

## Ultrases Uygulamasının Elma Suyu İlaveli Trabzon Hurması Nektarının Reolojik Özellikleri Üzerine Etkisi

Burcu DÜNDAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9919-5711>

✉: [bdundar@cu.edu.tr](mailto:bdundar@cu.edu.tr)

### ÖZET

Bu çalışmada, turuncu renge, kendine özgü tat ve yapıya sahip, lif, antioksidan, fenolik bileşikler bakımından zengin bir meyve olan Trabzon hurması (*Diospyros kaki*), nektara işlenerek değerlendirilmiş ve nektarlara farklı yoğunluklarda (15, 30 ve 60 dk - 24 kHz) ultrases enerjisi uygulanmıştır. Nektarların 20-60 s<sup>-1</sup> kayma hızı aralığı ve sabit sıcaklıktaki bazı reolojik özellikleri belirlenmiştir. Hurma nektarının akış davranışını açıklayan en uygun modelin Ostwald-de Waele olduğu ( $R^2>0.98410$ ), sırasıyla 1.4640 - 0.5308 ve 0.2815 - 0,3954 aralığında değişim gösteren modele ait kıvam indeksi ( $k$ , mPa.s) ve akış davranış indeksi ( $n$ ) parametreleri ile birlikte ortaya konulmuştur. Nektarlara uygulanan ultrases uygulama süresi arttıkça nektarların viskozite değerinde 112.70 'den 59.75 mPas seviyesine önemli düzeyde azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Bu nedenle, ultrases uygulamasının Trabzon Hurması nektarı gibi yüksek viskoziteli ürünlerin viskozitesini azaltarak tüketimini kolaylaştırma potansiyeli bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

### Gıda Bilimi

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 31.12.2020

Kabul Tarihi : 29.07.2021

### Anahtar Kelimeler

Trabzon Hurması nektarı

Ultrases

Reoloji

Ostwald-de Waele

## The Effect of Ultrasound on Rheological Properties of Persimmon Nectar

### ABSTRACT

In this study, persimmon (*Diospyros kaki*), a fruit rich in fiber, antioxidants and phenolic compounds which has orange color, distinctive taste and texture, was evaluated by producing nectar, and different intensities of ultrasound energy (15, 30 and 60 min - 24 kHz) were applied to nectars. The shear rate range between 20-60 s<sup>-1</sup> and some rheological properties of the nectars at constant temperature were determined. It was revealed that Ostwald-de Waele is the best model that explains the rheological behavior of persimmon nectar ( $R^2>0.98410$ ) with the consistency coefficient ( $k$ , mPa.s) ve flow behaviour index ( $n$ ) parameters changing between 1.4640-0.5308 and 0.2815-0.3954, respectively. It was determined that as the ultrasound application time applied to the nectars increased, the viscosity value of nectars decreased from 112.70 to 59.75 mPa.s. Therefore, it can be concluded that ultrasound application has potential to facilitate the consumption of high viscosity products such as persimmon nectar by reducing the viscosity.

### Food Science

### Research Article

### Article History

Received : 31.12.2020

Accepted : 29.07.2021

### Keywords

Persimmon nectar

Ultrasound

Rheology

Ostwald-de Waele

**Atıf İçin:** Dündar B 2022. Ultrases Uygulamasının Elma Suyu İlaveli Trabzon Hurması Nektarının Reolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 864-871. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.851184.

**To Cite:** Dündar B 2022. The Effect of Ultrasound on Rheological Properties of Persimmon Nectar. KSU J. Agric Nat 864-871. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.851184.

## GİRİŞ

Anavatanı Çin olan Trabzon Hurmasının (*Diospyros kaki*) Çin'den Japonya'ya oradan da diğer ülkelere yayıldığı bilinmektedir. Hurma, Türkiye'de ilk olarak, Karadeniz Bölgesi'ne Rusya'dan girmiş ve subtropik

iklim gösteren bölgelerinde yayılım göstermiştir (Tuzcu ve Şeker, 1996). Türkiye'de yetiştirilmeye başlanması çok eskilere dayanmakta olup o dönemde Trabzon üzerinden diğer illere dağıldığından "Trabzon Hurması" adını da almıştır. Dünya'nın büyük bir bölümünde "Kaki" diye, Amerika'da ise

