



Bazı narenciye türlerinin seçilmiş fiziksel ve hidrodinamik özellikleri

Türker Saraçoğlu

Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Aydın
Sorumlu yazar/corresponding author: tsaracoglu@adu.edu.tr

Geliş/Received 04/04/2017

Kabul/Accepted 27/05/2017

ÖZET

Bu çalışmada önemli bir ihracat ürünü olan bazı narenciye türlerinin (portakal, mandarin, greylift, limon ve turunç) boyut, kütle, hacim, yoğunluk, küresellik, projeksiyon alanı gibi bazı fiziksel özellikleri ile meyvelerin su içindeki kritik hızları, su içerisindeki sürtünme kuvveti ve kaldırma kuvveti gibi hidrodinamik özellikleri belirlenmiştir. Meyvenin boyut özelliklerinin ve projeksiyon alanının belirlenmesi amacıyla, her bir meyvenin üç temel ekseninde fotoğrafları çekilmiş ve Image Tool 3.0 görüntü işleme programı kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen veriler yardımıyla geometrik ortalama çap, küresellik ve yüzey alanı değerleri bulunmuştur. Meyvelerin kütle, gerçek hacim ve yoğunluğu da ölçülmüştür. Denemelerde elde edilen verilere göre su içerisindeki kritik hız en yüksek turunç meyvesinde (0.55 m s^{-1}), en düşük olanı ise limon meyvesinde (0.21 m s^{-1}) ölçülmüştür. Parametrelerin birbirleri ile ilişkisini gösteren Pearson korelasyon matrisi analizi sonuçlarına göre; kritik hız ile meyve yoğunluğu arasındaki korelasyon denemeye alınan tüm narenciye türleri için önemli bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler:
Narenciye
Fiziksel özellikler,
Hidrodinamik
özellikler

Selected physical and hydrodynamic properties of some citrus specieses

ABSTRACT

In this research, some of the physical properties of some citrus species (orange, mandarin, grapefruit, lemon and bitter orange) such as size, mass, volume, density, sphericity and projection area and terminal velocities of the fruits in water, hydrodynamic properties such as friction force and lift force in water were determined. To determine the dimensions and the projected area, each fruit image was obtained from the three coordinates, and then analyzed using Image Tool 3.0 image processing software. Geometric mean diameter, sphericity and surface area values were calculated based on data. The mass, volume, and density of fruit were also measured. According to the results obtained in the experiments, the terminal velocity in water was measured the highest in the bitter orange fruit (0.55 m s^{-1}) and the lowest in the lemon fruit (0.21 m s^{-1}). According to the results of Pearson correlation matrix analysis showing the relation of parameters to each other, the correlation between terminal velocity in water and fruit density was found to be important for all citrus species tested.

Keywords:
Citrus fruits
Physical properties
Hydrodynamic
properties

© OMU ANAJAS 2017

1. Giriş

Narenciye; turunç, portakal, mandarin, greylift, bergamot ve limon gibi ekonomik değeri yüksek olan *Citrus* cinsi meyve ağacı türlerini içine alan bir bitki topluluğudur. Bu bitkilerin meyvelerinden gıda olarak faydalanıldığı gibi meyve kabuklarından, yapraklarından veya çiçeklerinden parfümeride koku vermekte kullanılan uçucu yağlar da elde edilmektedir (Akgün, 2006).

Narenciye yaklaşık 140 milyon ton üretim ile Dünya'da en fazla üretilen meyve grubudur. Dünya'da en büyük üretici ülke Brezilya olup onu sırasıyla Çin,

ABD, Meksika, Hindistan ve İspanya takip etmektedir. Dünya narenciye üretiminin yaklaşık %50'si portakal, %24'ü mandarin, %11'i limon, %6'sı greylift ve kalan kısım diğer narenciye türleridir (FAO, 2016).

Türkiye bulunduğu konum nedeniyle tarıma oldukça elverişli ülkelerdendir. Yetiştirilen ürünlerin miktarları ve çeşitliliği ülkemize özel önem kazandırmaktadır. Ülkemiz kendi gıda ihtiyacını karşıladığı gibi Avrupa Birliği ve komşu ülkeler için de önemli bir yetiştirici durumundadır. Narenciye yetiştirici sayısı, üretim alanı, büyüklüğü ve üretim miktarları ile Türkiye tarımında önemli bir yere sahiptir (Güven, 2010).

Türkiye yaklaşık 3 milyon ton narenciye üretimi ile

Akdeniz ülkeleri içerisinde önemli bir üretici konumundadır. Bu üretim aynı zamanda Dünya narenciye üretiminin %2'sini oluşturmaktadır (FAO, 2016).

Türkiye'de üretilen narenciye'nin % 48'i portakal, % 24'ü mandarin, % 21'i limon, %5'i greylort ve kalan kısım diğer narenciye türleridir (TÜİK, 2016).

