasında üzerinde yoğunlukla çalışılan ve ticari uygulamaları bulunan mikrodalga ve ohmik ısıtma yöntemleridir (4). Mikrodalga ve ohmik ısıtma uygulamaları gıda içerisinde hacimsel ısıtma sağlayan sistemlerdir. Mikrodalga ısıtma gıdaların çözündürülmesi ve pişirilmesi amacıyla kullanılırken; ohmik ısıtma sistemlerinde ise %50-70'in altındaki katı konsantrasyonuna sahip pompalanabilir gıda karışımları işlenebilmektedir (5). Ohmik ısıtma sistemlerinin diğer elektro-ısı sistemlerinden farkı kullanılan elektrot sistemlerinin doğrudan gıda ile temas etmesidir (6, 7). Ohmik ısıtmaya benzer şekilde, elektroplazmoliz tekniği de gıda ile temas eden elektrot sistemine dayanmaktadır. Mikrodalga ve ohmik ısıtma yöntemleri gıda işlemede enzim ve mikroorganizma inaktivasyonu amacıyla geleneksel ısı işlemlerin yerine kullanılmakta iken; elektroplazmoliz tekniği özellikle meyve ve sebze ürünlerinin işlenmesinde verim artışı sağlamak amacıyla ön işlem olarak kullanılmaktadır (8). Elektroplazmoliz işlemi farklı tipte elektroplazmolizatörler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir (9,10). Literatürde turuncgil suyu üretiminde elektroplazmoliz uygulamasının etkilerinin araştırıldığı bir çalışma mevcuttur (11). Ancak bu uygulamanın endüstriyel ölçekteki üretimlere adaptasyonu mümkün değildir. Dolayısıyla ile endüstriyel hatlara adapte edilebilecek elektroplazmolizatör tasarımlarının yapılması gerekli görülmektedir.

Portakal suyu üretiminde sözü edilen problemlere çözüm getirmek amacıyla mikrodalga ve ohmik ısıtma uygulamalarının ayrı ayrı portakal suyu kalitesine etkileri sınırlı sayıdaki araştırmalarda ifade edilmektedir (12-18). Ancak elektroplazmoliz uygulamasının etkisi ve üç elektriksel işlem (elektroplazmoliz, mikrodalga, ohmik ısıtma) uygulamasının bir arada kullanıldığı çalışmalar kaynakçalarda bulunmamaktadır. Ayrıca portakal suyu üretiminde iğneli tip elektroplazmolizatörün kullanıldığı başka bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

Bu çalışmada gıdaların işlenmesi sırasında verim artışı sağlamak amacıyla uygulanan elektroplazmoliz ön işleminin ve ısı işlem amacıyla uygulanan ohmik ısıtma, mikrodalga ve geleneksel pastörizasyon uygulamalarının ayrı ayrı ve birlikte aynı işlem hattında portakal suyu kalitesine etkilerinin saptanması ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma meyve suyu endüstrisinin portakal suyu kalitesini değerlendirmekte kullandığı bazı kimyasal ve fiziksel analizlerle sınırlı tutulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışmada materyal olarak kullanılan "Valencia" çeşidi portakallar Salihli/Manisa bölgesinde faaliyet gösteren Zumdieck Konserve ve Dondurulmuş Gıda Ltd. Şirketinden temin edilerek Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü pilot tesisine getirilmiştir. Portakallar işleninceye kadar +7 °C de ve %80-90 bağıl nemdeki soğuk hava deposunda tutulmuş ve 48 h içerisinde işlenmiştir.

Yöntemler

İşleme yöntemleri

Portakal suyu üretimi: Uygun yöntemin belirlenmesinde sanayi uygulamalarında kullanılan ekstraksiyon ve presleme yöntemlerinde kullanılabilir akış şeması oluşturulmasına dikkat edilmiştir. Portakal suyu üretimi amacıyla; yıkama, ayıklama ve sınıflandırma ön işlemlerinden geçirilen portakallar 2 gruba ayrılmıştır (Şekil 1). İlk gruba elektroplazmoliz uygulaması yapıldıktan sonra kabuk soyma ve ekstraksiyon işlemleri yapılmış ve portakal suyunun pulp oranlarının %10'un altına düşürülmesi amacıyla 1x1 mm boyutlarındaki eleklerden geçirilerek pulp oranları ayarlanmıştır. Daha sonra üretilen portakal suları üç gruba ayrılarak ısı işlem (mikrodalga, ohmik ısıtma ve pastörizasyon) uygulamaları yapılmıştır (elektroplazmoliz ve ısıtma yöntemlerinin kombinasyonları). İkinci grup ise elektroplazmoliz

uygulaması yapılmadan kabuk soyma ve ekstraksiyonu işlemleri gerçekleştirilmiş ve sonrasında birinci grupta olduğu gibi pulp oranları ayarlanmıştır. İlk grupta olduğu gibi portakal suları üç gruba ayrılarak ısıtma işlemi (mikrodalga, ohmik ısıtma ve pastörizasyon) uygulamaları (ısıtma tekniklerinin bireysel etkilerinin belirlenmesi) yapılmıştır. Ayrıca örneklerde ısıtma işlemi öncesi elektroplazmoliz ve ısıtma işlemi öncesi geleneksel üretim (kontrol) koşulları kıyaslanmıştır.

