

TERMOSONİKASYON VE GELENEKSEL ISITMA UYGULAMALARININ HAVUÇ SUYUNA ETKİLERİ: PEKTİN METİLESTERAZ İNAKTİVASYONU VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLER

Şeyda Karagöz, Aslihan Demirdöven*

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat

Geliş tarihi / Received: 16.02.2016

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 05.04.2016

Kabul tarihi / Accepted: 14.04.2016

Özet

Bu çalışmada pektin metilesteraz enziminin (PME) inaktivasyonunda termosonikasyon (TS) ve geleneksel ısıtma (T) uygulamalarının etkilerinin kıyaslanması amaçlanmış ve örneklerle toplam pektin, toplam karotenoid, pH, titrasyon asitliği, suda çözünür kurumadde, renk gibi bazı fizikokimyasal analizler uygulanmıştır. Termosonikasyon ve geleneksel ısıtma uygulamaları 65 °C ve 80 °C'lerde gerçekleştirilmiştir. Her iki uygulama için PME inaktivasyon süreleri geleneksel ısıtma işlemde 65 °C'de 62 dakika, 80 °C'de 37 dakika ve termosonikasyon uygulamaları için 65 °C'de 39 dakika, 80 °C'de 20 dakika olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, havuç suyuna uygulanan termosonikasyon işleminin, geleneksel termal uygulamaya kıyasla daha fazla PME enzim inaktivasyonunu daha kısa sürede sağladığı, pektin ve karotenoid konsantrasyonunu artırdığı ve renk değerlerini de koruduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Termosonikasyon, geleneksel ısıtma, havuç suyu, pektin metilesteraz

EFFECTS OF THERMOSONICATION AND CONVENTIONAL THERMAL TREATMENTS ON CARROT JUICE: PECTIN METHYLESTERASE INACTIVATION AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES

Abstract

In this study, it was aimed to compare the effects of thermosonication (TS) and conventional heating (T) treatments in the inactivation of the pectin methylesterase (PME) and some physicochemical analyzes (total pectin, total carotenoids, pH, titratable acidity, soluble solids and color) was applied to samples. Thermosonication and conventional heating were realized in 65 °C and 80 °C. For both treatments PME inactivation times were determined as 62 minute at 65 °C, 37 minute at 80 °C for conventional heating; and 39 minute at 65 °C, 20 minute at 80 °C for thermosonication. As a result, it was determined that thermosonication, provides more PME inactivations compared to the conventional heating in a short time, and TS applications increased the concentration of carotenoids and pectins; and also color values were protected in carrot juice.

Keywords: Thermosonication, conventional heating, carrot juice, pectin methylesterase

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ aslihan.demirdoven@gop.edu.tr,

© (+90) 356 252 1616/95,

☎ (+90) 356 252 1729

GİRİŞ

Pektin metilesteraz (PME) pek çok bitki, patojen küf ve bakteriler ile elma, muz, turunçgiller, üzüm, armut, domates, fasulye, havuç, salatalık, pırasa, soğan, bezelye ve patatesten bulunan bir enzimdir. PME bitki hücrelerinden elde edilen veya bakteri, mantar, maya gibi mikroorganizmaların sentezlediği pektik enzimdir (1) ve meyve ve sebze sularında bulanıklık stabilitesinin sağlanması açısından önemlidir. PME, pektin zincirindeki esterleşmiş karboksil gruplarındaki metoksil gruplarını ayırarak, pektinin esterleşme derecesini düşürmektedir (2). Esterleşen pektin, kalsiyum iyonları ile birleşerek çözünmeyen pektat bileşiklerini oluşturmakta ve bunlar da meyve ve sebze sularında pulp partikülleri ile birleşerek bulanıklık kaybına neden olmaktadır (1).

