



Üzüm Suyunun Isıtılmasında Güncel Elektriksel Isıtma Uygulaması; Ohmik Isıtma

Serdal Sabancı^{1*}

^{1*} Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimler Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Tunceli, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1630-0799), serdalsabanci@hotmail.com

(İlk Geliş Tarihi 24 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 25 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.726556)

ATIF/REFERENCE: Sabancı, S. (2020). Üzüm Suyunun Isıtılmasında Güncel Elektriksel Isıtma Uygulaması; Ohmik Isıtma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 466-471.

Öz

Gelişen teknoloji ile beraber güncel elektrikselsel ısıtma işlemlerinin uygulaması giderek artmaktadır. Geleneksel ısıtma işlemine alternatif güncel elektrikselsel ısıtma yöntemlerinden birisi de Ohmik ısıtma işlemidir. Ohmik ısıtma işlemi katı/sıvı maddeden alternatif akım geçilmesiyle ürün içerisinde ısı jenerasyonuna bağlı olarak ürünün ısınma prensibine dayanmaktadır. Ohmik ısıtma işlemi özellikle hızlı, homojen ve verimli bir ısıtma olarak kabul edilmektedir. Mevcut çalışmada, ohmik ısıtma işlemi yardımıyla (sabit voltaj gradyanında 13 V/cm) üzüm suyunun 20 °C'den 90 °C'e kadar ısıtılması ve bu sıcaklıkta (90 °C) farklı işlem süresinde (0, 20, 40. ve 60 dk.) tutularak, üzüm suyunun bazı kalite özelliklerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca işlem sırasında ohmik ısıtma için önemli özelliklerinden olan elektrikselsel iletkenlik değerinin incelenmesi ve sabit sıcaklıkta (90 °C) farklı tutma sürelerinde toplam harcanan enerji değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Üzüm suyunun 20 °C'den 90 °C'ye ısınma süresi 311±5.01 s olarak belirlenirken, zamana bağlı sıcaklık değişiminin lineer eğilimde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sıcaklık arttıkça elektrikselsel iletkenlik değerinin arttığı belirlenmiştir. Üzüm suyunun ısıtma işlemi sırasında elektrikselsel iletkenlik değerinin 0.144-0.582 S/m arasında değiştiği bulunmuştur. Ayrıca ohmic ısıtma uygulaması sırasında sabit sıcaklıkta tutma süresi arttıkça toplam harcanan enerji değerinin arttığı ancak ortalama güç değerinin ise azaldığı bulunmuştur. Üzüm suyunun ısıtılması ve sabit sıcaklıkta tutma sırasında bazı kalite özelliklerinde değişim incelenmiştir. Özellikle ısı işleme duyarlı olan Toplam Fenolik Madde (TFM) miktarının ısıtma ve sabit sıcaklıkta tutma sürelerindeki üzüm suyundaki miktarının Galik asit eşdeğeri cinsinden 466-367 mg/L arasında olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra üzüm suyunun farklı sabit sıcaklıkta tutma işlemine bağlı olarak hidroksimetilfurfural (HMF) içeriğinin 0.60-4.71 ppm arasında olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak kalite kriterlerinden olan TFM miktarı ve HMF içeriği üzerine 90°C'de tutma süresi üzerine etkisi olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Anahtar Kelimeler: Ohmik ısıtma, Elektrikselsel iletkenlik, TFM, HMF.

Application of Electrical Heating Method for Grape Juice; Ohmic Heating

Abstract

The application of current electrical heating processes is increasing with the developing technology. One of the current electrical heating methods as an alternative to the traditional heating process is Ohmic heating. Ohmic heating process is based on the heating principle that depends on the heat generation in the product by passing alternating current from the solid / liquid substance. Ohmic heating is regarded as a particularly fast, homogeneous and efficient heating. In the present study, with the help of ohmic heating process (13 V / cm at constant voltage gradient), the grape juice is heated from 20 °C to 90 °C and kept at a constant temperature for 4 different processing times (0, 20, 40 and 60 min.) It was aimed to examine some quality characteristics of grape juice. In addition, it was purposed to examine the electrical conductivity value, which is one of the important properties for ohmic heating during the process, and to determine the total spent energy value for the waiting time at different constant temperature (90 °C). While the heating time of grape juice from 20 °C to 90 °C was determined as 311 ± 5.01 s, it was stated that the temperature change due to time has a linear trend. In addition, it has been determined that as the temperature increases, the electrical conductivity value increases. It has been found that the electrical conductivity value of grape juice during the heating process varies between 0.144-0.582 S / m. In addition, during the ohmic heating application, as the holding time increases, the total consumed energy value increases but the average power value decreases. The changes in some quality characteristics during the heating of grape juice and holding at constant temperature were investigated. It was determined that the amount of Total Phenolic Content (TFC), which is particularly sensitive to heat treatment, in grape juice during the heating and waiting periods was between 466-367 mg/L in terms of Galic acid equivalent. In addition, it was found that the hydroxymethylfurfural (HMF) content of grape juice was between 0.60-4.71 ppm depending on the process of holding at different constant temperature. As a result, it was concluded that it influences the TFC amount and HMF content, which are among the quality criteria, on the waiting time at 90 °C (p <0.05).