Portakal ⇒ Yıkama ⇒ Sınıflandırma (7.0±0.5 cm)
⇒ A ve B gruplarının üretimi

A) Elektroplazmoliz ⇒ Kabuk soyma ⇒ Ekstaksiyon
⇒ Filtrasyon
a) EP; b) EP+MW; c) EP+OH; d) EP+CH

B) Kontrol ⇒ Kabuk soyma ⇒ Ekstaksiyon ⇒ Filtrasyon
a) Kontrol; b) MW; c) OH; d) CH

Şekil 1. Portakal suyu üretimi ve deneme grupları
(EP: elektroplazmoliz; EP+MD: elektroplazmoliz+mikrodalga ısıtma; EP+OH: elektroplazmoliz+ohmik ısıtma; EP+CH: elektroplazmoliz+geleneksel ısıtma; MW: mikrodalga ısıtma; OH: ohmik ısıtma; CH: geleneksel ısıtma)

Portakal sularının üretimi öncesinde kullanılacak tüm üretim ekipmanları 200 mg/L'lik klor çözeltisi ile dezenfekte edilmiştir ve örneklerin analizlere kadar muhafaza edileceği kavanozlar ise 170 °C'da 1 h süreyle kuru sterilizasyon işlemine tabi tutulmuştur (19). Portakal sularının ısıtma ve elektriksel işlem uygulamaları sonrasında sıcak dolmuş ve buzlu su banyosunda oda sıcaklığına soğutulmuş olarak analize alınmıştır.

Pilot ölçekli iğneli tip elektroplazmolizatör: Elektroplazmoliz uygulaması parçalanmamış bütün haldeki meyvelerin işlenmesine uygun olarak tasarlanmış ve yapılmış olan iğneli tip elektroplazmolizatör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada silindirler arası mesafe 6.5 cm, iğneler arası mesafe 4.5 ve silindir dönüş hızı 25 s/1 devir olarak ön denemelerde belirlenmiş koşullarda yürütülmüştür. Elektroplazmolizatör tasarımı ve çalışma koşulları Demirdöven (2009) da detayları ile verilmiştir (8).

Laboratuvar düzeyinde sürekli mikrodalga sistemi: Portakal suyunun mikrodalga pastörizasyonu ARÇELİK MD 595 Model, 2450 Mhz mikrodalga fırın sıvı gıdalar için sürekli hale getirilerek gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla mikrodalga fırın ısıtma bölmesine 3 metre uzunluğunda ve 8 mm iç-11mm dış çaplı mikrodalga ışınımına direnç göstermeyen silikon hortum yerleştirilmiş ve akış kontrolü peristaltik pompa (Watson-Marlow; 505U/RL) ile sağlanmıştır. Mikrodalga ısıtma ünitesi 180-900 W güç düzeyinde çalışmaktadır ve

sistem içerisinde 10-220 RPM akış sağlanabilmektedir. Mikrodalga giriş ve çıkışında bulunan örnek kaplarına yerleştirilen ısıtma yardımcıyla portakal suyunun giriş ve çıkış sıcaklıkları belirlenmiştir. Laboratuvar düzeyinde sürekli mikrodalga sisteminin çalışma koşulları Demirdöven (2009)'da detaylı olarak verilmiştir (8).

Laboratuvar ölçekli ohmik ısıtma sistemi: İçier (2003)'de ayrıntıları ile açıklanan ohmik ısıtma sistemi portakal sularının ohmik pastörizasyonu amacıyla kullanılmıştır (7). Çalışma süresince dörtgen kesitli Teflon ohmik ısıtma hücresi kullanılmış ve 4 cm elektrot açıklığında çalışılmıştır.

Isıl işlem uygulamaları: Literatürde portakal suyunun materyal olarak kullanıldığı çalışmalarda geleneksel pastörizasyon uygulamasına ait farklı sıcaklık ve süreler kullanılmıştır (20-22). Çalışmada geleneksel ısıtma uygulaması, portakal suları 200 ml'lik cam kavanozlara konulduktan sonra benmari usulü kontrollü ısıtma işlemi uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Geleneksel pastörizasyon işlemi ürün soğuk nokta sıcaklığı 95 °C'ye ulaştıktan sonra 1 dak bu sıcaklıkta tutularak yapılmıştır. Sıcaklık kontrolü cam kavanoza yerleştirilen ısıtma yardımcıyla belirlenmiştir.