Tarımsal ürünün fiziksel özelliklerinin bilinmesi, sınıflandırma, nakliye, depolama, işleme ve paketleme sistemlerinin imalatı için standartların ve tasarım kriterlerinin doğru oluşturulması için çok önemlidir (Baradaran Motie ve ark., 2014). Tarımsal ürünlerin işlenmesi, temizlenmesi, taşınması ve depolanmasında kullanılan makinaların tasarımı için bu ürünlerin fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Kütle, hacim ve projeksiyon alanı gibi fiziksel karakteristikler, boyutlandırma sistemlerinin belirlenmesinde önemli özelliklerdir. Meyvelerin hidrolik iletiminde akış hızları meyvenin yoğunluğu ve şekli ile ilişkilidir. Meyvelerin hacim ve projeksiyon alanları soğutma ve kurutma sırasındaki ısı ve kütle transferlerinin doğru modellenmesi için bilinmelidir. Kütle, boyut ve projeksiyon alanları arasındaki ilişkinin belirlenmesi ağırlık sınıflandırılmasında kullanılabilir (Kheiralipour ve ark., 2008). Tarımsal ürünlerin hidrolik olarak sınıflandırılması, işlenmesi ve hidrolik taşınması için hidrodinamik özellikler oldukça önemlidir. Bu özellikler ürünün kritik hızı ve taşıma kanalının karakteristiklerine bağlıdır (Mohsenin, 1986). Birçok araştırmacı farklı tarımsal ürünlerin (elma, ayva, kayısı, domates, kivi ve nar) hidrodinamik özelliklerini belirlemek üzere çalışmalar yapmışlardır (Kheiralipour ve ark., 2008; Saracoglu ve ark., 2012; Mirzaee ve ark., 2009; Taheri Garavand ve ark., 2010; Kheiralipour ve ark., 2010; Jordan ve Clerk, 2004; Tarighi ve ark., 2011). Bu çalışmalarda meyve hızını belirlemeye yönelik modelleme çalışmaları yapılmış ve genellikle meyve yoğunluğu, meyve hacmi ve şekil faktörü parametreleri göz önünde bulundurulmuştur. Jordan ve Clerk (2004) çalışmalarında, düşük veya yüksek yoğunluğa sahip akışkanın içinde gerçekleştirilecek meyve sınıflandırmasında meyve kritik hızının kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Farklı kritik hızlara sahip meyveler kanal içinde belirli bir akıştan sonra değişik derinliklere ulaşmaktadır. Böylece kanal içinde uygun bölücüler kullanılarak ayırma işlemi gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışmada, bazı narenciye meyvelerinin boyut, kütle, hacim, yoğunluk, küresellik, projeksiyon alanı gibi bazı fiziksel özellikleri ile meyvelerin su içindeki kritik hızları, su içerisindeki sürtünme kuvveti ve kaldırma kuvveti gibi hidrodinamik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan materyalleri oluşturan portakal (Washington Navel), mandarin (Klemantin), greylort (Star Ruby), limon (Enterdonat) ve turunc meyveleri yerel pazarlardan tedarik edilmiştir.

2.2. Yöntem

Denemelerde her narenciye çeşidi için 20'şer adet örnek kullanılmıştır. Laboratuvar analizleri süresince materyaller yaklaşık 24 °C ortam sıcaklığında tutulmuştur.

Meyvenin boyut özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, dijital kumpas yardımıyla üç eksen (uzunluk, genişlik ve kalınlık) boyut ölçümleri yapılmıştır. Projeksiyon alanının belirlenmesi amacıyla, her bir meyvenin 1 cm²'lik kalibrasyon yüzeyleriyle beraber dijital fotoğrafları çekilmiş ve Image Tool 3.0 görüntü işleme programı kullanılarak analiz edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Projeksiyon alanları ölçümü

Meyve boyut ölçümleri kullanılarak, geometrik ortalama çap değeri, küresellik ve yüzey alanı değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla bulunmuştur (Mohsenin, 1986).

$$D_o = (L \cdot W \cdot T)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

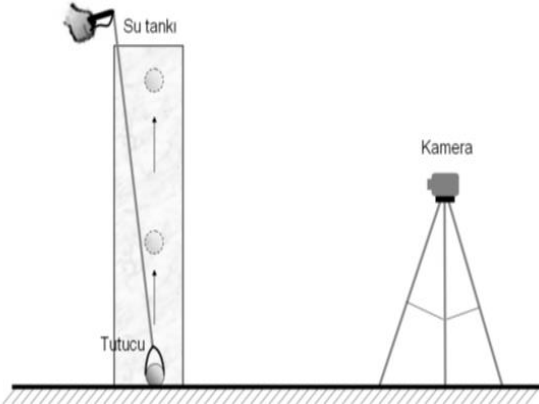
$$S_p = \frac{D_o}{L} \quad (2)$$

$$S = \pi \cdot (D_o)^2 \quad (3)$$

D_o : Geometrik ortalama çap (mm),
 L : Uzunluk, meyve sap eksenine (mm),
 W : Genişlik (mm),
 T : Kalınlık (mm),
 S_p : Küresellik (%),
 S : Yüzey alanı (mm²)'dir.