Keywords: Ohmic heating, Electrical conductivity, TPC, HMF.

* Sorumlu Yazar: serdalsabanci@hotmail.com

1. Giriş

2017 yılı FAO verilerine göre, üzüm üretimi dünyada 74.276.583 milyon ton olurken, Avrupa'da 25.958.501 ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye ise yaklaşık olarak 4.200.000 milyon ton ile önemli bir üzüm üreticisidir. Bu değer, dünyadaki üzüm üretiminin yaklaşık %6'sına karşılık gelirken, Avrupa'daki üzüm üretiminin ise yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır (FAO, 2019). Bu nedenle de üzüm, Türkiye'de önemli bir tarım ürünüdür. Üzüm özellikle sofralık olarak taze ve kurum üzüm olarak tüketilmesinin yanında Türkiye'de sanayide üzüm suyu, pekmez, pestil, şarap, sirke gibi endüstriyel ürünler için hammadde olarak da kullanılmaktadır (Kiraca et al., 2017).

Gıda maddelerinin (sıvı veya katı) ısıtılması amacıyla genellikle sanayide indirek ısıtma olarak bilinen buhar kaynaklı veya fosil yakıt kaynaklı ısıtma teknikleri kullanılmaktadır. Ancak gıda ürünlerinin ısıtılması sırasında ısıtma yüzeyi ile gıda ürünlerinin temaslı kısımlarında ani ısınmalar meydana gelerek istenmeyen bileşenler (HMF, furfural, karemelizasyon vb.) ve kalite kayıpları (TFM, antioksidant, besin, aroma vb.) meydana gelmektedir. Bu olumsuzlukları gidermek amacıyla araştırmacılar alternatif güncel ısıtma teknikleri ve/veya ısı olmayan teknikleri incelemektedir. Bu bağlamda kullanılan başlıca alternatif, güncel elektriksel ısıtma teknikleri mikrodalga ısıtma, ohmik ısıtma, infraret ısıtma ve radyo frekans ısıtma olarak bilinmektedir (Baysal et al., 2011).

Ohmik ısıtma işlemi gıda maddesinin içerisinden alternatif akım geçilerek, ürünün göstermiş olduğu dirence bağlı olarak ürün içerisinde meydana gelen ısı jenerasyonu sonucu ürünün ısınma prensibine dayanmaktadır. Literatürde ohmik ısıtma, joule ısıtma, elektriksel direnç ısıtma gibi isimler ile ifade edilmektedir. Ohmik ısıtma hızlı, homojen ısıtma ve verimliliği yüksek bir ısıtma tekniği olarak pek çok çalışmada ifade edilmiştir. Ohmik ısıtma işleminin gıda uygulamaları, pastörizasyon, sterilizasyon, haşlama, çözündürme, pişirme, destilasyon, ekstraksiyon, evaporasyon vb proseslerde uygulama alanları bulunmakta ve incelenmektedir. Ayrıca ohmik ısıtmanın ekstraksiyon, osmotik kurutma ve kurutma işleminde ön işlem olarak uygulamaları bulunmaktadır (Baysal et al., 2011; İçier, 2012; İncedayi et al., 2019).

Açık literatür incelendiğinde, meyve ve meyve türevleri için önemli kalite kriteri olarak kabul edilen TFM miktarı ve TFM miktarının değişiminin incelendiği çalışmalar tespit edilmiştir. TFM miktarının incelendiği üvez meyvesi (Bayram et al., 2019), tıbbi ve aromatik bitkiler (Karadağ, 2019), siyah ve yeşil çay (Akarca et al., 2018), soğuk sıkım kiraz çekirdeği (Atik et al., 2019) vb. pek çok geniş gıda ürünleri üzerinde çalışmalara rastlanmaktadır. Ohmik ısıtma uygulamasında (ısıtma, evaporasyon vb.) önemli kalite kriterlerinden birisi olan TFM

miktarı tespitinin sınırlı sayıda olduğu belirlenmiştir (Guida et al., 2013; İçier, 2010; Yıldız et al., 2009). Diğer önemli bir değerlendirme kriteri ise ısı işlem sırasında oluşan hidroksimetilfurfural (HMF) miktarının tespit edilmesidir. Ancak yazarın bilgisi dahilinde ohmik ısıtma işlemi sırasında meydana gelen HMF ile sınırlı sayıda çalışma olduğu tespit edilmiştir (Louarme et al., 2012; Sabancı et al., 2018; Sabancı, 2017).