Isıl işlem amacıyla kullanılan mikrodalga ve ohmik ısıtma uygulamalarına ait üretim şartları cevap yüzey yöntemi ile belirlenmiş ve en düşük PME aktivitesini sağlayan işlem koşulları optimum nokta olarak seçilmiştir. Mikrodalga ısıtma uygulaması 50 ml/dak akış hızı, 900 W güç de gerçekleştirilmiştir; portakal suyunun sistemde kalış süresi 45 s ve çıkış sıcaklığı 75 °C'dir. Ohmik ısıtma uygulaması ise 42 V/cm ve 69 °C'da gerçekleştirilmiştir; portakal suyunun 42 V/cm voltaj gradyanındaki 69 °C'a ısınma süresi 15 s ve bu sıcaklıkta tutulma süresi 1 dak'dır. Optimizasyon sonrası altı ayrı deneme grubunda PME enziminde mikrodalga uygulaması ile %94.4, ohmik ısıtma uygulaması ile %92.6 ve geleneksel pastörizasyon uygulamaları ile %90.6 oranında PME inaktivasyonu sağlanmıştır. Elektriksel işlemlerin etkilerinin bir arada değerlendirildiği gruplarda ise elektroplazmoliz ve mikrodalga kombinasyonu ile %95.6, elektroplazmoliz ve ohmik ısıtma kombinasyonu ile %96 ve elektroplazmoliz ve geleneksel pastörizasyon kombinasyonu ile %93.4 oranında PME inaktivasyonu sağlanmıştır. Isıl işlem öncesi elektroplazmoliz uygulaması ile de kontrol grubu (hiçbir ısıtma işlemi uygulanmamış) portakal sularına kıyasla %7.1 PME inaktivasyonu sağlanmıştır, detaylar Demirdöven (2009) da verilmiştir (8).

Analiz yöntemleri

Verim: EP ve kontrol grubu portakal sularının ekstraksiyon verimleri (%) ve verim artışları (%)

aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Verim (\%)} = \frac{\{(\text{meyve ağırlığı, g} - (\text{meyve kabuğu, g} + \text{posa, g}) \}}{\text{meyve ağırlığı, g}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Verim artışı (\%)} = \left[\frac{\text{EP verim (\%)} }{\text{EP uygulanmamış verim (\%)} } \times 100 \right] - 100 \quad (2)$$

Kabuk yağı, pulp oranı, emerleşme düzeyi ve viskozite değerleri: Turunçgil sularında kabuk yağı tayini, Anon (2000) de belirtildiği şekilde uygulanmış ve örnekteki yüzde yağ oranı hacim üzerinden hesaplanmıştır (23). Portakal sularının pulp oranlarının belirlenmesi Anon (2000) de belirtildiği gibi yapılmıştır (24). Esmereleşme düzeyi ise Meydav ve ark. (1977) ait yöntem kullanılarak yürütülmüştür (25) ve 420 nm dalga boyunda absorbans değerleri saptanmıştır. Ölçülen absorbans değeri "esmerleşme indeksi" olarak alınmıştır. Berraklaşma testi, Anon (2000) de belirtilen yöntemle göre süzütünün %transmittans (%T) değeri 650 nm'de belirlenmiştir (26). Örneklerin viskozitelerinin belirlenmesinde, Esteve ark. (2005) ait yöntem Redd ve ark., (1986) uygun şekilde modifiye edilerek kullanılmıştır (27, 28). İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümünde bulunan Haake Viskotester-550 Reometre kullanılarak belirlenmiştir. Viskozitelerin belirlenmesinde MV DIN başlık kullanılarak, 50 RPM'de 3 dakika karıştırma sonundaki viskozite değerleri belirlenmiş ve mPa.s olarak ifade edilmiştir.

Renk değerleri: HunterLab Colorflex model Colorimetre (Managment Company, USA) kullanılarak L (parlaklık), a (kırmızı-yeşil) ve b (sarı-mavi) değerleri belirlenmiş ve bu değerler kullanılarak ΔE (toplam renk farkı) değerleri hesaplanmıştır. Ek olarak turunçgil suları için geliştirilmiş olan turunçgil sayısı (Citrus number, CN) değerleri; X (kırmızı), Y (yeşil) ve Z (mavi) renk değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (Martinez et al; 2005). Örneklerin ΔE , CN değerlerinin hesaplanmasında aşağıda verilen formüller kullanılmıştır:

$$\Delta E = \sqrt{[(L-L_{ref})^2 + (a-a_{ref})^2 + (b-b_{ref})^2]} \quad (3)$$

$$CN = 0.61 + 42.14X/Y - 16.43Z/Y \quad (4)$$

DeneySEL Tasarım ve İstatistiksel Analiz

Elektroplazmoliz işlem koşullarının belirlenmesi: Araştırmada kullanılan EP uygulamasının optimum çalışma koşulu CevapYüzey yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Elektroplazmoliz uygulamasında bağımsız değişken olarak voltaj, cevap olarak da portakal suyu ekstraksiyon verimi (bağımlı değişken) seçilmiştir. Böyle bir modelin oluşturulması "tek faktörlü" deneme planı izlenerek (Çizelge.1) ve tek merkezli olarak