Meyvelerin hacim ve yoğunluklarının belirlenmesi için tolüen içerisinde taşıma yöntemi, meyvelerin kütlelerinin ölçümü amacıyla da 0.01 g ölçüm aralığına sahip hassas terazi kullanılmıştır.

Meyvelerin hidrodinamik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Tarımsal Makine Sistemleri Laboratuvarı'nda bulunan 400x400 mm kesite sahip 1500 mm yükseklikteki cam malzemeden imal edilmiş su tankı düzeneği kullanılmıştır (Şekil 2). Tank, 20 °C sıcaklığa sahip su ile 1400 mm yüksekliğe kadar doldurulmuştur. Su içerisinde meyvenin kritik hızının belirlenmesi amacıyla yapılan denemeler sırasında 1100 mm ölçüm aralığı kullanılmıştır. Her bir meyve tankın dibinde, özel bir tutucu yardımıyla yerleştirilmiştir. Daha sonra meyve serbest bırakılarak su içinde yükseltilmesi Casio Exilim FH20 kamera ile kayıt edilmiştir. Kayıt edilen görüntüler bilgisayar ortamında analiz edilmiş ve meyvelerin su yüzeyine yükselme zamanı belirlenerek kritik hız hesaplanmıştır.



Şekil 2. Hidrodinamik özelliklerin belirlenmesi için kullanılan deneme düzeneği.

Kullanılan materyallerin suyun içerisindeki hareketinde etkili olan kuvvetlerden; yerçekimi kuvveti (F_w) aşağı yönde, sürtünme kuvveti (F_d) meyvenin hareketinin tersi yönde, kaldırma kuvveti (F_b) ise yukarı yöndedir. Bu kuvvetler aşağıdaki eşitliklerden elde edilebilmektedir (Mirzaee ve ark., 2009; Mohsenin, 1986; Crowe ve ark., 2009).

$$F_w = m \cdot g \quad (4)$$

$$F_d = C \cdot A_p \cdot \frac{\rho_w \cdot v_t^2}{2} \quad (5)$$

$$F_b = \rho_w \cdot V \cdot g \quad (6)$$

Burada;

F_w : Yerçekimi kuvveti (N),

F_d : Sürtünme kuvveti (N),

F_b : Kaldırma kuvveti (N),

m : Meyve kütlesi (kg),
 g : Yerçekimi ivmesi ($m s^{-2}$),
 C : Sürtünme katsayısı,
 A_p : Projeksiyon alanı (m^2),
 v_t : Kritik hız ($m s^{-1}$),
 V : Meyvenin hacmi (m^3),
 ρ_w : Suyun özkütlesi ($kg m^{-3}$)'dir.

Fiziksel ve hidrodinamik özelliklere ait korelasyon katsayılarının hesaplanmasında SAS (1999) paket istatistik programında bulunan GLM ve CORR prosedürleri kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Portakal meyvesine ait ölçülen minimum, maksimum ve ortalama değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde portakal meyvesinin su içerisindeki kritik hızının ortalama $0.34 m s^{-1}$ olduğu, su içerisindeki sürtünme kuvveti ve suyun portakal meyvesini kaldırma kuvvetinin sırasıyla ortalama $0.21 N$ ve $1.83 N$ olduğu görülmektedir.

Çizelge 2'de portakal meyvesine ait fiziksel ve hidrodinamik parametrelere ait korelasyon katsayıları verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde portakal meyvesinin boyut özelliklerinin (L , W , T , S_p ve S) kritik hız ile arasındaki korelasyonun önemsiz olduğu görülmektedir. Projeksiyon alanı ile kritik hız arasında pozitif, meyve yoğunluğu ile kritik hız arasında ise negatif ilişki görülmektedir. Tarighi ve ark. (2011) çalışmalarında, nar meyvesinin su içerisindeki kritik hızının meyve yoğunluğundan çok etkilendiğini belirtmişlerdir. Aynı şekilde Taheri Garavand ve ark. (2010), domateslerin hidrodinamik özelliklerini belirledikleri çalışmalarında su içerisindeki kritik hızın meyve yoğunluğu ile oldukça ilişkili olduğunu vurgulamışlardır.