Bu çalışmanın temel amacı, üzüm suyunun ohmik ısıtma kullanılarak 90 °C'ye kadar ısıtılması ve ısıtma sırasında meydana gelen elektriksel iletkenlik değişiminin incelenmesidir. Ayrıca sabit sıcaklıkta (90°C) farklı tutma sürelerinde (0-60 dakika) tutarak bazı kalite değişimlerinin incelenmesi ve toplam harcanan enerji değişimi belirlenerek ohmik ısıtma işleminin ortalama güç değerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Metot

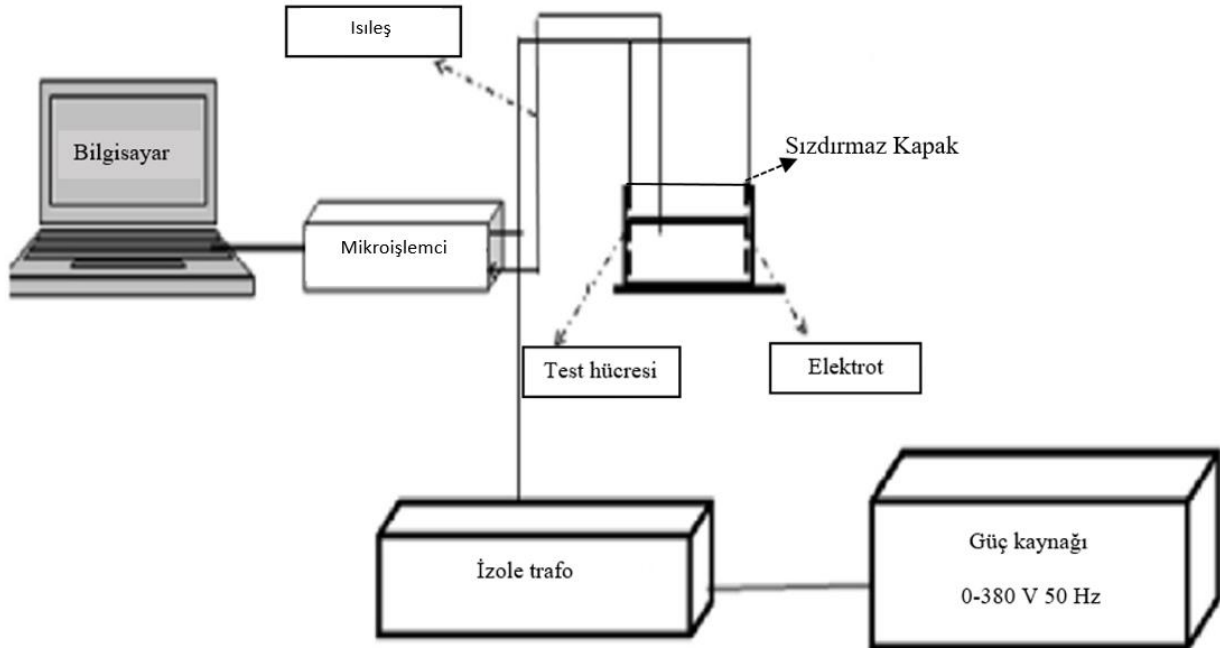
2.1. Materyal

Erzincan'a özgü olan üzümler (Cimin Üzüümü (*Vitis vinifera*)) yerel bir marketten temin edilmiş ve üzüm örnekleri katı meyve sıkacağı kullanılarak üzüm suyu elde edilmiştir. Elde edilen üzüm suyu 6000 rpm değerinde 10 dakika santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Ohmik ısıtma uygulamasına kadar -18 °C'de 500 ml şişelerde depolanmıştır. Ohmik ısıtma uygulamasından bir gün önce +4 °C'ye çıkarılmış ve çözündürme işlemine tabi tutulmuştur.

2.2. Yöntem

2.2.1. Ohmik Isıtma Uygulaması

Üzüm suyunun ısıtılmasında kullanılan ohmik ısıtma işleminin şematik gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. Ohmik ısıtma sistemi güç kaynağı, izoletrafo, özel tasarım mikroişlemci ve bilgisayardan oluşmaktadır. Ohmik test hücresinin boyutu 7 cm uzunluğunda, 10 cm yüksekliğinde ve 6 cm genişliğinde dörtgen kesitli olarak ayarlanmış ve elektriğe iletkenliğine karşı izole olan polioksümetilenden yapılmıştır. Ohmik ısıtma işleminde kullanılan elektrot 1 mm kalınlığına sahip paslanmaz çelikten oluşmaktadır. İşlem sırasında akım, voltaj ve sıcaklık değerleri özel yapım mikroişlemci ile 1 s aralıklarla kayıt altına alınmış ve sıcaklık ölçümleri için T-tipi izole ısıleş kullanılmıştır. Ohmik ısıtma işlemi sabit voltaj gradyanında (13 V/cm), sabit sıcaklık altında 4 farklı sürede (0-60 dakika) ısı işleme tabi tutulmuştur. Ohmik ısıtma için üzüm suyu örnekleri 20 °C'den 90 °C'ye kadar ısıtılmış, sabit sıcaklıkta tutma açma/kapama yapılarak sağlanmıştır. Üzüm suyunun Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) miktarı dijital refrakto metre yardımıyla belirlenmiştir.



Şekil 1. Ohmik ısıtma sisteminin şematik gösterimi

2.2.2 Elektriksel İletkenli Değişimi

Ohmik ısıtma işlemi sırasında meydana gelen elektriksel iletkenlik değişimi Eşitlik 1 ile tespit edilmiştir.

$$\sigma, E \cdot I \left(\frac{S}{m} \right) = \frac{I}{V} \times \frac{L}{A} \quad \text{Eş. 1}$$

Burada, $E \cdot I$ elektriksel iletkenlik (S/m), I akım değerini, V voltaj değerini, L iki elektrot arasındaki mesafeyi (m), A ise elektrot temas alanını ifade (m²) etmektedir.