yürütülmüştür. Optimizasyonda elde edilen modelin değerlendirilmesinde Design Expert 7.0.0 (STAT-EASE, 2005) paket programı kullanılmıştır. Oluşturulan modelin deneysel verileri hangi ölçüde karşıladığı varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Kullanılan modelin uygunluğuna; modelin matematiksel formun uygunsuzluğundan kaynaklanan hatanın (lack of fit) önemsiz ve regrasyondan kaynaklanan varyasyonun %95 güven seviyesinde önemli olması koşuluyla karar verilmiştir. Model uygunluğu regresyon katsayısı (R^2), düzeltilmiş regresyon katsayısı (adj R^2), tahminlenmiş kalıntı hata kareler toplamı (PRESS), varyasyon katsayısı (C.V.) ve tahminlenmiş çoklu belirleme katsayısı (Pre- R^2) kullanılarak test edilmiştir. Optimizasyon üretimleri 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiş ve bunların ortalamaları bağımlı değişken (cevap) olarak kullanılmıştır.

Analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri ise Şansa Bağlı Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre işleme yöntemi farklılıkları dikkate alınarak incelenmiş ve farklılıklar Duncan testi ile %95 güven aralığında değerlendirilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler SPSS 13 paket programı kullanılarak yürütülmüştür.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Elektroplazmoliz işleminin verim üzerine etkisi 40-200 volt arasında (Çizelge 1) incelenmiş ve uygulanan voltaja bağlı olarak 120-130 Volt aralığında verimin en yüksek değere ulaştığı belirlenmiştir. Optimizasyonda çalışılan voltaj aralığı içerisinde en düşük voltajda en yüksek verimi sağlayan işlem koşulu optimum nokta olarak seçilmiştir. Bu noktanın belirlenmesinde yanıt için elde edilen ikinci dereceden polinomiyal model kullanılmıştır. Çalışılan deneysel bölge içerisindeki optimum işlem koşulları "istenilirlik (desirability) fonksiyonu" metodu kullanılarak saptanmıştır. İstenilirlik fonksiyonu kullanıldığında en düşük voltajda en yüksek verimi 122 Volt EP uygulaması sağlamaktadır ve istenilirlik fonksiyonu değeri 1 olarak belirlenmiştir (data verilmemiştir). Seçilen optimum nokta olan 122 Volt (27.1V/cm) EP uygulaması verimi %38.70 dir. EP uygulanmamış örneklerin verimleri ise %35.72 olarak belirlenmiştir. Yapılan üretime göre teorik ve gerçek verim değerleri ile EP uygulaması sonucu elde edilen verim artışları Çizelge 2'de görülmektedir. Optimizasyonla belirlenen (teorik) verimle, üretimlerle belirlenen (gerçek) verim değerlerinin uyumlu olduğu görülmektedir. 122 Volt EP ile yapılan üretimde ortalama % 8.20 verim artışı olduğu saptanmıştır.

Literatürde turuncgil sularında EP uygulamasıyla verim artışı üzerine yapılan tek çalışmada valsli elektrolizör kullanımı ile turuncgil suları üretiminde %10'luk verim artışı sağlandığı belirtilmektedir (11). Ancak yapılan uygulamada limon ve portakalların kabukları soyulduktan sonra albedo ve flavedo katmanları ayrılmış ve meyveler 2-3 dilime ayrılarak EP uygulaması gerçekleştirilmiştir. Araştırmada kullanılan iğneli tip elektrolizör ile bütün haldeki portakallara kabukları soyulmadan EP uygulanabilmekte ve endüstriyel üretim hatlarına kolayca adapte edilebileceği düşünülmektedir.

sınırlandırılmıştır (1). Sonuçlara göre EP uygulamasının portakal suyuna kabuk yağı geçişini arttırdığı ancak her iki grup portakal suyundaki kabuk yağı miktarlarının standartların çok altında kaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, Parish (1998) yüksek basınç ve geleneksel pastörizasyon uygulamalarının portakal sularındaki kabuk yağına etkilerini araştırdığı çalışmada; yüksek basınç uygulamasının kabuk yağı miktarını azalttığını belirlemiş ve her iki uygulamada elde edilen sonuçların USDA standartlarının altında olduğunu ifade etmiştir (29).

Portakal sularının pulp oranlarının %8.25-8.45

Çizelge 1. Elektroliz "Tek faktör" değişken ve seviyeleri

Bağımsız değişken	Kodlanmış seviyeler				
	-1	-1/2	0	+1/2	+1
x_1 Voltaj(V)	40	80	120	160	200

Çizelge 2. Elektroliz uygulaması ile belirlenen teorik ve gerçek verim değerleri ile sağlanan verim artışları

Uygulama	Optimizasyonla belirlenen (teorik) verim (%)	Gerçek verim (%)	Verim artışı (%)
122 Volt	38.70	38.65a	8.20
Kontrol	-----	35.72b	-----

* a,b.. harfleri uygulamalara ait $P \leq 0.05$ seviyesindeki istatistiksel farklılıkları ifade etmektedir.