“Persimmon” olarak adlandırılmaktadır (Parseker Yönel ve ark., 2008). Bu meyve Türkiye’de yerel olarak, Hurma, Rus Hurması, Japon Hurması, Trabzon Hurması, Batum Hurması ve Cennet Meyvesi gibi adlarla da tanınmaktadır. Hurma meyvelerinin fenolik bileşikler ve askorbik asit bakımından zengin olması, bu meyvenin antioksidan aktivitesinin yüksek olmasını sağlamaktadır. Özellikle A ve E vitaminleri yanında zengin karbonhidrat ve tanen içeriği sebebiyle (Parseker Yönel ve ark., 2008), fonksiyonel ürünler içinde önemli bir yere sahip olan Trabzon hurmasına olan talep son yıllarda artmaktadır (Özkan ve Can, 2013). Hurma yaprakları ve meyvelerinde proantosiyandinler (Jung ve ark., 2005; Suzuki ve ark., 2005), flavonoid oligomerleri, tanninler, fenolik asitler ve kateşin gibi maddeler bulunmaktadır (Lee ve ark., 2012; Jo ve ark., 2003). Trabzon hurması, özellikle  $\beta$ -kriptoksantin’e dönüşebilen  $\beta$ -karoten bakımından zengindir (Kumazawa ve ark., 2002). Veberic (2010), hurma meyvesinde  $\beta$ -karotenlerin çoğunlukta olup onu  $\beta$ -kriptoksantin ve  $\alpha$ -karotenlerin takip ettiğini bildirmiştir. Ayrıca ek olarak flavanoellagitannin ve procyanidino-ellagitannin (proantosiyandinler and ellagitanninler) hurmada bulunan önemli fitokimyasal bileşenlerdir (Butt ve ark., 2015). Türkiye’de hurma tüketiminin artış göstermesindeki en önemli sebeplerin başında ‘Fuyu’, ‘Jiro’, ‘Izu’ gibi buruk olmayan yeni çeşitlerin ülkeye girişi (Ercisli ve Akbulut, 2009), hasat sonrası depolama imkanlarının artması, meyvelerdeki besin içeriğinin, özellikle yüksek A vitamini, kalsiyum, potasyum, tanenler, antioksidan ve fenolik bileşikler bakımından zengin olması gelmektedir (Celik ve Ercisli, 2008; Ercisli ve ark., 2008; Veberic ve ark., 2010; Altuntas ve ark., 2011).

Enerjinin ses dalgaları titreşimi yardımı ile meydana getirildiği ultrases uygulamalarında, 20 kHz - 10 MHz aralığında değişim gösteren frekanslar kullanılmaktadır. Bu uygulamaların sınıflandırılmalarında, üretilen ses alanının enerji miktarı en önemlidir. Ses gücü (W), ses yoğunluğu ( $W/m^2$ ), ses enerjisi yoğunluğu ise ( $W.s/m^3$ ) ile karakterize edilmektedir (Dolatowski ve ark., 2007; Knorr ve ark., 2004). Ses enerjisi, sürekli dalga-tipi bir hareket oluşturarak ortama girdiğinde, bu hareketin bir sonucu olarak boylamsal dalgalar oluşur ve bu durum ortamdaki partiküller üzerinde sıkışma ve gevşeme yaratır. Uygulanan ses dalgasının büyüklüğü ve frekansa bağlı olarak farklı uygulamalara olanak sağlayan bir seri fiziksel, kimyasal ya da biyokimyasal etkiler meydana gelebilmektedir. Yüksek şiddete sahip ultrases uygulanan sıvılarda yüksek ve düşük basınçlı dalgalar oluşmaktadır (Knorr ve ark., 2004). Düşük basınçlı dalga oluşumu sırasında, ultrasonik dalgalar küçük vakum baloncuklar meydana getirmekte ve bu

baloncuklar daha fazla enerji absorblayamayacak hacme ulaştığı zaman yüksek basınçlı dalgalar meydana gelmekte ve içe doğru patlamaktadır. Bu olay sonucunda 1000 atm’nin üzerinde oldukça yüksek basınç ve enerji açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan enerji, kabarcıkların bulunduğu bölgede sıcaklık artışı ve bazı kimyasal reaksiyonların oluşumu ile sonuçlanmaktadır (Vercet ve ark., 2001). Gıda teknolojisinde ultrases, sıvı gıdalardaki enzimatik reaksiyonların aktivasyonu, fermentasyonun hızlandırılması, karıştırma, homojenizasyon, katı materyalin sıvı içine disperse olması, hücrelerin parçalanması, ekstraksiyon (hücre içi materyalin ekstraksiyonu, enzim eldesi), sıvı akımdaki yağın emülsifiye edilmesi, spreyleme, gazların ayrılması (degassing), kristalizasyon, kurutma, enzimatik ve mikrobiyal inaktivasyon gibi işlemlerde tek başına ya da yardımcı işlem olarak kullanılmaktadır (Mason ve ark., 2005; Wu ve ark., 2008).

Meyve sularının reolojik davranışını açıklamak için meyve suyuna bağlı olarak değişen Newtonyen (bir parametre), Bingham ve Power-Law (iki parametre), Herschel-Bulkley modelleri (üç parametre) gibi birçok reolojik model kullanılmıştır. Sıvı gıdalar genellikle Newtonyen akış sergilememektedir. Bu nedenle, davranışlarını açıklamak için daha karmaşık modellerin kullanılması gerekmektedir. Meyve/sebze sularına uygulanan bazı teknolojik işlemler ürünün viskozitesi üzerinde önemli düzeyde etki gösterebilmektedir (Vandresen ve ark., 2009). Literatürde meyve sularının reolojik modellenmesi ile ilgili çalışmalar bulunmasına rağmen Trabzon hurması nektarının reolojik özellikleri ya da ultrasesin bu özellikler üzerine etkisi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, Trabzon hurması nektarının akış davranışı ve enzimatik / mikrobiyolojik inaktivasyon amacıyla uygulanan ısıl işleme alternatif olarak gösterilen teknolojilerden biri olan ultrasesin, hurma nektarının bazı reolojik özellikleri üzerine etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu etkinin belirlenmesi, ultrasesin dahil edildiği bir işlemin tasarlanmasında ya da nektarın duyuşal özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanımı açısından önem arz etmektedir. Ayrıca, nektarların reolojik özelliklerini en iyi şekilde açıklayan modelin belirlenmesi amacıyla farklı modellerin uygunluğu değerlendirilmiştir.