PME enziminin inaktivasyonu için kullanılan geleneksel termal yöntemler, yoğun ısı uygulamaları olmaları nedeniyle son üründe renk değişimi, vitamin ve aroma kaybı gibi olumsuzluklara neden olmaktadır. Tüketicilerin minimal işlem görmüş taze gıdalara yönelmesiyle vurgulu elektrik alan, yüksek basınç ve ultrason (ultrases) gibi yöntemlerle söz konusu enzimin inaktivasyonu önem kazanmıştır. Bu yöntemlerden biri olan ultrason, ses dalgalarının saniyede 20 bin veya daha fazla titreşimleri sonucunda üretilen bir enerjidir. Ultrason ve ısı uygulamasının bir arada kullanımı ise termosonikasyon adını almaktadır. Termosonikasyonun amacı pastörizasyon ve sterilizasyon gibi geleneksel yöntemlerle elde edilen letal etkinin ultrases ve ısı kombinasyonu ile daha düşük sıcaklık ve daha kısa sürede elde edilmesidir (3).

Ultrason ile enzimlerin inaktivasyonu başlıca fiziksel (kavitasyon, mekanik etkiler) ve/veya kimyasal (sonokimyasal reaksiyon nedeniyle serbest radikallerin oluşumu) işlemler tarafından gerçekleştirilmektedir. Ultrasonla alkol dehidrojenaz, katalaz ve lizozim enzimlerinin inaktivasyonu üzerine yapılan bir çalışmada alkol dehidrojenaz ve lizozim enziminin inaktive olduğu, ancak katalaz için çok düşük etkiler gösterdiği belirlenmiştir (4). Bu uygulamanın inaktivasyon mekanizmasının, enzimlerin konformasyonel mekanizması ve aminoasit kompozisyonuna bağlı olduğu ve enzimden enzime değiştiği belirtilmiştir. Katalaz, invertaz ve pepsin gibi enzimler, ultrasonik ses dalgası muamelesine karşı dirençlidir. Alfa amilaz

enziminin inaktivasyonunun ise termosonikasyon ile sağlandığı gösterilmiştir. Düşük sıcaklık, düşük basınç ve pH gibi uygulamalar ile sonikasyon işlemi kombine edildiğinde, ultrasonik yöntemlerin etkinliği artmaktadır (4).

Termosonikasyon; çilek, böğürtlen ve turunçgil suyu gibi meyve sularının üretiminde kullanılan ısı işleme alternatif bir yöntemdir (5). Termosonikasyon uygulamasının PME ve PG (poligalakaturanaz) gibi enzimlerinin inaktivasyonunu sağlamada geleneksel ısı işlemlerden daha etkili olduğu belirtilmektedir (6). Araştırmacılar ultrasonun domates suyu ve portakal suyunda PME inaktivasyonunu artırdığını saptamışlardır (7).

Havuç suyu pH değerinin yaklaşık 6.0 olması nedeniyle 115-121 °C'lerde yoğun ısı işleme tabi tutulmaktadır ve bu tür işlemler de son üründe besin içeriğindeki ve duyu özelliklerindeki kayıpları artırmaktadır (8).

Bu çalışmada, yukarıda bahsi geçen kalite kayıplarını azaltmak amacıyla daha düşük sıcaklıklarda PME enzimin inaktivasyonunun termosonikasyon ve geleneksel termal uygulamalarla sağlanması ve bu koşullarda üretilen havuç sularının toplam pektin, toplam karotenoid, pH, titrasyon asitliği, suda çözünür kuru madde ve renk değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma kapsamında materyal olarak yerel bir marketten temin edilen "Nantes" çeşidi havuç (*Daucus carota*) kullanılmıştır. Havuçlar, sebze suyuna işlenene kadar +4 °C'de en fazla 48 saat bekletilmiştir.

Sebze suyu üretimi amacıyla havuçlar ayıklama, yıkama ve kabuk soyma işlemlerinden geçirildikten sonra havuç suyu eldesi amacıyla ekstraktörden (Maxie 800w, Fakir, Almanya) geçirilmiştir. Elde edilen havuç sularının 10'ar ml'lik hacimlerine termosonikasyon ve geleneksel termal ısıtma işlemleri uygulanmıştır. Geleneksel termal ısıtma, su banyosunda 65 °C ve 80 °C'lerde gerçekleştirilmiştir. Uygulamaya alınan örneklerin sıcaklığı ölçülerek merkez sıcaklığı istenen sıcaklığa ulaştıktan sonra süre başlatılmıştır. Her beş dakikada bir örnek alınarak 65 dakika boyunca ısı işlemi uygulanmıştır. Termosonikasyon uygulaması ise ultrasonik banyoda (Elmasonic S 100 (H), Elma, Almanya) termal uygulamadaki sıcaklıklarda (65