Meyve kütlesinin kritik hız ile arasındaki korelasyon önemsiz bulunmuştur. Meyve hacminin kritik hız ile arasında korelasyon $p < 0.05$ önem seviyesinde önemli bulunmuştur. Kheiralipour ve ark. (2008), Redspar elma çeşidi ile gerçekleştirdikleri denemelerinde meyve hacmi ve yoğunluğunun meyve kritik hızı için önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Mandarin meyvesine ait ölçülen minimum, maksimum ve ortalama değerler Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde mandarin meyvesinin su içerisindeki kritik hızının ortalama $0.22 m s^{-1}$ olduğu, su içerisindeki sürtünme kuvveti ve suyun mandarin meyvesini kaldırma kuvvetinin sırasıyla ortalama $0.032 N$ ve $0.68 N$ olduğu görülmektedir. Kheiralipour ve ark. (2008), bu kuvvetleri sırasıyla Redspar elma çeşidi için $0.46 N$ ve $2.69 N$; Delbarstival elma çeşidi için $0.24 N$ ve $1.40 N$ olarak bulmuşlardır.

Çizelge 4'te mandarin meyvesine ait fiziksel ve hidrodinamik parametrelere ait korelasyon katsayıları verilmiştir.

Çizelge 1. Portakal meyvesinin bazı fiziksel ve hidrodinamik özellikleri

Parametre	Minimum	Maksimum	Ortalama (\pm Standart Sapma)
<i>L</i> (mm)	63.53	86.77	71.13 \pm 5.06
<i>W</i> (mm)	64.92	75.04	71.15 \pm 2.51
<i>T</i> (mm)	64.92	74.69	69.70 \pm 2.62
<i>D_o</i> (mm)	66.18	75.38	70.61 \pm 2.45
<i>S_p</i> (%)	0.86	0.99	0.97 \pm 0.03
<i>S</i> (cm ²)	137.52	178.43	156.75 \pm 10.91
<i>A_p</i> (cm ²)	40.49	58.27	48.64 \pm 5.07
<i>m</i> (g)	139.45	202.26	165.62 \pm 16.47
ρ_f (kg m ⁻³)	834.08	927.17	886.73 \pm 19.09
<i>v_t</i> (m s ⁻¹)	0.29	0.41	0.34 \pm 0.031
<i>V</i> (cm ³)	158.00	231.00	186.90 \pm 19.46
<i>F_w</i> (N)	1.37	1.98	1.62 \pm 0.16
<i>F_d</i> (N)	0.13	0.29	0.21 \pm 0.05
<i>F_b</i> (N)	1.55	2.26	1.83 \pm 0.19

Çizelge 2. Portakal meyvesinin bazı fiziksel ve hidrodinamik özelliklerine ait korelasyon katsayıları

	<i>L</i>	<i>W</i>	<i>T</i>	<i>V</i>	<i>m</i>	ρ_f	<i>A_p</i>	<i>v_t</i>	<i>D_o</i>	<i>S_p</i>	<i>S</i>	<i>F_w</i>	<i>F_d</i>
<i>W</i>	0.068ns												
<i>T</i>	0.116ns	0.952***											
<i>V</i>	0.227ns	0.898***	0.891***										
<i>m</i>	0.25ns	0.927***	0.921***	0.979***									
ρ_f	0.074ns	-0.042ns	-0.045ns	-0.303ns	-0.105ns								
<i>A_p</i>	0.184ns	0.916***	0.895***	0.983***	0.972***	-0.257ns							
<i>v_t</i>	0.055ns	0.343ns	0.436ns	0.558*	0.437ns	-0.689***	0.580**						
<i>D_o</i>	0.723***	0.73***	0.761***	0.785***	0.82***	0.008ns	0.764***	0.32ns					
<i>S_p</i>	-0.783***	-0.038ns	-0.062ns	0.042ns	-0.029ns	-0.365ns	0.035ns	0.207ns	-0.536*				
<i>S</i>	0.725***	0.727***	0.759***	0.783***	0.818***	0.009ns	0.762***	0.321ns	1***	-0.541*			
<i>F_w</i>	0.253ns	0.926***	0.92***	0.978***	1***	-0.098ns	0.97***	0.431ns	0.821***	-0.035ns	0.819***		
<i>F_d</i>	0.063ns	0.463*	0.459*	0.705***	0.547*	-0.888***	0.663***	0.78***	0.376ns	0.273ns	0.375ns	0.541ns	
<i>F_b</i>	0.229ns	0.899***	0.892***	1***	0.98***	-0.3ns	0.983***	0.552*	0.787***	0.038ns	0.785***	0.978***	0.703***