## MATERYAL ve METOD

Materyal olarak yerel marketten temin edilen hurma ve berrak elma suyu (%100) kullanılmıştır. Meyve suyuna işlenmeyen Trabzon hurması suyunu tüketilebilir hale getirebilmek amacıyla elma suyu, sitrik asit, şeker ve su ilaveleri gerçekleştirilmiştir (Parseker Yönel ve ark., 2008). Trabzon hurması

nektarı üretimi için yapılan duyusal değerlendirme sonuçlarına göre en yüksek beğeni alan nektar formülasyonu çalışmada kullanılmıştır.

### Trabzon Hurması Nektarı Üretimi

Hurma nektarların üretimi amacıyla yerel marketten temin edilen Trabzon hurmalarına, toz, toprak, tarımsal ilaç kalıntıları gibi istenmeyen unsurların uzaklaştırılması ve mikroorganizma yükünün azaltılması amacıyla yıkama işlemi uygulanmıştır. Ardından yaprak, sap gibi yabancı unsurlarla, olgunlaşmamış, yeşil, sarı ya da ezilmiş, çürümüş ve bozulmuş meyveler ayrılmıştır. Seçme-ayıklamadan sonra, sap kısımlarından ürüne fenolik madde geçişini ve renkte değişimi engellemek amacıyla sap ayırma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sapları ayrılan meyveler önce parçalayıcı (Waring, USA) kullanılarak 20 s boyunca homojenize edilmiştir. Elde edilen Trabzon hurması püresinden bulanık nektar üretmek için en uygun nektar formülasyonunu belirlemek üzere duyusal değerlendirme yapılmış ve belirlenen nektar formülasyonu ile üretim gerçekleştirilmiştir. Nektar üretiminde kullanılan elma suyu ilavesi ise yerel marketten temin edilen berrak elma suyu (%100) ile gerçekleştirilmiştir. Farklı suda çözünür kuru madde değerleri (%0.50, 0.60 ve 0.70) ve hurma/elma oranlarına (4/3, 4/2 ve 4/1) sahip nektarlar duyusal analizler sonrasında genel beğeni bakımından karşılaştırılmıştır. Trabzon hurması nektarı üretimi için en yüksek genel beğeniye sahip formülasyonda meyve oranı %70, hurma/elma oranı 4/3, asitlik %0.60, briks değeri 14°B olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda hurma püresine elma suyu, şeker, sitrik asit ve su ilaveleri kütle denklilikleri ile hesaplanan miktarlarda gerçekleştirilerek nektar üretilmiştir. Hammaddeden kaynaklanabilecek farklılıkların önüne geçilebilmesi için yapılan her üretimde kullanılan hurmaların asitlik ve briks değeri belirlenmiş ve söz konusu ilave miktarları tekrar hesaplanarak üretilen tüm nektarların asitlik ve briks bakımından standart özelliklere ( %0.60 asitlik, 14°B ) sahip olması sağlanmıştır.

### Ultrases Uygulamaları

Ultrases uygulamaları, UP200S (Hielscher, Germany) cihazıyla 24 kHz frekansta ve cihazın standartlarına uygun olan S14 prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir (EK 1). Uygulamalar sırasında sıcaklık (termometre, Celsi TP101, Turkey), süre ve cihazın hurma nektarına ilettiği enerji dijital ölçüm cihazları (TT-TECHNIC PMG-1 Wattmetre 16A 3680W, P.R.C.) ile belirlenmiştir. Trabzon hurması nektarından 500 mL örnek alınarak çift cidarlı cam beherde, nektarlara belirlenen sürelerde (15, 30 ve 60 dk) ultrases işlemi uygulanmıştır. Ultrases işlem koşulları belirlenirken literatürden yararlanılmıştır (Bhat ve Goh, 2017).

İşlem süresince sıcaklığın istenen değerlerde kalmasını sağlamak için soğutmalı/ısıtmalı su sirkülatörünü de içermekte olan ultrases ekipmanı kullanılarak hedeflenen sıcaklık değerinden sapma miktarının  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  ile sınırlı kalması sağlanmıştır (EK 1). Termosonikasyon uygulamaları boyunca kaydedilen güç değerlerinin ortalaması 149.8 W, sıcaklık değerlerinin ortalaması ise  $30^{\circ}\text{C}$  olarak saptanmıştır. Çalışmada sıcaklıktan bağımsız olarak ultrasesin etkisi araştırıldığı için uygulama sıcaklığı yüksek olmayacak şekilde ( $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) koşullar belirlenmiştir.

### Viskozite Ölçümü

Trabzon hurması nektarlarına ait viskozite değerleri, silindirik problu viskozimetre (Brookfield viscometer, Model LVTDV-1, CP40 spindle, USA) kullanılarak 9 mL örnek ile üç tekerrürlü olarak oda sıcaklığında ( $25^{\circ}\text{C}$ ) ve sabit kayma hızında ( $50\text{ s}^{-1}$ ) gerçekleştirilmiştir.