°C ve 80 °C), 5'er dakika arayla örnek alınarak 65 dakika boyunca uygulanmıştır. Alınan örnekler için süre termal ısıtmada olduğu gibi merkez sıcaklığı istenen sıcaklığa ulaştıktan sonra başlatılmıştır. Isıl uygulamalardan alınan örnekler soğumaları için 10'ar dakika buzlu suda bekletilmiş ve analiz edilinceye kadar (-80 °C)'de depolanmıştır. Analiz öncesinde örnekler, akan su altında çözündürülmüş ve her bir örneğin PME aktivitesi belirlenmiş ve en düşük PME aktivitesini gösteren beş dakikalık periyotta tekrar üretimler yapılarak her bir dakikada için PME aktivitesi ölçülerek PME inaktivasyon süreleri belirlenmiştir. Bununla birlikte rapor edilen inaktivasyon sürelerinde havuç sularının fizikokimyasal özellikleri tüm örnek grupları ile ısı işlem geçirmemiş (kontrol) örneklerde belirlenmiştir.

Havuç suyu örneklerinde PME aktivitesi ve toplam pektin tayini Cemeroglu (2010) yöntemine göre belirlenmiştir. Uygulanan diğer analizler suda çözünür kuru madde, titrasyon asitliği AOAC (1995) ve pH değeri AOAC (1990) metotlarına uygun olarak yürütülmüştür. Toplam karotenoid konsantrasyonu ise Rayman (2010)'de havuç suyu için verilen metot uygulanarak analiz edilmiştir. Ayrıca örneklerin renk (L*, a*, b*, ΔE, ΔC ve Hue °) değerleri Hunter-Lab Color Flex model Colorimetre (Managment Company, USA) kullanarak saptanmıştır. ΔE ve ΔC değerlerinin hesaplanmasında kontrol grubu (ısı işlem görmemiş) havuç sularının L* =44.53, a* = 15.08 ve b* =35.12 değerleri kullanılarak aşağıda verilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = [(L^* - L_{ref}^*)^2 + (a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta C = [(a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2]^{1/2}$$

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

İstatistiksel Değerlendirme

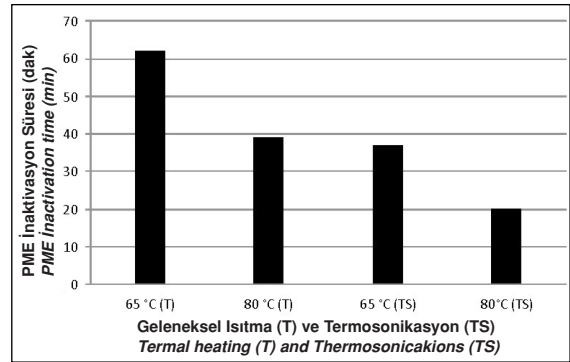
Üretimlere ait istatistiksel değerlendirmeler "Tesadüfi parseller" deneme desenine göre, uygulamalara ait farklılıklar ise Duncan testi ile %95 güven aralığında değerlendirilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler SPSS 13 paket programı kullanılarak yürütülmüştür. Tüm analizler 2 paralel ve 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Havuç Sularında PME Aktivitesi ve İnaktivasyon Süreleri

Havuç sularının çalışılan sıcaklık değerlerindeki PME inaktivasyon süreleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Başlangıçta 0.43 µmol/dak/mL PME aktivitesine sahip olan havuç suyu örneklerinde 65 °C'de uygulanan geleneksel termal işlemde 62. dakikada ve aynı sıcaklıktaki termosonikasyon işleminde 37. dakikada PME inaktivasyonu sağlanmıştır. Bunun yanında 80 °C de geleneksel termal işlemde PME inaktivasyonun 39. dakikada ve aynı sıcaklık derecesindeki termosonikasyon uygulamasında 20. dakikada olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre 80 °C de termosonikasyon uygulaması ile inaktivasyon süresi % 48.7 ve 65 °C'de % 40.3 oranlarında daha kısa sürmüştür. Bu koşullardaki sıcaklık uygulamaları sonucunda PME inaktivasyonunun %100 sağlandığı ve ultrasonun ısı işlemle beraber uygulanması sonucunda enzim inaktivasyon süresinin neredeyse yarı yarıya düştüğü belirlenmiştir.