Ohmik ısıtma işlemi sırasında sıcaklıkla elektriksel iletkenlik değeri arasındaki ilişki Eşitlik 2 ile incelenmiştir.

$$\sigma = a \times T + b \quad \text{Eş. 2}$$

Burada, σ elektriksel iletkenlik (S/m), T (°C) sıcaklık değerini, a (S/m×°C) ve b (S/m) denklem sabitlerini ifade etmektedir.

Ohmik ısıtma süresince toplam harcanan enerji (THE) miktarı mikroişlemci yardımıyla elde edilen akım ve voltaj değerleri kullanılarak Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır.

$$THE (J) = \sum(I \times V \times t) \quad \text{Eş. 3}$$

Burada, I akım değerini, V voltaj değerini, t ise süreyi ifade etmektedir.

Ohmik ısıtma süresince toplam harcanan enerji değerine bağlı olarak ortalama güç (P) değeri Eşitlik 4 ardımıyla belirlenmiştir.

$$P (W) = \frac{\sum(THE)}{t} \quad \text{Eş. 4}$$

2.2.3. Toplam Fenolik Madde (TFM) Miktarının Belirlenmesi

Farklı işlem sürelerinde ohmik ısıtma işlemine tabi tutulan örnekler hızla buz banyosunda ortam sıcaklığına kadar soğutulmuştur. TFM içeriği Cemeroglu (2010)'da belirtilen spektrofotometrik yöntemle göre belirlenmiştir.

2.2.4. Hidroksimetilfurfural (HMF) Miktarının Belirlenmesi

Üzüm suyu örneklerinin HMF (Hidroksimetilfurfural) analizinde Tornuk ve ark. (2013)'nin metodu kullanılmıştır. 1 ml üzüm suyu 1/5 oranında seyreltilmiş ve örnekler 0,45 µm' lik filtreden geçirildikten sonra viallere alınıp analiz yapılmıştır. HMF analizi için otomatik örnekleme özelliğine sahip Shimadzu marka HPLC (Schimadzu LC 20A, Japonya) cihazı kullanılmıştır. HMF analizinde C-18 (Zorbax Eclipse, XDB-C18) kolon kullanılmıştır. Kolon boyutları 25x0,46 mm ve kolon iç çapı 5 µm'dir. Kromatogramlar Diode Array Detector (DAD)'da 284 nm dalga boyunda tespit edilmiştir. Enjeksiyon hacmi 10 µL'dir. Hareketli faz olarak % 1'lik asetik asit içeren ultrasafsu ve asetonitril (95:5) kullanılmıştır. Hareketli fazın akış hızı dakikada 1 mL'dir. Kolon sıcaklığı 25°C olarak ayarlanmıştır. Pik değerinde okunan alan değerleri, standart kalibrasyon eğrisi kullanılarak alana karşılık gelen konsantrasyon değerinin HMF miktarı "ppm" cinsinden hesaplanmıştır.