Üretimler sonrasında portakal sularının kabuk yağı, pulp oranı, esmerleşme değeri, berraklaşma testi ve viskozite değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. EP ve kontrol örneklerine ait kabuk yağı (%) değerlerindeki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0.05$). Portakal sularının kalitesini olumsuz yönde etkileyen faktörlerin başında, meyve suyuna geçmiş kabuk yağı gelmektedir. Kabuk yağı portakal suyunun duyuşal özelliklerini olumsuz yönde etkilemekte ve aşırı terpen içeriği nedeniyle oksidasyona eğilimi arttırmaktadır. Oksidasyon; ışık, ısı ve demir, bakır gibi iyonlarca katalize edilmektedir. Bu nedenle portakal suları ile ilgili USDA (A.B.D. Tarım Bakanlığı) standartlarında maksimum kabuk yağı oranı birinci sınıf portakal sularında %0.035, ikinci sınıf olanlarda ise %0.045 olarak

arasında değiştiği belirlenmiştir. Tüm uygulamalara ait pulp oranlarındaki değişimin istatistiksel olarak farklı olmadığı saptanmıştır ($P > 0.05$). Bu durum üretimler sırasında yapılan pulp ayırma işleminin tüm uygulamalarda eşit koşullarda gerçekleştiğini göstermektedir. Cemeroglu ve Karadeniz (2001), ham portakal suyunda ekstraksiyon tekniğine göre %10-25 oranında pulp olduğunu ve bu oranın üretimin hemen sonrasında %3-8'e kadar düşürülmesi gerektiğini ifade etmişlerdir (1). Ön işlem ve ısıl işlem uygulanmış portakal sularına ait berraklaşma testi (%T) değerleri 19.15-34.76 arasında bulunmuştur. EP, PAS ve OH grupları arasında ve kontrol, MD, EP+MD ve EP+PAS grupları arasında istatistiksel bir fark olmadığı saptanmıştır ($P > 0.05$). Literatürde berraklaşma testinde %T değerleri; 0-24 arası berraklaşma

Çizelge 3. Portakal sularının bazı kalite özellikleri

Uygulama	Kabuk yağı (%)	Pulp oranı (%)	Berraklaşma (% T)	Viskozite (mPa.s)	Esmerleşme Düzeyi (absorbans -420nm)
Kontrol	0.0054 ^a	8.300 ^a	26.61 ^a	4.732 ^a	0.1184 ^a
EP	0.0059 ^b	8.350 ^a	34.76 ^b	5.668 ^b	0.0984 ^b
MD	-----	8.250 ^a	27.05 ^a	4.722 ^c	0.1380 ^c
OH	-----	8.350 ^a	33.99 ^b	8.502 ^d	0.1266 ^d
PAS	-----	8.400 ^a	33.51 ^b	9.044 ^e	0.1518 ^e
EP+MD	-----	8.450 ^a	26.33 ^a	5.668 ^f	0.1137 ^f
EP+OH	-----	8.450 ^a	19.15 ^c	6.665 ^g	0.1562 ^g
EP+PAS	-----	8.450 ^a	26.07 ^a	7.617 ^h	0.1416 ^h

* a,b.. harfleri uygulamalara ait $p \leq 0.05$ seviyesindeki istatistiksel farklılıkları ifade etmektedir.

olmadığını; 25-35 hafif berraklaşma olduğu; 36-60 arası belirgin; 61-100 arasında ise aşırı berraklaşma olarak değerlendirilmektedir (26). Sonuçlara göre EP+OH (19.15) dışındaki örneklerin tümünde hafif berraklaşma olduğu saptanmıştır. Bunun kalıntı enzim aktivitesine bağlı olarak pektinin parçalanması sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir. Parish (1998), portakal sularındaki berraklaşma testi değerlerinin 9-22 arasında değiştiğini belirtmiştir (29). Portakal sularının viskozite değerleri incelendiğinde; örneklerin tamamına ait viskozite değerlerindeki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($P \leq 0.05$). Uygulamalara ait viskozite değerlerindeki artışın ısı işlem süresi artışına bağlı olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. Örneklere ait ısı işlem süreleri MD (45 s) < OH (15 s ısınma+1 dak bekleme) < PAS (10 dak ısınma+1 dak işlem süresi) olarak gerçekleşmiştir. Benzer sonuçlar Aguayo ve ark. (2008) tarafından domates sularında vurgulu elektrik alan (PEF) uygulaması sonucu ısı işlem süresindeki artışa bağlı olarak da belirlenmiştir (30). Shcheglov ve ark., (1967) elektriksel işlemler sonucunda plazmik zarın geçirgenliğinin artması sonucunda viskozitenin değiştiğini ifade etmişlerdir (31). Cserhalmi ve ark., (2006) da turunçgil sularında viskozitedeki artışın yüksek oranda pektin içeriğine ve PME enziminin inaktivasyon oranlarındaki farklılıklara bağlı olarak ortaya çıktığı ifade etmişlerdir (32). Kontrol ve EP gruplarının esmerleşme düzeylerine ait absorbans değerleri sırasıyla 0.1184 ve 0.0984 olarak bulgulanmıştır. Turunçgil sularında esmerleşme düzeyi enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının bir ölçüsüdür (33). Kontrol grubu portakal sularında EP uygulamasına kıyasla daha fazla enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun görüldüğü söylenebilir. EP uygulamasına ait esmerleşme düzeyindeki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($P \leq 0.05$). Isıl işlem uygulamaları sonrasında en yüksek esmerleşme değeri EP+OH ve PAS grubunda; en düşük değer ise EP+MD grubunda belirlenmiştir. Farklı ısı işlem uygulamaları ile üretilen portakal sularının esmerleşme düzeylerindeki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($P \leq 0.05$). Bunun nedeninin hücrelerin yaşam fonksiyonlarının kesilmesiyle polifenolik bileşiklerin oksidasyona uğramalarının olduğu tahmin edilmektedir. Benzer şekilde elma suyu üretimi sonrasında da esmerleşme olduğu saptanmıştır (31). Ayrıca portakal sularında belirlenen enzimatik olmayan esmerleşmelerin mailard reaksiyonu ve askorbik asit degradasyonuna bağlı olarak gerçekleştiği düşünülmektedir (34,35, 36). Farklı ön işlem ve ısı uygulamaları ile üretilen portakal sularının renk (L,b, ΔE ,CN) değerlerine ait

sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir. EP uygulaması sonucunda portakal sularının L değerlerinde artış belirlenmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($P \leq 0.05$). Isıl işlem uygulamaları sonrasında ölçülen L değerleri çok farklı olmamasına karşın istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Lee ve Castle (2001) farklı dönemlerde hasat edilen portakallardan üretilen meyve sularının L değerlerinin 44.7 ve 50.3 arasında derim dönemine göre değişim gösterdiğini saptamışlardır (37). Sanchez-Moreno ve ark., (2005) portakal sularının L değerlerinde ısı işlem sonrası fark belirlemişlerdir (21).

EP uygulaması sonucunda portakal sularının b değerlerinde artış olduğu ve b değerindeki bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($P \leq 0.05$). Isıl işlem uygulamaları sonrasında EP ile kombine edilen tüm ısı işlem gruplarında b değerlerinin diğer ısı işlem grubu örneklere kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Isıl işlem uygulamaları sonrasında portakal sularının b değerlerinde belirlenen fark EP+MD ve EP+OH grupları dışındaki diğer örnek gruplarında istatistiksel olarak önemli olarak değerlendirilmiştir ($P \leq 0.05$). Sanchez-Moreno ve ark., (2005) portakal sularının b değerlerinde ısı işlem sonrası fark belirlemişlerdir (21). Toplam renk farkı (ΔE) değeri EP grubunda 0.84 olarak hesaplanmıştır. EP uygulamasının portakal sularının ΔE değerlerinde düşük düzeyde bir fark ortaya çıkardığı belirlenmiştir. Isıl işlem uygulamaları sonrasında EP ile kombine edilen tüm ısı işlem gruplarında ΔE değerlerinin diğer ısı işlem grubu örneklere kıyasla daha yüksek olduğu ayrıca ısı işlem uygulamalarının ΔE değerlerinde artışa neden olduğu saptanmıştır. Isıl işlem sonrası toplam renk farkındaki en az değişim OH grubu örneklerde ortaya çıkmıştır. Farklı ısı işlem uygulamaları ile üretilen portakal sularının ΔE değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). Örneklerin turunçgil sayısı (CN-citrus number) değerleri incelendiğinde; kontrol ve EP grubunda CN değerleri 43.71 ve 43.86 olarak belirlenmiştir. EP uygulamasının portakal sularının CN değerlerinde farklılık az olmasına rağmen istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Isıl işlem uygulamaları sonrasında EP ile kombine edilen tüm ısı işlem gruplarında CN değerlerinin diğer ısı işlem grubu örneklere kıyasla daha yüksek olduğu ve ısı işlem uygulamalarının CN değerlerinde azalmaya neden olduğu görülmüştür. Farklı ısı işlem uygulamaları ile üretilen portakal sularının CN değerlerinin OH ve PAS dışındaki gruplar arasında istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($P > 0.05$). Lee ve Castle (2001) USDA

Çizelge 4.Portakal sularının renk değerleri

Uygulama	L	b	ΔE	CN
Kontrol	59.28 ^a	65.12 ^a		43.71 ^a
EP	59.61 ^b	65.81 ^a	0.84 ^a	43.86 ^b
MD	60.09 ^c	66.90 ^c	2.16 ^b	43.41 ^c
OH	59.02 ^d	65.52 ^d	1.58 ^b	43.17 ^d
PAS	59.17 ^e	66.23 ^e	2.14 ^b	43.11 ^e
EP+MD	60.45 ^f	68.14 ^f	3.35 ^b	43.49 ^f
EP+OH	59.98 ^g	67.64 ^g	2.66 ^b	43.65 ^{c,f}
EP+PAS	59.88 ^h	67.61 ^g	2.74 ^b	43.46 ^{c,f}

* ^{a-h}harfleri uygulamalara ait $P \leq 0.05$ seviyesindeki istatistiksel farklılıkları ifade etmektedir

tarafından birinci sınıf portakal suyu CN değerinin minimum 35.5 olarak belirlendiğini ifade etmişlerdir (37). Çalışmada elde edilen sonuçlar bu değer üzerinde; ayrıca yapılan ön işlem ve ısıl işlem uygulamaların portakal sularının rengini olumsuz olarak etkilememiştir.