***:P<0.001, **:P<0.01, *:P<0.05, ns-önemsiz

Çizelge 3. Mandarin meyvesinin bazı fiziksel ve hidrodinamik özellikleri

Parametre	Minimum	Maksimum	Ortalama (\pm Standart Sapma)
L (mm)	43.85	52.92	47.36 \pm 2.28
W (mm)	49.00	61.98	54.12 \pm 2.94
T (mm)	45.82	59.72	52.69 \pm 2.97
D_o (mm)	46.82	57.50	51.29 \pm 2.42
S_p (%)	0.93	0.99	0.95 \pm 0.02
S (cm ²)	68.82	103.81	82.79 \pm 7.90
A_p (cm ²)	20.78	33.67	25.41 \pm 3.07
m (g)	50.00	78.02	67.27 \pm 8.85
ρ_f (kg m ⁻³)	904.33	1107.53	976.89 \pm 51.15
v_t (m s ⁻¹)	0.12	0.32	0.22 \pm 0.046
V (cm ³)	57.00	100.00	69.15 \pm 10.57
F_w (N)	0.53	0.91	0.66 \pm 0.09
F_d (N)	0.003	0.067	0.032 \pm 0.02
F_b (N)	0.49	0.98	0.68 \pm 0.1

Çizelge 4. Mandarin meyvesinin bazı fiziksel ve hidrodinamik özelliklerine ait korelasyon katsayıları

	L	W	T	V	m	ρ_f	A_p	v_t	D_o	S_p	S	F_w	F_d
W	0.549*												
T	0.517*	0.960***											
V	0.637**	0.926***	0.948***										
m	0.628**	0.966***	0.933***	0.950***									
ρ_f	-0.257ns	-0.261ns	-0.430ns	-0.527*	-0.238ns								
A_p	0.743***	0.940***	0.911***	0.939***	0.956***	-0.312ns							
v_t	0.675**	0.397ns	0.405ns	0.470*	0.331ns	-0.536*	0.517*						
D_o	0.755***	0.954***	0.944***	0.951***	0.957***	-0.360ns	0.977***	0.543*					
S_p	0.365ns	-0.531*	-0.430ns	-0.301ns	-0.408ns	-0.168ns	-0.275ns	0.243ns	-0.255ns				
S	0.759***	0.954***	0.940***	0.953***	0.959***	-0.358ns	0.980***	0.544**	0.999***	-0.255ns			
F_w	0.642**	0.963***	0.931***	0.952***	0.999***	-0.246ns	0.960***	0.348ns	0.959***	-0.392ns	0.962***		
F_d	0.214ns	0.491ns	0.439ns	0.416ns	0.378ns	-0.194ns	0.456ns	0.389ns	0.437ns	-0.353ns	0.441ns	0.375ns	
F_b	0.629**	0.926***	0.949***	1***	0.948***	-0.531*	0.934***	0.467*	0.948***	-0.307ns	0.951***	0.950***	0.419ns

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05, ns-önemsiz

Çizelge 4 incelendiğinde mandarin meyvesinin boyut özelliklerinden uzunluk ve yüzey alanının kritik hız ile arasındaki korelasyon $p < 0.01$ önem seviyesinde önemli olduğu, diğer boyut özelliklerinin (W , T , ve S_p) kritik hız ile arasındaki korelasyonun önemsiz olduğu görülmektedir. Projeksiyon alanı ile su içerisindeki kritik hız arasında pozitif, meyve yoğunluğu ile kritik hız arasında ise negatif ilişki görülmektedir. Kheiralipour ve ark. (2010) kivi meyvesinde su içerisinde düşme hızı üzerine en etkili parametrenin meyve yoğunluğu olduğunu vurgulamışlardır.

Meyve kütesinin kritik hız ile arasındaki korelasyon önemsiz, meyve hacminin kritik hız ile arasında korelasyon ise $p < 0.05$ önem seviyesinde önemli bulunmuştur.

Greyfurt meyvesine ait ölçülen minimum, maksimum ve ortalama değerler Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge 5 incelendiğinde greyluft meyvesinin su içerisindeki kritik hızının ortalama 0.49 m s^{-1} olduğu, su içerisindeki sürtünme kuvveti ve suyun greyluft meyvesini kaldırma kuvvetinin sırasıyla ortalama 0.56 N ve 2.81 N olduğu görülmektedir. Tarighi ve ark. (2011) çalışmalarında bu kuvvetleri sırasıyla, Malas-Yazd nar meyve çeşidi için 1.94 N ve 2.41 N ; Poost sefid çeşidi için 2.17 N ve 3.25 N olarak bulmuşlardır.