2.2.5. İstatistiksel Değerlendirme

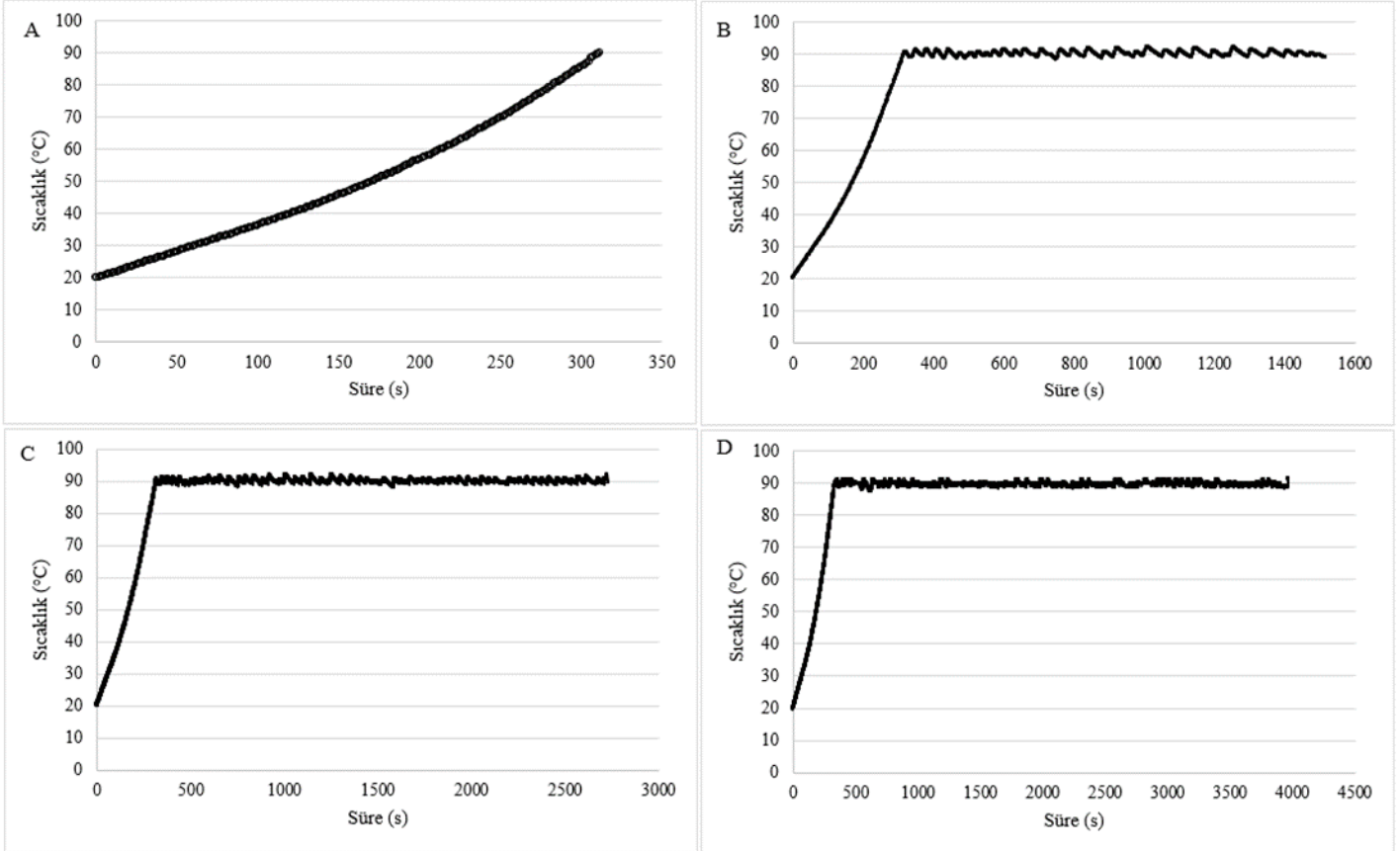
Sonuçların istatistiksel değerlendirmesinde SPSS 16.0 (SPSS, IBM) paket programı kullanılmıştır. İşlemlerin etkileri arasındaki farklılıklar, Tamamen Rastgele Deneme Desenine göre, tek yönlü varyans (Post Hoc- Duncan testi) analizi ile belirlenmiştir. Güven aralığı olarak %95 seçilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Üzüm Suyunun Isıtılması ve Ohmik Isıtma Sırasında Elektriksel İletkenlik Değişimi

20 °C'deki üzüm suyunun (%14.8 SÇKM) 90 °C'ye ulaşması için ısınma süresi 310.7±5.01 s olduğu tespit edilmiştir. İşlem süresi arttıkça ohmik ısıtma tarafından verilen enerjiye bağlı olarak sıcaklık değerinin arttığı ve ayrıca sıcaklık artışının doğrusal olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ohmik ısıtma işlemi sırasında 90 °C'de sabit sıcaklık değerinde tutulması amacıyla ohmik ısıtma işleminin açma/kapa işlemi yapılmıştır.

Buna göre farklı sabit sıcaklık değerinde tutma sırasındaki sıcaklık değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Sabit sıcaklıktaki ortalama sıcaklık değerleri 20 dakika için 89.92± 1.30 °C, 40 dakika için 90.015±0.77 °C ve 60 dakika için 89.95±0.61 °C olduğu tespit edilmiştir. Ohmik ısıtma işleminde sistem kontrolünün kolay olması nedeniyle 90 °C'de sabit sıcaklıkta tutulmuştur. Isıtma işleminde ohmik ısıtma anahtarı açılınca üründen geçen alternatif akım ile ürün ısınmakta ancak ohmik ısıtma işleminde anahtar yardımıyla elektrik kesilmesi ile üründen elektrik akımı geçmemektedir. Bu işlem oldukça kolay ve uygulanabilir. Bu bağlamda özellikle ohmik ısıtma işleminin en önemli özelliklerinden bir tanesi de sıcaklık kontrolü kolaylıkla sağlanabilir.



Şekil 2. Ohmik ısıtma uygulaması sırasında farklı süreler için sıcaklık değişimleri (A: 0 dakika, B: 20 dakika, C: 40 dakika, D:60 dakika)