### Reolojik Modellerin Değerlendirilmesi

Kontrol örneği ve ultrases uygulanan örneklerin her biri için 20, 30, 40, 50 ve  $60\text{ s}^{-1}$  olmak üzere artan kayma hızlarında, nektarlara ait kayma gerilimi değerleri viskozimetre (Brookfield viscometer, Model LVTDV-1, MA, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Castilhos ve ark., 2017). Reolojik ölçümler boyunca, kayma gerilimi ( $\text{N/m}^2$ ), kayma hızı ( $1/\text{s}$ ) ve viskozite değerleri kaydedilmiştir. Deneysel üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deneysel verilerin dört farklı reolojik modele (Newtonyen (2), Ostwald-de Waele (3), Bingham (4), Herschel-Bulkley (5)) uygunluğu Lingo 18.0 ve Microsoft Excel 2016 programları kullanılarak değerlendirilmiştir. Deneysel verilerin değişimini en uygun şekilde açıklayan modelin seçiminde elde edilen  $R^2$  değerleri göz önüne alınmıştır.

$$\tau = \mu\gamma \quad (1)$$

$\mu$  Newtonyen viskozitesi ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ),  $\gamma$  kayma hızı ( $\text{s}^{-1}$ ),  $\tau$  ise kayma gerilimini ( $\text{mPa}$ ) ifade etmektedir.

$$\tau = k(\gamma)^n \quad (2)$$

$$\tau = \tau_0 + k\gamma \quad (3)$$

$$\tau = \tau_0 + k(\gamma)^n \quad (4)$$

$k$  kıvam indeksi ( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ),  $\tau_0$  başlangıç kayma gerilimi ( $\text{mPa}$ ) ve  $n$  ise akış davranış indeksini ifade etmektedir.

### İstatistiksel Analizler

Depolama boyunca elde edilen veriler, SPSS paket programı (Chicago, IL, USA) ile tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Varyans analiz sonuçlarına göre önemli bulunan uygulamaların ortalamaları ( $P<0.05$ ) Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır ve ilgili ortalamalar sunulmuştur (Bewick ve ark., 2004).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Reolojik Özelliklerin Karakterizasyonu

Çizelge 1’de dört farklı reolojik modelin, nektarlara ait deneysel verilerdeki değişimi açıklayabilirliğini belirlemek amacıyla hesaplanan  $R^2$  değerleri verilmiştir. Ostwald-de Waele modelinin en yüksek  $R^2$  değerlerine (0.98410, 0.999733, 0.998448 ve 0.999776) sahip olması nedeniyle, Trabzon hurması nektarının reolojik özelliğini en iyi tanımlayan model olduğu belirlenmiştir. Kontrol örneği ve ultrases uygulanan tüm örneklerde, Ostwald-de Waele en uygun model olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, bazı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda, farklı çeşit üzümlerden elde edilen üzüm sularının reolojik davranışını en iyi açıklayan

modelin Ostwald-de Waele olduğu bildirilmiştir (De Castilhos ve ark., 2017; De Castilhos ve ark., 2018). Havuç suyunda yapılan bir çalışmada ise taze örnek Newtonyen özellik gösterirken, pastörizasyon işlemi sonrasında havuç suyunun psödoplastik akış davranışına sahip olduğu ve Newtonyen dışındaki modellere (Bingham, Casson, Ostwald-De-Waele ve Herschel-Bulkley) yüksek oranda uyum sağladığı bildirilmiştir (Vandresen ve ark., 2009). Kayma hızının artışıyla birlikte viskozitede azalma gösteren sıvılar psödoplastik sıvılar olarak tanımlanmaktadır. Psödoplastik akış, kayma incilmesi (shear thinning) olarak da bilinmektedir. En çok rastlanan Newtonyen olmayan akış çeşididir. Kuvvet yasası (power-law) eşitliği ile ifade edilir (Kalkan, 2011).

Çizelge 1. Trabzon hurması nektarına ait deneysel verilerin farklı reolojik modellere uygulanması ile elde edilen korelasyon katsayıları

Table 1. The correlation coefficients obtained from the modeling of experimental values of permisson nectar

Uygulama <i>Application</i>	Model <i>Model</i>	Model Eşitliği <i>Model Equation</i>	$R^2$
Kontrol <i>Control</i>	Newtonyen	$\tau = \mu \dot{\gamma}$	0.74102 ± 0.0152
	Ostwald-de Waele	$\tau = k(\dot{\gamma})^n$	<b>0.98410 ± 0.0010</b>
	Bingham	$\tau = \tau_0 + k\dot{\gamma}$	0.96310 ± 0.0017
	Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma})^n$	0.97885 ± 0.0008
U15	Newtonyen	$\tau = \mu \dot{\gamma}$	<<1
	Ostwald-de Waele	$\tau = k(\dot{\gamma})^n$	<b>0.999733 ± 0.0001</b>
	Bingham	$\tau = \tau_0 + k\dot{\gamma}$	0.988682 ± 0.0012
	Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma})^n$	<<1
U30	Newtonyen	$\tau = \mu \dot{\gamma}$	<<1
	Ostwald-de Waele	$\tau = k(\dot{\gamma})^n$	<b>0.998448 ± 0.0005</b>
	Bingham	$\tau = \tau_0 + k\dot{\gamma}$	0.992598 ± 0.0020
	Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma})^n$	0.998256 ± 0.0007
U60	Newtonyen	$\tau = \mu \dot{\gamma}$	<<1
	Ostwald-de Waele	$\tau = k(\dot{\gamma})^n$	<b>0.999776 ± 0.0002</b>
	Bingham	$\tau = \tau_0 + k\dot{\gamma}$	0.990991 ± 0.0005
	Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma})^n$	0.966491 ± 0.0097