SONUÇ

Çalışmada kullanılan 122 Volt (27.1 V/cm) elektroplazmoliz uygulamasının portakal suyu üretiminde %8.20 verim artışı sağladığı saptanmıştır. Bu orandaki artışın endüstriyel ölçekte üretimler dikkate alındığında önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Sonuçlara göre yapılan elektriksel ön işlem ve ısıl işlem uygulamalarının portakal suyunun kabuk yağı viskozite, esmerleşme düzeyi ve renk (L ve b) değerleri incelendiğinde portakal suyu kalitesini etkileyecek olumsuz değişimler yaratmadığı belirlenmiştir. Renk değerindeki en önemli değişim ise ΔE değerinde ölçülmüştür. EP uygulamasının portakal sularının CN değerlerinde ise artışa neden olduğu saptanmıştır. Çalışmada elde edilen verim ve kalite özellikleri dikkate alındığında EP uygulamasının portakal suyu üretiminde önemli yararlar sağlayacağı düşünülmektedir ve bu 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. Ayrıca EP uygulamasının diğer elektriksel yöntem uygulamaları (mikrodalga ve ohmik ısıtma) ile kombinasyonlarının portakal sularının kalite özelliklerinin korunumunda da etkili olabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR: Bu araştırma Gaziosmanpaşa Üniversitesi BAP (proje no: 2007/08)-Tokat ve Meyve Suyu Endüstrisi Derneği (MEYED)-Ankara tarafından maddi olarak desteklenmiştir.

Çalışmanın yürütülmesindeki destekleri nedeniyle Yrd. Doç. Dr. Cemal Kaya ile hammadde sağlayan Zumdieck Konserve ve Dondurulmuş Gıda Ltd. (Salihli/Manisa) şirketine ve Sayın Dr. Hikmet Güreş'e teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- 1.Cemeroğlu B, Karadeniz F, 2001. Meyve Suyu Üretim Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 25, Ankara. 384s.
2. Versteeg C, Rombouts FM, Spaansen CH, Pilnik W, 1980. Thermostability and orange juice cloud destabilizing properties of multiple pectinesterases from orange. *J Food Sci*, 45(4):969-998.
- 3.Anon 2009. www.nutritiondata.com/facts/fruits-and-fruit-juices (Erişim tarihi: 11/08/2009).
4. Manvell C, 1996. Minimal Processing, Presented In European Federation of Food Science and Technology (EFFOST) Conference, Cologne 6th November 1996, Technical Digest, 25-44.
- 5.Tempest P, 1996. Electroheat Technologies In Food Processing, APV Marketing Bulletin,16 P.
- 6.Sastry SK, Barach JT, 2000. Ohmic and Inductive Heating, *J Food Sci*,65(4): 42-46.
- 7.İçier F, 2003. Gıdaların Ohmik Isıtma Yöntemiyle Isıtılmasının Deneysel ve Kuramsal Olarak İncelenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bornova, İzmir, Kasım 2003.
- 8.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. İzmir.233s.
- 9.Pazır F, Okilov S, 1996. Gıda Sanayinde Kullanılan Elektroplazmolizatörler, *GIDA*. 21 (6), 485-491.
- 10.Okilov Ş, 1995. Klasik ve Elektroplazmoliz 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.