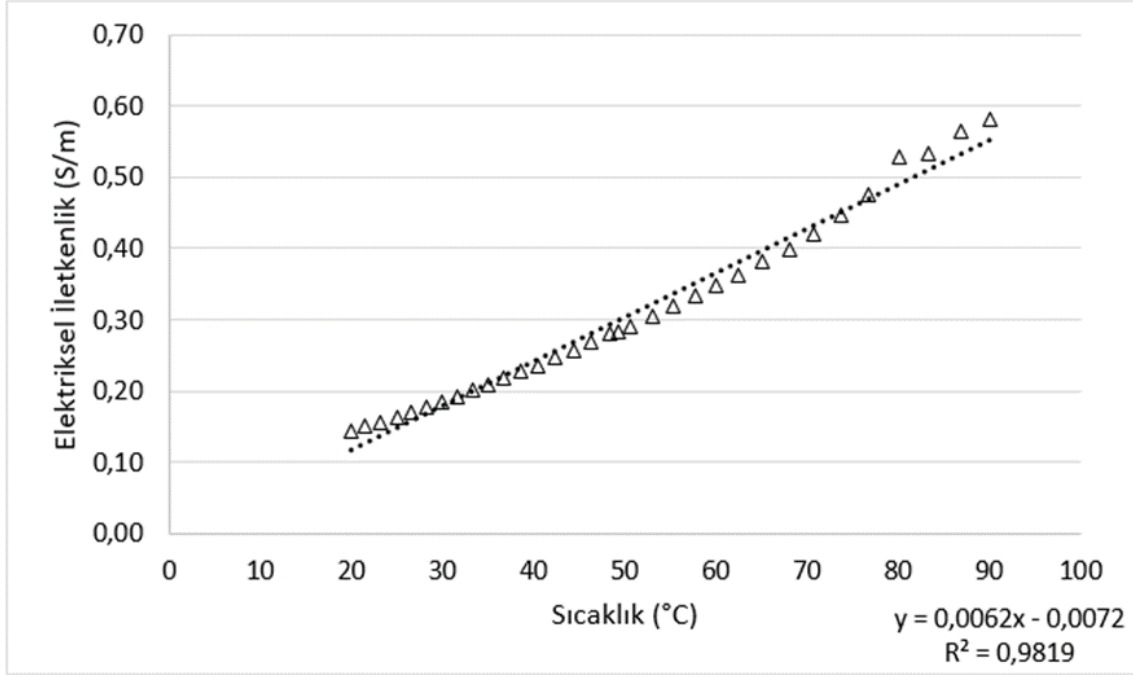
Ohmik ısıtma işleminde en önemli parametrelerin başında elektriksel iletkenlik değeri gelmektedir. Elektriksel iletkenlik değerinin sıcaklık arttıkça arttığı belirlenmiştir. Bunun temel nedeni artan sıcaklık değerine bağlı olarak ürün içerisindeki moleküler hareketliliğin arttığı ve buna bağlı olarak elektriksel iletkenlik değerinin artmasıdır (İcier et al., 2004). Mevcut çalışmada da üzüm suyunun 20 °C'den 90 °C'ye sıcaklık artışı sırasında elektriksel iletkenlik değerinin 0.144-0.582 S/m arasında değiştiği ve Regrasyon katsayısının ise 0.98 değerinin üzerinde olduğu için doğrusal ilişkide olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Üzüm suyunun 20 °C'den 90 °C'ye kadar ısıtılması sonucunda elektriksel iletkenlik değerinin farklı voltaj gradyanında (20-40 V/cm) 0.38-0.79 S/m arasında değiştiği rapor edilmiştir (İcier et al., 2008). Başka bir yayında ise kırmızı üzüm suyunun (%10.5-14 SÇKM) elektriksel iletkenlik değerinin farklı voltaj gradyanında 25 °C'den 85 °C'ye kadar ısıtılmış ve elektriksel iletkenlik değerinin 0.4-1.0 S/m arasında değiştiği rapor edilmiştir (Assawarachan, 2010). Güncel bir yayında ise

üzüm suyu 30 °C'den 80 °C'ye kadar ohmik ısıtma kullanılarak ısıtılmış ve elektriksel iletkenlik değerinin 0.25-0.81 S/m arasında değiştiği ve voltaj gradyanının elektriksel iletkenlik üzerine etkisi olduğu rapor edilmiştir (Kumar et al., 2018). Farklı çalışmalarda üzüm suyu için farklı elektriksel iletkenlik değerinin elde edilmesi kullanılan üzümün içeriğine, ohmik ısıtmanın özelliklerine (voltaj gradyanı, kullanılan miktar, test hücresi boyutu) bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca literatürde vişne suyu, portakal suyu, limon suyu, çilek vb. meyve suları için elektriksel iletkenlik değerinin sıcaklık arttıkça arttığı ve elektriksel iletkenlik değerinin sıcaklık ile doğrusal ilişkisi olduğu rapor edilmiştir (İcier & İlicali, 2004; İcier & İlicali, 2005; Darvishi, Hosainpour, Nargesi, Khoshtaghaza, & Torang, 2011; Castro, Teixeira, Salengke, Sastry, & Vicente, 2004; Sarang, Sastry, & Knipe, 2008).

Ohmik ısıtma işlemi sırasında toplam harcanan enerji (THE) miktarının 35.73-138.37 kJ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Beklenildiği üzere en düşük THE değeri 0 dakikalık işlem için

35.73±4.62 kJ olduğu belirlenirken işlem süresinin artmasına bağlı olarak açma/kapama işleminin etkisi ile toplam harcanan enerji değerinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca artan sabit sıcaklıkta tutma süresinin toplam harcanan enerji değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Bunun yanısıra işlem sırasında ohmik ısıtma işleminin ortalama güç değeri ise 114.90-35.38 W arasında değiştiği belirlenmiş ve toplam harcanan enerji değerinin aksine işlem süresi arttıkça güç değeri azalmıştır ($p<0.05$).