Çizelge 6'da greyluft meyvesine ait fiziksel ve hidrodinamik parametrelere ait korelasyon analizi verilmiştir. Çizelge 6 incelendiğinde greyluft meyvesinin sırasıyla; uzunluk, genişlik, kalınlık ve yüzey alanı değerlerinin kritik hız ile arasındaki korelasyon $p < 0.001$ önem seviyesinde önemli olduğu görülmektedir. Meyvenin küresellik değeri ile kritik hız arasındaki korelasyon önemsiz olduğu bulunmuştur. Projeksiyon alanı ile kritik hız arasında pozitif, meyve yoğunluğu ile kritik hız arasında ise negatif ilişki görülmektedir. Meyve kütesinin ve meyve hacminin kritik hız ile arasındaki korelasyon ise $p < 0.001$ önem seviyesinde önemli bulunmuştur. Limon meyvesine ait ölçülen minimum, maksimum ve ortalama değerleri Çizelge 7'de görülmektedir. Çizelge 7 incelendiğinde limon meyvesinin su içerisindeki kritik hızının ortalama 0.21 m s^{-1} olduğu, su içerisindeki sürtünme kuvveti ve suyun limon meyvesini kaldırma kuvvetinin sırasıyla ortalama 0.10 N ve 1.69 N olduğu görülmektedir.

Çizelge 8'de limon meyvesine ait fiziksel ve hidrodinamik parametrelere ait korelasyon katsayıları verilmiştir. Çizelge 8 incelendiğinde limon meyvesinin boyut özelliklerinin (L , W , T , S_p ve S) kritik hız ile arasındaki korelasyon önemsiz olduğu görülmektedir. Benzer şekilde projeksiyon alanı, meyve kütesi ve meyve hacminin kritik hız ile arasındaki korelasyon ise önemsiz bulunmuştur. Kheiralipour ve ark. (2010) kivi meyvesinde su içerisinde düşme hızı üzerine meyve hacminin etkisinin düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Turunç meyvesinin ölçümlerine ait sonuçlar Çizelge 9'da görülmektedir. Çizelge 9 incelendiğinde turunç meyvesinin su içerisindeki kritik hızının ortalama 0.55 m s^{-1} olduğu, su içerisindeki sürtünme kuvveti ve suyun

turunç meyvesini kaldırma kuvvetinin sırasıyla ortalama 0.44 N ve 1.70 N olduğu görülmektedir.

Çizelge 10'da turunç meyvesine ait fiziksel ve hidrodinamik parametrelere ait korelasyon analizi verilmiştir. Çizelge 10 incelendiğinde turunç meyvesinin boyut özelliklerinden uzunluk ile kritik hız arasındaki korelasyon $p < 0.01$ önem seviyesine göre önemli olduğu; yüzey alanı ile kritik hız arasındaki korelasyon $p < 0.05$ önem seviyesine göre önemli olduğu; genişlik, kalınlık ve küresellik ile kritik hız arasındaki korelasyon önemsiz olduğu görülmektedir. Projeksiyon alanı ile su içerisindeki kritik hız arasında pozitif, meyve yoğunluğu ile kritik hız arasında ise negatif ilişki görülmektedir. Meyve kütesinin kritik hız ile arasındaki korelasyon ise önemsiz bulunmuştur. Meyve hacminin kritik hız ile arasında korelasyon $p < 0.01$ önem seviyesinde önemli bulunmuştur.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada önemli bir ihracat ürünü olan bazı narenciye meyvelerinin boyut, kütle, hacim, yoğunluk, küresellik, projeksiyon alanı gibi bazı fiziksel özellikleri ile meyvelerin su içindeki kritik hızları, su içerisindeki sürtünme kuvveti ve kaldırma kuvveti gibi hidrodinamik özellikleri belirlenmiştir.

Çalışma sonunda aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır;

- Portakal ve turunç meyvelerinin boyut özellikleri (D_o ve A_p değerleri) birbirine yakın olmasına rağmen, su içerisindeki sürtünme kuvvetleri ve kritik hızları farklılık göstermektedir. Turunç meyvesinin morfolojik yapısının farklılığı (kabuğun girintili çıkıntılı olması), kabuk altındaki ve kabuk üstündeki pürüzlü yüzeyde oluşan hava boşluklarından dolayı meyvenin ortalama kritik hız ve sürtünme kuvveti değerleri daha yüksek olmuştur. Denemelerde elde edilen verilere göre su içerisindeki sürtünme kuvvetleri en yüksek greyluft meyvesinde (0.56 N), en düşük olanı ise mandarin meyvesinde (0.032 N) ölçülmüştür. Portakal ve turunç meyvelerinin su içerisindeki sürtünme kuvvetleri ise sırasıyla; 0.21 ve 0.44 N 'dur.

- Su içerisindeki kritik hızlar incelendiğinde en yüksek kritik hız turunç meyvesinde (0.55 m s^{-1}), daha sonra greyluft, portakal, mandarin ve limon meyvesinde sırasıyla; 0.49 , 0.34 , 0.22 ve 0.21 m s^{-1} olarak bulunmuştur.

- Parametrelerin birbirleri ile ilişkisini gösteren Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre; greyluft meyvesinin kütesi ile kritik hızı arasında önemli bir ilişki bulunurken, portakal, mandarin, limon ve turunç meyvelerinde kütle ile kritik hız arasında önemli bir ilişki bulunmamıştır.