\*Standart hata

\*Standard error

Farklı ultrases enerji yoğunlukları uygulanan Trabzon hurması nektarlarına ait deneysel kayma hızı ve kayma gerilimi verileri ile oluşturulan reogramlar Şekil 1’de verilmiştir. Örneklerin tamamında kayma hızı arttıkça kayma gerilimi de artış göstermiştir. En yüksek kayma gerilimi en düşük UEY uygulamasında (U15) elde edilirken, en düşük kayma gerilimi değerleri, en yüksek UEY (U60) uygulamasında elde edilmiştir. Nektarlara uygulanan ultrases enerji yoğunluğu arttıkça kayma gerilimi azalma göstermiştir. Ultrases uygulanan örneklerin reogramlarının eğimleri değerlendirildiğinde ise ultrases enerji yoğunluğu arttıkça kayma gerilimi, kayma hızındaki değişimden daha az etkilendiği belirlenmiştir. Şekil 1’de verilen aşağı doğru içbükey eğriler değerlendirilecek olursa nektarların psödoplastik davranışa sahip olduğu söylenebilir. Üzüm sularında kayma hızı ve kayma

gerilmesi arasındaki ilişkinin de Newtonyen olmadığı bildirilmiştir (De Castilhos ve ark., 2017; De Castilhos ve ark., 2018).

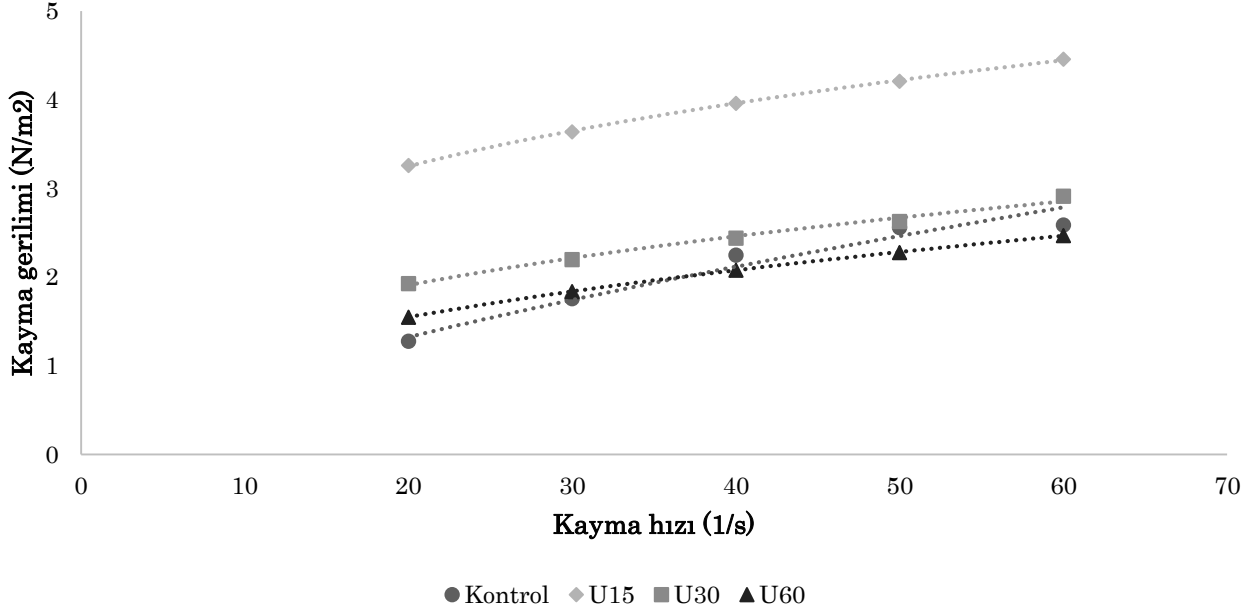
Çizelge 2’de elde edilen deneysel veriler kullanılarak belirlenen Ostwald-de Waele modeline ait kıvım indeksi ( $k$ , mPa.s) ve akış davranış indeksi ( $n$ ) parametreleri verilmiştir. Söz konusu modele ait tüm  $n$  değeri beklenildiği gibi 1’den küçüktür ve bu nedenle psödoplastik akış söz konusudur (Vandresen ve ark., 2009). Farklı sürelerde ultrases uygulanan nektarların akış davranışına ait  $k$  ve  $n$  değerleri istatistiksel olarak önemli düzeyde fark göstermektedir ( $P < 0.05$ ).

### Viskozite değerleri

Şekil 2’de kontrol ve farklı sürelerde ultrases uygulanan hurma nektarlarına ait viskozite değerleri

verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kontrol, U30 ve U60 örneklerinin arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmamasına karşın U15 nektarlarının viskozite değerinin önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Nektarlara uygulanan ultrases enerji yoğunluğunun artışıyla viskozite değerlerinin başlangıçta artış gösterdiği, daha yüksek ultrases enerji yoğunlukları uygulandığında ise (U60) viskozitede istatistiksel olarak önemli düzeyde olmasa

da azalma olduğu belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Abid ve ark. (2014) kontrole kıyasla 30 ve 60 dk ultrases uygulanan elma suyu örneklerinin viskozite değerlerinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Söz konusu artışı, bağlı formdaki makromoleküllerin ultrases etkisiyle serbest hale geçerek koloidal sistemdeki konsantrasyonlarının artarak meyve suyunun daha viskoz hale gelmesi ile açıklamışlardır.