Şekil 3. Ohmik ısıtma sırasında sıcaklık değerine bağlı olarak elektriksel iletkenlik değişimi

3.2. Üzüm Suyunun Ohmik Isıtılması Sırasında Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Hidroksimetilfurfural Değişimi

Üzüm suyu özellikle içerdiği toplam fenolik maddelerce zengin bir üründür. Mevcut çalışmada 90 °C'de sabit sıcaklıkta bekletilen üzüm suyunun TFM miktarı ve HMF içeriğine bağlı değerler Çizelge 1'de verilmiştir. İşlem süresinin artmasına bağlı olarak SÇKM içeriğinin %15.3 SÇKM içeriğine kadar yükselmiş olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen üzüm suyunun SÇKM içeriği %14.8'e ayarlanmış ve kalite kriterleri incelenmiştir. Buna göre TFM miktarı Gallik asit eşdeğeri cinsinden 466-367 mg/L olduğu belirlenmiştir. En düşük TFM miktarı 60 dakikalık tutma süresinde elde edilirken, en yüksek TFM miktarı ise 0. dakikada elde edilmiştir. Artan işlem süresi ile TFM miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir. Yıldız, et al. (2009) nar suyunu ohmik ısıtma kullanarak 90 °C'ye kadar ısıtmışlar ve sabit sıcaklıkta (90 °C) farklı tutma sürelerinde 0-12

dak arası ısıtma işlemine tabi tutmuşlardır. İşlem süresinin TFM miktarı üzerine etkisi olmadığını rapor etmişlerdir. Ancak mevcut çalışmada işlem süresinin uzun olmasının bu azalmaya neden olabileceği düşünülmektedir. Sabancı & İcier, (2019) ohmik ısıtma kullanarak vişne suyunu %65 SÇKM içeriğine kadar konsantre etmiş, artan işlem süresinin TFM miktarı üzerine etkili olduğunu vurgulamışlardır.

Hidroksimetilfurfural için elde edilen miktarlar ppm cinsinden Çizelge 1'de detaylandırılmıştır. Üzüm suyunun 90 °C'ye kadar ısınmasında elde edilen HMF içeriğinin 0.60 ppm düzeyinde olduğu belirlenirken artan işlem süresinin 60 dakika olması nedeniyle 4.71 ppm olarak belirlenmiştir. 90 °C'de tutma süresinin HMF içeriği üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Sabancı et al. (2017) vişne suyunu 65 °C'de 3 farklı voltaj gradyanında %40 SÇKM içeriğine kadar konsantre etmişler ve HMF içeriğinin 2.70-5.4 mg/L arasında değiştiğini belirtmiş ve artan işlem süresinin HMF oluşumu üzerine etkisi olduğunu rapor etmişlerdir.

Tablo 1. Çizelge 1. Ohmik ısıtma işlemi sırasında farklı sürelerde elde edilen Toplam Fenolik Madde (TFM) miktarı ve Hidroksimetilfurfural (HMF) miktarı

Kalite Kriterleri	İşlem süresi (dak)			
	0	20	40	60
TFM (mg/L)	466.37±33.85 ^c	438.87±69.82 ^c	407.13±8.46 ^b	367.63±24.85 ^a
HMF (ppm)	0.60±0.12 ^a	1.91±0.16 ^b	2.48±0.25 ^c	4.71±1.22 ^d

4. Sonuç

Sonuç olarak, ohmik ısıtma kullanarak sabit voltaj gradyanında (13 V/cm) üzüm suyu 20 °C'den 90 °C'ye kadar ısıtılmış ve kontrollü şekilde 90 °C sabit sıcaklıkta tutulmuştur. Isıtma için gerekli olan toplam işlem süresinin 311±5.0 s olduğu belirlenmiştir. Artan sıcaklığa bağlı olarak elektriksel iletkenlik değerinin arttığı tespit edilmiştir. Sıcaklık ile elektriksel iletkenlik arasında %95 R² değerinin üstünde doğrusal ilişki olduğu bulunmuştur. Üzüm suyunun ısıtılması için 35.73±4.62 kJ toplam harcanan enerji gereksinimi varken artan sabit sıcaklıkta tutma süresine bağlı olarak toplam harcanan enerji miktarında artış olduğu belirlenmiştir. Ancak ohmik ısıtma işleminin ortalama güç değerinin ise artan sabit sıcaklıkta tutma süresine bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Üzüm suyunun TFM içeriğinin yüksek olduğu bilinmektedir. Sabit sıcaklıkta tutma süresinin artmasına bağlı olarak TFM içeriğinin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Ancak artan sabit sıcaklıkta tutma süresinin HMF üzerinde olumlu etkisi olduğu ve HMF miktarının artmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Ohmik ısıtma işleminin kalite özellikleri üzerine etkisi olduğu ve artan sabit sıcaklıkta tutma süresinden olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir.