11. Flaumenbaum BLI, Al-Saadi C, 1966. Elektroplazmoliz Pripolucemi Tsitrusovih Sokov. Konsevnaya Ī Ovoşesuşılınaya Promişlennot, No.7 (Okilov, 1995'den).
12. Palaniappan S, Sastry SK, 1991. Electrical Conductivity of Selected Juices: Influences of Temperature, Solids Content, Applied Voltage, and Particle Size, *J Food Process Eng*, 14, 247-260.
13. Villamiel M, Castillo MD, San Martí NC, Corzo N, 1998. Assessment of the Thermal Treatment of Orange Juice During Continuous Microwave and Conventional Heating, *J Sci Food Agr*, 78, 196-200.
14. Lima M, Heskitt BF, Burianek LL, Nokes SE, Sastry SK, 1999. "Ascorbic Acid Degradation Kinetics During Conventional and Ohmic Heating" *J. Food Proc. Eng.*, 23, Pp. 421-434.
15. Leizeron S, Shimoni E, 2005. Effect of Ultrahigh-Temperature Continuous Ohmic Heating Treatment on Fresh Orange Juice, *J Agric Food Chem.*, 53, Pp. 3519-3524
16. Leizeron S, Shimoni E, 2005. Stability and Sensory Shelf Life of Orange Juice Pasteurized by Continuous Ohmic Heating, *J Agric Food Chem.* 53, Pp. 4012-4018
17. Tajchakavit S, Ramaswamy, HS, 1997. Continuous-Flow Microwave Inactivation Kinetics of Pectin Methyl Esterase In Orange Juice, *J Food Process Pres.* 21; 365-378
18. Vikram VB, Ramesh MN, Prapulla SG, 2005. Thermal Degradation Kinetics of Nutrients in Orange Juice Heated by Electromagnetic and Conventional Methods, *J Food Eng.* 69:31-40.
19. Gürgün V, Halkman K, 1990. Mikrobiyolojik sayım yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara.
20. Elez-Martinez P, Soliva-Fortuny RC, Martin-Belloso O, 2006. Comparative Study on Shelf Life of Orange Juice Processed by High Intensity Pulsed Electric Fields or Heat Treatment. *Eur Food Res Technol.* 222: 321-329
21. Sanchez-Moreno C, Plaza L, Elez-Martinez P, Denancos B, Martin-Belloso O, Cano MP, 2005. Impact of High Pressure and PEF on Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Orange Juice in Comparison With Thermal Processing, *J Agr Food Chem*, 53: 4403-4409.
22. Choi MH, Kim GH, Lee HS, 2001. Effects of Ascorbic Acid Retention on Juice Color and Pigment Stability in Blood Orange Juice During Refrigerated Storage, *Food Res Int*, 35:753-759.
23. Anon 2000. FMC Food Tech. Laboratory Manual. Procedurs for Analysis of Citrus Products. Manual No. 054R11990. 100, Lakeland, FL, U.S.A. (Cemeroğlu, 2007'den)
24. Anon 2000. Zap. Better-Tasting UHT Milks, *Food Eng.* 72(6): 14-15.
25. Meydav S, Saguy I, Kopelman IJ, 1977. Browning Determination in Citrus Products. *J Agr Food Chem.* 25 (3), 602-604.
26. Anon 2000. FMC Food Tech. Laboratory Manual. Procedurs For Analysis of Citrus Products. Manual No. 054R11990. 100, Lakeland, FL, U.S.A. (Cemeroğlu, 2007'den)
27. Esteve MJ, Frigola A, Rodrigo C, Rodrigo D, 2005. Effect of Storage Period Under Variable Conditions on the Chemical and Physical Composition and Colour of Spanish Refrigerated Orange Juices, *Food Chem Toxicol.* 43: 1413-1422.
28. Redd J, Charles P, Hendrix, M, Hendrix DL, 1986. Qualiyt Control Manual for Citrus Processing Plants, Volume, 1-2.
29. Parish ME, 1998. Orange Juice Quality After Treatment By Thermal Pasteurization or Isostatic High Pressure, *Lebensm-Wiss Technol.* 31, 439-442.
30. Aguayo IA, Fortuny RS, Belloso OM, 2008. Comparative Study on Color, Viscosity and Related Enzymes of Tomato Juice Treated by High-Intensity Pulsed Electric Fields or Heat, *Eur Food Res Technol*, 227:599-606.
31. Schheglov Yu A, Zelonskaya MN, Reşetko EV, Bogdan KN, 1967. Elektronnaya Obrabotka Materilov, No. 2 (Okilov, 1995'den).
32. Cserhalmi Z, Sass-Kiss A, Toth-Markus M, Lechner N, 2006. Study of Pulsed Electric Field Treated Citrus Juices, *Innov Food Sci Emerg*, 7, 49-54.
33. Cemeroğlu B, 2007. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği yayın no: 34. Ankara.
34. Fustier P, St-Germain F, Lamarche F, Mondor M, 2011. Non-enzymatic Browning and Ascorbic Acid Degradation of Orange Juice Subjected to Electroreduction and Electro-oxidation Treatments. *Innov Food Sci Emerg.* 12(4), 491- 498.
35. Valdramidis VP, Cullen PJ, Tiwari BK, O'Donnell CP, 2010. Quantitative Modelling Approaches for Ascorbic Acid Degradation and Non-enzymatic Browning of Orange Juice During Ultrasound Processing., *J Food Eng.* 96(3), 449-454.
36. Tiwari BK, O' Donnell CP, Muthukumarappan K, Cullen PJ, 2009. Ascorbic Acid Degradation Kinetics of Sonicated Orange Juice During Storage and Comparison with Thermally Pasteurised Juice. *Lebensm-Wiss Technol.* 42(3), 700-704.
37. Lee HS, Castle WS, 2001. Seasonal Chnages of Carotenoid Pigments and Color in Hamlin, Earlygold and Bundd Blood Orange Juices, *J Agr Food Chem.* 49: 877-882.