Şekil 1. Farklı sürelerde ultrases uygulanan Trabzon hurması nektarlarına ait reogram  
Figure 1. Rheogram of Permisson nectars applied ultrasound during different time

Çizelge 2. Trabzon hurması nektarlarına ait deneysel sonuçlardan elde edilen Ostwald-de Waele modeline parametreler

Table 2. The parameters of Ostwald-de Waele model obtained from experimental results of Permisson nectar

Uygulama Application	$k$	$n$	$R^2$
Kontrol (Control)	$0.175394 \pm 0.017854^d$	$0.678927 \pm 0.027223^a$	$0.98410 \pm 0.0018$
U15	$1.463981 \pm 0.07627^a$	$0.281493 \pm 0.002844^c$	$0.999733 \pm 0.0002$
U30	$0.787258 \pm 0.001291^b$	$0.319507 \pm 0.004642^c$	$0.998448 \pm 0.0008$
U60	$0.530777 \pm 0.11767^c$	$0.395405 \pm 0.042555^b$	$0.999776 \pm 0.0003$

<sup>a,b,c,d</sup> Farklı harflerle gösterilen aynı sütundaki ortalamalar arasındaki fark önemli düzeydedir ( $P<0.05$ ).

$k$ : kıvam indeksi,  $n$ : akış davranış indeksi

<sup>a,b,c,d</sup> Mean values within a row with different superscripts differ significantly ( $P<0.05$ ).

$k$ : the consistency coefficient,  $n$ : flow behavior index

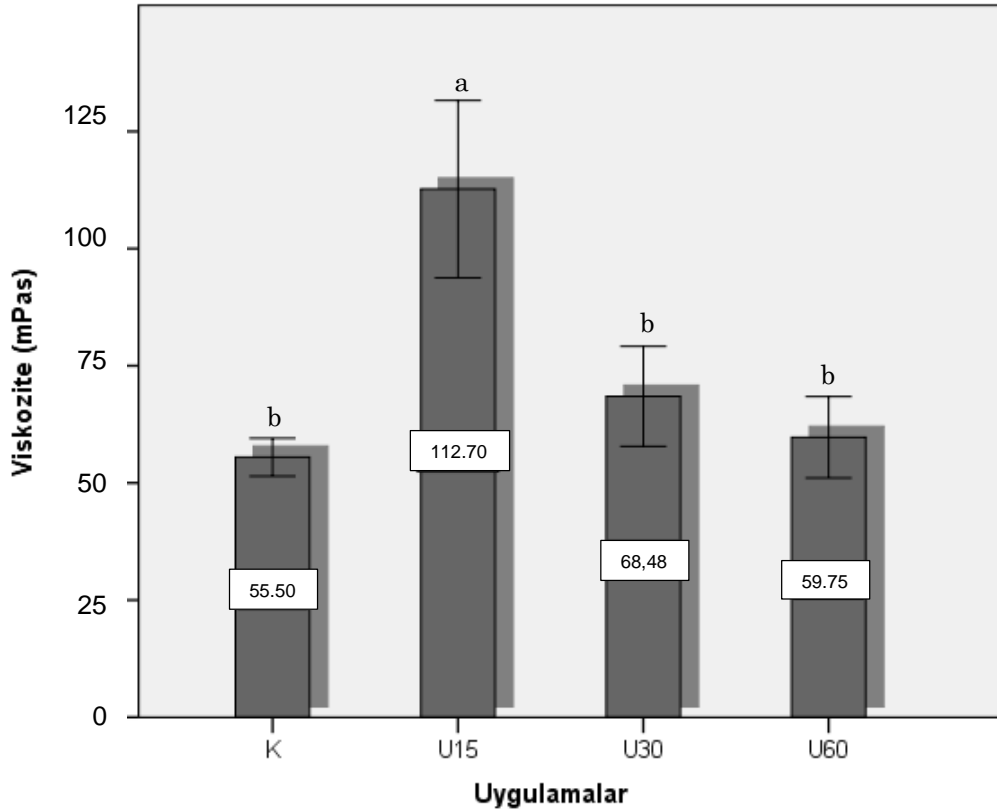
U15 uygulaması sonrasındaki viskozite artışı da Trabzon hurması nektarındaki elma suyu ilavesi ve makromoleküllerde meydana gelmesi muhtemel değişimlerden kaynaklanmakta olabilir. Diğer yandan, Bhat ve Goh (2017), çilek suyunda, Bora ve ark. (2017) ise muz suyunda ultrases uygulamasının viskozite değerlerinde azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Trabzon Hurması nektarında ultrases uygulama süresinin artışıyla viskozite değerinde önemli düzeyde olmayan azalmanın nedeni, uygulama sırasında meydana gelen kavitasyonun neden olduğu sıcaklık ve basınç değişimlerinin

polimerik yapıların, özellikle pektinin, parçalanmasına yol açması olabilir (Sorria ve Villamiel, 2010). Meyvede bulunan ve viskoziteyi etkileyen pektin molekülü, ultrases ile kısmi parçalanmaya uğramaktadır. Fakat aynı zamanda ultrases, meyve suyunda çözünür şeker içeriğinin artmasına da neden olabilmektedir (Costa ve ark., 2013; Zou ve Jiang, 2016). Viskozite, pH, gıdanın içerdiği protein, pektin ya da polisakkaritlerin molekül ağırlığı, hidrojen bağları ve diğer moleküller arası kuvvetler gibi bir çok faktörden etkilenmektedir. Bunlara ilaveten, meydana gelen