- Korelasyon analiz tabloları incelendiğinde meyve kütlelerinin, sürtünme kuvvetleri ile olan ilişkisi portakal ve greyluft meyvelerinde önemli bulunurken, mandarin, limon ve turunç meyvelerinde önemsiz olarak bulunmuştur.

Çizelge 5. Greyfurt meyvesinin bazı fiziksel ve hidrodinamik özellikleri

Parametre	Minimum	Maksimum	Ortalama (\pm Standart Sapma)
<i>L</i> (mm)	63.04	83.67	72.61 \pm 5.48
<i>W</i> (mm)	77.53	90.21	85.19 \pm 4.29
<i>T</i> (mm)	75.92	88.36	82.33 \pm 3.99
<i>D_o</i> (mm)	71.99	86.862	79.83 \pm 4.17
<i>S_p</i> (%)	0.897	0.963	0.94 \pm 0.02
<i>S</i> (cm ²)	162.72	236.91	200.62 \pm 20.72
<i>A_p</i> (cm ²)	40.48	66.94	55.48 \pm 8.31
<i>m</i> (g)	187.02	270.35	229.73 \pm 24.75
ρ_f (kg m ⁻³)	726.17	885.07	804.83 \pm 45.32
<i>v_t</i> (m s ⁻¹)	0.32	0.61	0.49 \pm 0.09
<i>V</i> (cm ³)	219.00	346.00	287.25 \pm 40.88
<i>F_w</i> (N)	1.83	2.65	2.25 \pm 0.24
<i>F_d</i> (N)	0.24	0.80	0.56 \pm 0.18
<i>F_b</i> (N)	2.14	3.39	2.81 \pm 0.40

Çizelge 6. Greyfurt meyvesinin bazı fiziksel ve hidrodinamik özelliklerine ait korelasyon katsayıları

	<i>L</i>	<i>W</i>	<i>T</i>	<i>V</i>	<i>m</i>	ρ_f	<i>A_p</i>	<i>v_t</i>	<i>D_o</i>	<i>S_p</i>	<i>S</i>	<i>F_w</i>	<i>F_d</i>
<i>W</i>	0.662***												
<i>T</i>	0.578**	0.967***											
<i>V</i>	0.785***	0.965***	0.944***										
<i>m</i>	0.747***	0.926***	0.894***	0.952***									
ρ_f	-0.633***	-0.743***	-0.746***	-0.787***	-0.562***								
<i>A_p</i>	0.825***	0.937***	0.898***	0.985***	0.942***	-0.768***							
<i>v_t</i>	0.732***	0.758***	0.713***	0.810***	0.636***	-0.920***	0.825***						
<i>D_o</i>	0.877***	0.937***	0.894***	0.979***	0.932***	-0.774***	0.976***	0.817***					
<i>S_p</i>	0.678***	-0.080 ^{ns}	-0.110 ^{ns}	0.136 ^{ns}	0.107 ^{ns}	-0.176 ^{ns}	0.206 ^{ns}	0.256 ^{ns}	0.273 ^{ns}				
<i>S</i>	0.879***	0.934***	0.892***	0.978***	0.934***	-0.767***	0.975***	0.809***	1.000***	0.278 ^{ns}			
<i>F_w</i>	0.748***	0.926***	0.894***	0.952***	1.000***	-0.562*	0.942***	0.637**	0.933***	0.108 ^{ns}	0.935***		
<i>F_d</i>	0.719***	0.875***	0.869***	0.915***	0.748***	-0.966***	0.897***	0.920***	0.895***	0.154 ^{ns}	0.891***	0.749***	
<i>F_b</i>	0.785***	0.965***	0.944***	1.000***	0.951***	-0.788***	0.985***	0.812***	0.979***	0.136 ^{ns}	0.978***	0.952***	0.916***

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05, ns-önemsiz

Çizelge 7. Limon meyvesinin bazı fiziksel ve hidrodinamik özellikleri

Parametre	Minimum	Maksimum	Ortalama (\pm Standart Sapma)
<i>L</i> (mm)	82.20	113.18	95.78 \pm 7.87
<i>W</i> (mm)	55.54	68.15	60.81 \pm 3.21
<i>T</i> (mm)	54.58	67.77	59.79 \pm 3.10
<i>D_o</i> (mm)	64.10	74.51	70.27 \pm 2.80
<i>S_p</i> (%)	0.63	0.85	0.74 \pm 0.05
<i>S</i> (cm ²)	129.00	174.29	155.28 \pm 12.24
<i>A_p</i> (cm ²)	32.74	52.80	43.28 \pm 5.26
<i>m</i> (g)	124.15	199.95	162.46 \pm 17.91
ρ_f (kg m ⁻³)	887.15	1006.11	940.19 \pm 28.56
<i>v_t</i> (m s ⁻¹)	0.16	0.24	0.21 \pm 0.019
<i>V</i> (cm ³)	136.00	210.00	172.80 \pm 18.36
<i>F_w</i> (N)	1.22	1.86	1.59 \pm 0.18
<i>F_d</i> (N)	0.13	0.17	0.10 \pm 0.04
<i>F_b</i> (N)	1.37	2.06	1.69 \pm 0.18