Şekil 1. Isıl uygulamalar süresince PME (µmol/dak/mL) inaktivasyon süreleri

Figure 1. The inactivation period during heating applications of PME (µmol/min/mL)

Literatürde benzer bir çalışmada domates suyuna uygulanan sıcaklıklarda (60 °C, 65 °C ve 70 °C), 60 °C'deki ısı işlem dışında, ısıtma veya termosonikasyona maruz kalma süresinin artmasıyla, kalıntı enzim aktivitesinin (PME, PG), önemli ölçüde azaldığı ve kalıntı aktivitesindeki azalma hızının yüksek sıcaklıklarda daha fazla olduğu belirtilmiştir (6). Siwach ve Kumar (2012) mosambi suyunun termosonikasyon ve termal (60 °C, 70 °C ve 80 °C) uygulamaları ile yaptıkları bir çalışmada termosonikasyon işlemlerinin ses dalgalarının kaviteasyon etkisi nedeniyle ısısal işlemlerden daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmada 80 °C de 20. dakika sonunda tüm termal ve termosonikasyon uygulamalarında PME inaktivasyonunun sağlandığı belirlenmiştir. Wu ve arkadaşları domates suyunda PME'nin ısı (60 °C ve 65 °C) ve termosonikasyon (25 µm, 50 µm

ve 75 µm, 60 °C ve 65 °C) ile inaktivasyonunu incelemişler ve termosonikasyonda 60 °C ve 65 °C'de sırayla 41.8 ve 11.7 dakika sonra pektin metilesteraz aktivitesinde %90 oranında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Aynı orandaki azalmanın yalnızca ısı işlemi kullanarak elde edebilmesi için 60 °C ve 65 °C'de sırasıyla 90.1 ve 23.5 dakika uygulanması gerektiği saptanmıştır (14). Yine domates suları ile yapılan bir çalışma da ultrason ve ısı kombinasyonunun inaktivasyon üzerine etkisinin sinerjistik olduğunu ve termosonikasyonda PME'nin inaktivasyon oranlarını artırdığını tespit etmişlerdir. Bu artışın PME inaktivasyon hızında 60-70 °C'de 1.5-6 kat olduğu saptanmıştır (15). Sonuç olarak tüm sıcaklık değerlerinde (65 °C ve 80 °C), termosonikasyon ve geleneksel termal ısıtma işlemi ile PME enzim inaktivasyonu sağlanmıştır. Bunun yanında termal ısıtmaya göre termosonikasyon işlemi PME inaktivasyon süresini kısaltmıştır. Bunun nedeni olarak ısı etki ve ultrasona bağlı kaviteasyon etkisi görülmektedir.

Havuç Sularının Fizikokimyasal Özellikleri

Örneklere ait toplam pektin ve toplam karotenoit içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir. 80 °C'de ısı işlemi görmüş havuç sularındaki pektin içerikleri kontrol örneğine göre %56 artış göstermiştir. 65 °C'de ısı işlemi görmüş havuç sularının pektin içeriğinde herhangi bir değişim görülmemişken, 65 °C ve 80 °C'de uygulanan termosonikasyon işlemlerinin her ikisinde ise artış gözlemlenmiştir. Belirlenen bu sonuçlardaki pektin konsantrasyonundaki artışın sıcaklıktaki artışla beraber ultrasonun kaviteasyon etkisi nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