kavitasyonun gıda üzerine etkisinin boyutu, kavitasyonun meydana geldiği sıvı ortamın viskozitesinden etkilenmektedir. Viskoz olan ürünlerde ultrasesin gıda içerisine difüzyonu sınırlanmakta ve kavitasyon oluşumu azalmaktadır (del Socorro Cruz-Cansino ve ark., 2015; Seshadri ve ark., 2003; Earshaw ve ark.,2005). Ultrases uygulama süresi artışı ile hurma nektarlarının viskozite değerlerinin azalması arasında doğrusal bir

ilişki gözlemlenmesinin nedenleri, bu değişimlerin meydana gelmesi olabilir.

Elde edilen sonuçlara göre, üretilen nektara sterilizasyon amaçlı uygulanacak ısı işlemi kaliteyi korumak amacıyla ultrases ile sürekli bir sistemde kombine edileceği bir işlem tasarımı, uygulanacak UEY değişiminin viskozitede ve dolayısıyla sistem boyunca akış hızında değişime neden olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 2. Trabzon hurması nektarlarına ait viskozite değerleri

Figure 2. Viscosity values of Permisson nectars

a,b,c,d Farklı harfler ile ifade edilen ortalama değerler, önemli düzeyde birbirinden farklıdır ( $P<0.05$ ).

a,b,c,d Mean values with different superscripts differ significantly ( $P<0.05$ ).

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Meyve sularının reolojik özellikleri ve bu özelliklerin uygulanan teknolojik işlem ile değişiminin belirlenmesi, ürünün kalitesi ve üretim aşamalarının uygun şekilde modifikasyonu ile enerji tüketiminin azaltılabilmesi bakımından önem arz etmektedir. Yapılan çalışma ile taze tüketimine alternatif olarak Trabzon hurması meyveleri, nektara işlenmiştir. Trabzon hurması nektarlarına farklı sürelerde ultrases uygulanarak süre artışının nektarların viskozite değerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde değişime neden olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, ultrases uygulamasının dahil edildiği bir Trabzon hurması nektarı üretiminde, özellikle de sürekli sistemde çalışılması halinde, nektarın viskozitesindeki değişimin göz önüne alınarak sürecin planlanması ile enerji tüketiminin azaltılması

açısından fayda sağlanabilecektir. Trabzon hurması nektarının viskozitesini azaltmak için uygulanan ultrases enerji yoğunluğu artırılmalıdır. Ayrıca, üretilen Trabzon hurması nektarlarının akış davranışlarının, uygulanan ultrases işleminin süresinden bağımsız olarak, değerlendirilen matematiksel modeller arasında, Ostwald-de Waele modeline en yüksek oranda uyum gösterdiği belirlenmiştir. Ultrasesin ya da ısı işlemi ile kombinasyonunun, farklı meyve suyu ya da nektarların reolojik özellikleri üzerine etkisinin, ileriki çalışmalar ile ortaya konulması katkı sağlayıcı olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Değerli yardımlarından dolayı, sayın hocalarım Prof.Dr. Koray Palazoğlu ve Doç.Dr. Asiye Akyıldız'a

teşekkür ederim.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Makale tek yazarlıdır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedir.