Kaynakça

Akarca, G., & Tomar, O. (2018). Siyah ve Yeşil Çay İle Üretilen Kombucha Çaylarının Antimikrobiyal ve Antioksidatif Özellikleri. *European Journal of Science and Technology*, 14, 96–101. doi: 10.31590/ejosat.478054

Assawarachan, R. (2010). Estimation model for electrical conductivity of red grape juice. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 3(2), 52–57. doi: 10.25165/ijabe.v3i2.96

Atik, İ., Şevik, R., & Karasu, S. (2019). Soğuk Press Kiraz (*Prunus avium*) Çekirdeği Yayının Fizikokimyasal Özellikleri, Yağ Asidi, Sterol, Tokoferol ve Fenolik Bileşen Karakterizasyonu. *European Journal of Science and Technology*, 17, 959–965. doi: 10.31590/ejosat.656768

Bayram, Y., Torlak, Y., & Sağdıç, O. (2019). Üvez Meyvesinin Antioksidan Aktivitesi. *European Journal of Science and Technology*, 16, 933–939. doi: 10.31590/ejosat.589736

Baysal, T., İçier, F., & Baysal, H. A. (2011). Güncel Elektriksel Isıtma Yöntemleri (1. Basım). Sidas Medya Yayınları.

FAO. (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Guida, V., Ferrari, G., Pataro, G., Chambery, A., Di Maro, A., & Parente, A. (2013). The effects of ohmic and conventional blanching on the nutritional, bioactive compounds and quality parameters of artichoke heads. *LWT - Food Science and Technology*, 53(2), 569–579. doi: 10.1016/j.lwt.2013.04.006

İcier, F. (2010). Ohmic blanching effects on drying of vegetable byproduct. *Journal of Food Process Engineering*, 33(4), 661–683. doi: 10.1111/j.1745-4530.2008.00295.x

İcier, F. (2012). Ohmic Heating of Fluid Foods. In *Novel Thermal And Non-Thermal Technologies For Fluid Foods* (pp. 305–367). Elsevier Inc. doi: 10.1016/B978-0-12-

381470-8.00011-6

İcier, F., & Ilıcalı, C. (2004). Electrical conductivity of apple and sourcherry juice concentrates during ohmic heating. *Journal of Food Process Engineering*, 27(3), 159–180.

İcier, F., & Ilıcalı, C. (2004). Electrical conductivity of apple and sourcherry juice concentrates during ohmic heating. *Journal of Food Process Engineering*, 27(3), 159–180. doi: 10.1111/j.1745-4530.2004.tb00628.x

İcier, F., Yıldız, H., & Baysal, T. (2008). Polyphenoloxidase deactivation kinetics during ohmic heating of grape juice. *Journal of Food Engineering*, 85(3), 410–417. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.08.002

İncedayi, B., Seyhan, B., & Çopur, Ö. U. (2019). Ohmik Isıtma Destekli İşlemlerin Gıdalarda Kullanımı ve Kalite Üzerine Etkisi Use of Ohmic Heating Assisted Treatments in Foodstuffs and Impact on Quality. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*, 33(2), 341–354.

Karadağ, A. (2019). Türkiye'deki Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Antioksidan Potansiyelleri ve Fenolik Kompozisyonları. *European Journal of Science and Technology*, 16, 631–637. doi: 10.31590/ejosat.592711

Kiraca, M. A., & Şenol, M. A. (2017). Türkiye Bağcılığında Ekonomik Durum Analizi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6, 122–131. doi: 10.17100/nevbittek.287811

Kumar, T., Smith, D. D., Kumar, S., & Vimla, B. (2018). Effect of Voltage Gradient and Temperature on Electrical Conductivity of Grape (*Vitis vinifera* L.) Juice during Ohmic Heating. *Article in International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(5), 1914–1921. doi: 10.20546/ijcmas.2018.705.224

Louarme, L., & Billaud, C. (2012). Evaluation of ascorbic acid and sugar degradation products during fruit dessert processing under conventional or ohmic heating treatment. *LWT - Food Science and Technology*, 49(2), 184–187. doi: 10.1016/j.lwt.2011.12.035

Sabancı, S., Cevik, M., Cokgezme, O. F., Yıldız, H., & İcier, F. (2018). Quality characteristics of pomegranate juice concentrates produced by ohmic heating assisted vacuum evaporation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 4. doi: 10.1002/jsfa.9474

Sabancı, S. (2017). Ohmik ısıtma destekli vakum altında evaporasyon sisteminin kurulumu, performans değerlendirilmesi, işlemin deneysel ve kuramsal incelenmesi/Setting up and performance evaluation of ohmic heating assisted vacuum evaporation system, and experimental investiga [Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi]. Retrieved from <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYe ni.jsp>

Sabancı, S., & İcier, F. (2019). Effects of Vacuum Ohmic Evaporation on Some Quality Properties of Sour Cherry Juice Concentrates. *International Journal of Food Engineering*, 15(9). doi: 10.1515/ijfe-2019-0055

Yıldız, H., Bozkurt, H., & İcier, F. (2009). Ohmic and conventional heating of pomegranate juice: Effects on rheology, color, and total phenolics. *Food Science and Technology International*, 15(5), 503–512. doi: 10.1177/1082013209350352