Isıl işlemler, pektik materyallere direkt ya da dolaylı olarak etki eder. Düşük sıcaklıkta uzun süre gerçekleştirilen ısı işlemler sonucu hücre

zarının seçici geçirgenliğinin zarar görmesi tetiklenmektedir. Böylece kationların hücre içinden hücre duvarına doğru nüfuz etmesi ile pektin metilesteraz enzimi aktive olarak pektik maddelerdeki metil esterlerin hidrolizi ile pektinlerin kısmi de-esterifikasyonunu gerçekleştirmektedir. Sıcaklığın yaklaşık 50 °C'ye erişmesi ile hücre membranları zarar görmeye başlamakta, hücresel turgor oldukça hızlı şekilde bozulmaktadır. Fakat hücre duvarı pektin molekülleri henüz bu durumdan etkilenmemektedir. Isıl işlemin devam etmesi durumunda ise hücre duvarı ve orta lamel arasındaki pektinin yapısı bozularak, çözünür hale geçmektedir (16).

Genel olarak 65 °C ve 80 °C'de yapılan termal ısıtma ve termosonikasyon işlemleri sonucunda karotenoit konsantrasyonlarında değişim gözlemlenmiştir. Karotenoit içeriğinde en fazla kayıp ise 80 °C'de uygulanan geleneksel termal ısıtma işleminde belirlenmiştir. 80 °C'de yapılan TS uygulamasında ise karotenoit konsantrasyonunda artış belirlenmiştir. Bu artışın γ-karotenin β-karotene dönüşmesi ile gerçekleştiği düşünülmektedir (17).

Araştırma sonucunda elde edilen; pH, titrasyon asitliği ve suda çözünür kuru madde (SÇKM) değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Kontrol gurubu havuç suyu örneklerinin pH, titrasyon asitliği değerleri sırası ile 6.71, 0.24 ve SÇKM değeri ise %9 olarak belirlenmiştir. Örneklerin pH değerleri kontrol örneği ile karşılaştırıldığında uygulanan geleneksel ısıtma ile değişmediği, fakat belirlenen sıcaklıklardaki termosonikasyon işlemi ile azaldığı tespit edilmiştir. Bunun nedeninin ise ultrason uygulaması sırasında oluşan OH-radikalleri ve hidrojen peroksit olduğu düşünülmektedir (18). Titrasyon asitliğinde ise 80 °C ve 65 °C'deki geleneksel ısıtmada ve 65 °C de termosonikasyon

Çizelge 1. Havuç suyuna uygulanan termosonikasyon ve geleneksel termal ısıtma işlemlerinin, toplam pektin ve toplam karotenoit üzerine etkisi

Table 1. Effects of thermal heating and thermosonication applications on PME, total pectin and total carotenoids of carrot juice

Sıcaklık Temperature (°C)	Toplam Pektin Total Pectin (µg/ml)	Toplam Karotenoit Total Carotenoids (mg/l)
Kontrol (28.7 °C)	262.91±0.03 ^a	17.19±0.02 ^a
80 °C (T)	411.60±0.01 ^b	1.39±0.01 ^b
80 °C (TS)	290.34±0.01 ^c	21.46±0.03 ^c
65 °C (T)	262.91±0.01 ^a	6.15±0.01 ^d
65 °C (TS)	352.89±0.01 ^d	9.09±0.01 ^e

^{a,b} harfleri her bir sütundaki istatistiksel farkları ifade etmektedir; sonuçlar ortalama±SD olarak gösterilmiştir (P≤0.05).

^{a,b} different lower case letter in the same column for each treatment indicates significant differences and results shown as means±SD (P≤0.05).

işleminde genel olarak bir miktar azalma görülürken, 80 °C de termosonikasyon işleminde artış gözlemlenmiştir. Bu durumun pH değişimine de neden olan ultrason uygulaması sırasında oluşan OH-radikalleri ve hidrojen peroksit olduğu düşünülmektedir. Örneklerin SÇKM değerleri ise 8.87-9.12 aralığında belirlenmiştir.