### KAYNAKLAR

- Abdullah N, Chin NL 2014. Application of Thermosonication Treatment in Processing and Production of High Quality and Safe-to-drink Fruit Juices. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2: 320-327.
- Abid M, Jabbar S, Wu T, Hashim MM, Hu B, Lei S, Zeng X 2014. Sonication enhances polyphenolic compounds, sugars, carotenoids and mineral elements of apple juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21: 93-97.
- Altuntas E, Cangı R, Kaya C 2011. Physical and Chemical Properties of Persimmon Fruit. *Int Agrophys* 25: 89-92.
- Bewick V, Cheek L, Ball J 2004. Statistics review 9: one-way analysis of variance. *Critical care*, 8(2): 1-7.
- Bhat R, Goh KM 2017. Sonication Treatment Convalesce the Overall Quality of Hand-pressed Strawberry Juice. *Food Chemistry* 215: 470-476.
- Bora SJ, Handique J, Sit N 2017. Effect of Ultrasound and Enzymatic Pre-treatment on Yield and Properties of Banana Juice. *Ultrasonics Sonochemistry* 37: 445-451.
- Celik A, Ercişli S, 2008. Persimmon cv. Hachiya (*Diospyros kaki* Thunb.) Fruit: Some Physical, Chemical and Nutritional Properties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(7-8): 599-606.
- Costa MGM, Fonteles TV, de Jesus ALT, Almeida FDL, de Miranda MRA, Fernandes FAN, Rodrigues S 2013. High-intensity Ultrasound Processing of Pineapple Juice. *Food Bioprocess Technology* 6(4): 997-1006.
- De Castilhos MBM, Betiol LFL, Carvalho GR, Telis-Romero J 2017. Experimental Study of Physical and Rheological Properties of Grape Juice Using Different Temperatures and Concentrations. Part I: Cabernet Sauvignon. *Food Research International*, 100: 724-730.
- De Castilhos MBM., Betiol LFL, de Carvalho GR, Telis-Romero J 2018. Experimental Study of Physical and Rheological Properties of Grape Juice Using Different Temperatures and Concentrations. Part II: Merlot. *Food Research International* 105: 905-912.
- Del Socorro Cruz-Cansino N, Ramírez-Moreno E, León-Rivera JE, Delgado-Olivares L, Alanís-García E, Ariza-Ortega JA, Jaramillo-Bustos DP 2015. Shelf Life, Physicochemical, Microbiological and Antioxidant Properties of Purple Cactus Pear (*Opuntia Ficus Indica*) Juice After Thermoultrasound Treatment. *Ultrasonics Sonochemistry* 27: 277-286.
- Dolatowski ZJ, Stadnik J, Stasiak D, 2007. Applications of Ultrasound in Food Technology. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 6(3): 88-99.
- Earnshaw RG, Appleyard J, Hurst RM 1995. Understanding Physical Inactivation Processes: Combined Preservation Opportunities Using Heat, Ultrasound and Pressure. *Int. J. Food Microbiol.* 28: 197-219.
- Ercisli S, Akbulut M, Ozdemir O, Sengul M, Orhan E 2008. Phenolic and Antioxidant Diversity Among Persimmon (*Diospyros kaki* L.) Genotypes in Turkey. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 59(6): 477-482.
- Jo C, Son JH, Shin MG, Byun MW 2003. Irradiation Effects on Color and Functional Properties of Persimmon (*Diospyros kaki* L. folium) Leaf Extract and Licorice (*Glycyrrhiza Uralensis* Fischer) Root Extract during Storage. *Radiation Physics and Chemistry* 67(2): 143-148.
- Jung ST, Park YS, Zachwieja Z, Folta M, Barton H, Piotrowicz J, Gorinstein S 2005. Some Essential Phytochemicals and The Antioxidant Potential in Fresh and Dried Persimmon. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 56(2): 105-113.
- Kalkan FC 2010. Aritma Çamurlarında Reolojik Karakterizasyonun Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 93sy.
- Knorr D, Zenker M, Heinz V, Lee DU 2004. Applications and Potential of Ultrasonics in Food Processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5): 261-266.
- Kumazawa S, Taniguchi M, Suzuki Y, Shimura M, Kwon MS, Nakayama T 2002. Antioxidant Activity of Polyphenols in Carob Pods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(2): 373-377.
- Lee JH, Lee YB, Seo WD, Kang ST, Lim JW, Cho KM 2012. Comparative Studies of Antioxidant Activities and Nutritional Constituents of Persimmon Juice (*Diospyros kaki* L. cv. Gapjubaekmok). *Preventive Nutrition and Food Science* 17(2): 141.
- Mason TJ, Riera E, Vercet A, Lopez-Buesa P 2005. Application of ultrasound. In *Emerging Technologies For Food Processing* 323-351.
- Özkan HU, Can HZ 2013. Farklı Dönemlerde Hasat Edilen Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L.) Meyvelerinin Kalite Özelliklerinin Araştırılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 50(2): 137-144.

- Parseker Yönel S, Uylaser V, Yonak S 2008. Trabzon Hurmasının Bileşimi ve Besleyici Değeri. Türkiye, 10: 21-23.
- Seshadri R, Weiss J, Hulbert GJ, Mount J 2003. Ultrasonic processing influences rheological and optical properties of highmethoxyl pectin dispersions, Food Hydrocolloids 17: 191-197.
- Soria AC, Villamiel M 2010. Effect of Ultrasound on The Technological Properties and Bioactivity of Food: A review. Trends in Food Science & Technology 21(7): 323-331.
- Suzuki T, Someya S, Hu F, Tanokura M 2005. Comparative Study of Catechin Compositions in Five Japanese Persimmons (*Diospyros kaki*). Food Chemistry 93(1): 149-152.
- Tuzcu O, Seker M 1996. The Situation of Persimmon (*Diospyros kaki* L.) Cultivation and Germplasm Resources in Turkey. V Temperate Zone Fruit in the Tropics and Subtropics 441: 107-114.
- Vandresen S, Quadri MG, de Souza JA, Hotza, D 2009. Temperature effect on the rheological behavior of carrot juices. Journal of Food Engineering, 92: 269-274.
- Veberic R, Jurhar J, Mikulic-Petkovsek M, Stampar F, Schmitzer V 2010. Comparative Study of Primary and Secondary Metabolites in 11 Cultivars of Persimmon Fruit (*Diospyros kaki* L.). Food Chemistry 119(2): 4.
- Vercet A, Burgos J, Crelier S, Lopez P 2001. Inactivation of Proteases and Lipases by Ultrasound. Innovative Food Science and Emerging Technologies 2(2): 139-150.
- Wu J, Gamage TV, Vilkhukh KS, Simons LK, Mawson R 2008. Effect of Thermosonication on Quality Improvement of Tomato Juice. Innovative Food Science and Emerging Technologies 9(2): 186-195.
- Zou Y, Jiang A 2016. Effect of Ultrasound Treatment on Quality and Microbial Load of Carrot Juice. Food Sci. Technol. (Campinas) 36(1): 111-115.



EK-1. Trabzon hurması nektarına ultrases işlemi uygulaması  
*Supp. -1. Ultrasound application in persimmon nectar*