Çizelge 3'te havuç suyu örneklerinin L* (parlaklık), a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerleri verilmiştir. 80 °C'de yapılan ısı işlem uygulamalarının örneklerin L* değerlerinde kayba neden olduğu ve örneklerin parlaklıklarının kayba uğradığı; bunun yanında a* değerinin termosonikasyon grubunda daha yüksek olduğu ancak örneklerin a* değerleri arasında istatistiksel bir fark olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). b* değeri açısından termosonikasyon uygulanan koşulların her ikisinde de daha yüksek b* değerleri elde edilmiştir ve örneklerin sarılık değerleri üzerine kullanılan yöntemler arasında istatistiksel olarak fark varken, sıcaklığın b* değeri üzerine etkisinin olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$). ΔE (toplam renk farkı) ve ΔC (doyunluk) değerleri incelendiğinde de istatistiksel bir fark saptanmamıştır ($P>0.05$).

Ancak renk tonu olarak ifade edilen Hue° değerlerinde TS grubu ve T gruplarında renk tonu açısından sıcaklık farkının önemli olmadığı ancak uygulanan yöntemin renk tonu üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Ultrason etkiye bağlı olarak ultrason uygulanan örneklerde daha yüksek renk tonu değerleri elde edilmiştir.

SONUÇ

Havuç suyu üretiminde kullanılan termosonikasyon işleminin geleneksel termal yöntemle göre çok daha kısa sürede PME inaktivasyonu sağladığı belirlenmiştir. Örneklerin fizikokimyasal özellikleri karşılaştırıldığında 65 °C'de yapılan uygulamaların beklenildiği üzere daha az renk ve karotenoit kaybına neden olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak elde edilen bulgular termosonikasyon uygulamasının geleneksel termal ısıtmanın yanında alternatif bir yöntem olarak kullanılabilmesi ve böylelikle geleneksel ısıtma sonucunda oluşan ısı zararlarının azaltılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca bu verilerin doğrulanması amacıyla depolama aşamasında da örneklerin incelenmesi ve mikrobiyolojik analizlerle de desteklenmesi gerekmektedir.

Çizelge 2. Havuç suyuna uygulanan termosonikasyon ve geleneksel termal ısıtma işlemlerinin pH, titrasyon asitliği (%) ve SÇKM (%) üzerine etkisi

Table 2. Effects of traditional heating and thermosonication applications on pH, titratable acidity (%) and soluble solid (%) of carrot juice

Sıcaklık (Temperature) (° C)	pH	Titrasyon asitliği (Titratable acidity) (%)	SÇKM (Soluble solid) (%)
Kontrol (28.7 °C)	6.71±0 ^a	0.24±0.01 ^a	9±0 ^a
80 °C (T)	6.73±0.01 ^b	0.19±0.02 ^b	9±0 ^a
80 °C (TS)	6.59±0.01 ^c	0.23±0.01 ^a	9±0 ^a
65 °C (T)	6.7±0.02 ^b	0.20±0.01 ^b	8.87±0.01 ^b
65 °C (TS)	6.63±0.01 ^d	0.20±0 ^b	9.12±0.01 ^c

*^{a,b} harfleri her bir sütündeki istatistiksel farkları ifade etmektedir; sonuçlar ortalama±SD olarak gösterilmiştir ($P\leq 0.05$).

*^{ab} different lower case letter in the same column for each treatment indicates significant differences and results shown as means±SD ($P\leq 0.05$).

Çizelge 3. Havuç suyuna uygulanan termosonikasyon ve geleneksel termal ısıtma işlemlerinin renk üzerine etkisi

Table 3. Effects of traditional heating and thermosonication applications on color values of carrot juice

Sıcaklık (Temperature) (° C)	Renk değerleri (Color values)					
	L*	a*	b*	ΔE	ΔC	Hue°
Kontrol (28.7 °C)	44.53±0.8a	15.08±0.7a	35.12±1.55a	-----	-----	66.7±0.02a
80 °C (T)	42.17±0.48b	16.88±1b	31.93±0.96b	4.35±0.83a	3.66±0.67a	61.01±1.4b
80 °C (TS)	43.82±0.9c	18.35±0.04b	36.11±1.26a	3.48±0.72a	3.41±0.72a	63.13±0.95c
65 °C (T)	44.09±1.05a	17.57±1.16b	32.7±0.72b	3.5±0.95a	3.47±0.94a	61.71±0.72b
65 °C (TS)	44.72±0.02a	18.14±0.7b	36.58±0.52a	3.39±1.34a	3.39±1.02a	63.89±0.63c

*^{ab} harfleri her bir sütündeki istatistiksel farkları ifade etmektedir; sonuçlar ortalama±SD olarak gösterilmiştir ($P\leq 0.05$).

*^{ab} different lower case letter in the same column for each treatment indicates significant differences and results shown as means±SD ($P\leq 0.05$).

KAYNAKLAR

1. Espachs-Barroso A, Van-Loey A, Hendrickx M, Martin-Belloso O. 2006. Inactivation of plant pectin methylesterase by thermal or high intensity pulsed electric field treatments. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 7: 40-48.
2. Cemeroglu B, Yemencioğlu A, Özkan M. 2001. *Meyve ve Sebzelerini Bileşimi ve Soğukta Depolanmaları*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 24, 328 s.
3. Demirdöven A ve Baysal T. 2009. The use of ultrasound and combined technologies in food preservation. *Food Rev Int*, 25:1-11.
4. Ulusoy K ve Karakaya M. 2011. Gıda Endüstrisinde Ultrasonik Ses Dalgalarının Kullanımı. *GIDA*, 36 (2):113-120.
5. Abid M, Jabbar S, Hua B, Hashim MM, Wua T, Lei S, Khan MA, Zeng X. 2014. Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice. *Ultrasonics Sonochem*, 21:984-990.
6. Wu J, Gamage TV, Vilkhuk KS, Simons LK, Maw R. 2008. Effect of thermosonication on quality improvement of tomato juice. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 9: 186-195.
7. Tiwari BK, Muthukumarappan K, Donnell CPO, Cullen PJ. 2009. Inactivation kinetics of pectin methylesterase and cloud retention in sonicated orange juice. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 10: 166-171.
8. Balogh T, Smout C, Nguyen BL, Loey AMV, Hendrickx ME. 2004. Thermal and high-pressure inactivation kinetics of carrot pectinmethylesterase: from model system to real foods. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 5: 429-436.
9. Cemeroglu B. 2010. *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 34. Ankara, 535s.
10. AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, J Assoc Offic Anal Chem, Int, 16th Ed. Arlington, VA.
11. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, J Assoc Offic Anal Chem, Int: 15th Ed. Arlington, VA.
12. Rayman A. 2010. Havuç suyu üretiminde elektrop plazmoliz ve mikrodalga uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye, 184 s.
13. Siwach R, Kumar M. 2012. Comparative study of thermosonication and thermal treatments on pectin methylesterase inactivation in mosambi juice. *J Dairy Foods Home Sci*, 31 (4): 290-296.
14. Şahin-Ercan S, Soysal Ç. 2011. Ultrasonun gıdalarda ve enzimlerin inaktivasyonunda kullanılması. *GIDA* 36 (4): 225-231.
15. Terefe NS, Gamage M, Vilkhuk K, Simons L, Mawson R, Versteeg C. 2009. The kinetics of inactivation of pectin methylesterase and polygalacturonase in tomato juice by thermosonication. *Food Chem*, 117: 20-27.
16. Başkaya-Sezer D, Demirdöven A. 2015. Meyve Sebze İşlemede Mikrodalga Haşlama Uygulamaları. *GIDA* 40 (3): 171-177.
17. Odriozola-Serrano I, Soliva-Fortuny R, Hernández-Jover T, Martín-Belloso O. 2009. Carotenoid and phenolic profile of tomato juices processed by high intensity pulsed electric fields compared with conventional thermal treatments. *Food Chem*, 112: 258-266.
18. Açı M, Yerlikaya O, Kınık Ö. 2014. Gıdalarda ısı olmayan yeni teknikler ve mikroorganizmalar üzerine etkileri. *Gıda ve Yem Bilimleri Teknoloji Dergisi/J Food Feed Sci Technol*, 14: 28-35.