Çizelge 8. Limon meyvesinin bazı fiziksel ve hidrodinamik özelliklerine ait korelasyon katsayıları

	<i>L</i>	<i>W</i>	<i>T</i>	<i>V</i>	<i>m</i>	ρ_f	<i>A_p</i>	<i>v_t</i>	<i>D_o</i>	<i>S_p</i>	<i>S</i>	<i>F_w</i>	<i>F_d</i>
<i>W</i>	-0.188ns												
<i>T</i>	-0.162ns	0.968***											
<i>V</i>	0.164ns	0.902***	0.885***										
<i>m</i>	0.154ns	0.915***	0.912***	0.965***									
ρ_f	-0.004ns	0.167ns	0.211ns	-0.002ns	0.259ns								
<i>A_p</i>	0.522*	0.689***	0.696***	0.889***	0.897***	0.154ns							
<i>v_t</i>	0.147ns	0.108ns	0.112ns	0.308ns	0.118ns	-0.701***	0.196ns						
<i>D_o</i>	0.528*	0.728***	0.742***	0.892***	0.898***	0.143ns	0.955***	0.203ns					
<i>S_p</i>	-0.865***	0.642**	0.627**	0.314ns	0.341ns	0.131ns	-0.054ns	-0.072ns	-0.041ns				
<i>S</i>	0.526*	0.730***	0.743***	0.893***	0.898***	0.140ns	0.956***	0.198ns	1.000***	-0.039ns			
<i>F_w</i>	0.152ns	0.915***	0.912***	0.965***	1.000***	0.259ns	0.896***	0.123ns	0.896***	0.344ns	0.896***		
<i>F_d</i>	0.006ns	0.061ns	0.003ns	0.221ns	-0.041ns	-0.966***	0.033ns	0.740***	0.050ns	-0.019ns	0.053ns	-0.041ns	
<i>F_b</i>	0.162ns	0.902***	0.885***	1.000***	0.966***	0.002ns	0.889***	0.310ns	0.891***	0.316ns	0.892***	0.966***	0.217ns

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05, ns-önemsiz

Çizelge 9. Turunç meyvesinin bazı fiziksel ve hidrodinamik özellikleri

Parametre	Minimum	Maksimum	Ortalama (\pm Standart Sapma)
<i>L</i> (mm)	57.15	69.63	62.52 \pm 3.98
<i>W</i> (mm)	63.64	79.86	70.52 \pm 3.88
<i>T</i> (mm)	63.24	76.04	68.60 \pm 3.71
<i>D_o</i> (mm)	61.76	74.38	67.11 \pm 3.54
<i>S_p</i> (%)	0.95	0.97	0.95 \pm 0.01
<i>S</i> (cm ²)	119.78	173.72	141.79 \pm 15.17
<i>A_p</i> (cm ²)	37.72	62.03	46.62 \pm 7.23
<i>m</i> (g)	92.84	167.85	128.54 \pm 18.93
ρ_f (kg m ⁻³)	558.71	858.52	746.97 \pm 71.09
<i>v_t</i> (m s ⁻¹)	0.40	0.69	0.55 \pm 0.09
<i>V</i> (cm ³)	135.00	235.00	173.15 \pm 28.39
<i>F_w</i> (N)	0.91	1.65	1.26 \pm 0.19
<i>F_d</i> (N)	0.20	0.74	0.44 \pm 0.16
<i>F_b</i> (N)	1.32	2.30	1.70 \pm 0.28

Çizelge 10. Turunç meyvesinin bazı fiziksel ve hidrodinamik özelliklerine ait korelasyon katsayıları

	<i>L</i>	<i>W</i>	<i>T</i>	<i>V</i>	<i>m</i>	ρ_f	<i>A_p</i>	<i>v_t</i>	<i>D_o</i>	<i>S_p</i>	<i>S</i>	<i>F_w</i>	<i>F_d</i>
<i>W</i>	0.759***												
<i>T</i>	0.622**	0.915***											
<i>V</i>	0.851***	0.945***	0.879***										
<i>m</i>	0.659**	0.921***	0.865***	0.82***									
ρ_f	-0.391ns	-0.135ns	-0.114ns	-0.394ns	0.201ns								
<i>A_p</i>	0.847***	0.947***	0.899***	0.967***	0.866***	-0.262ns							
<i>v_t</i>	0.681**	0.384ns	0.309ns	0.599**	0.089ns	-0.882***	0.523*						
<i>D_o</i>	0.879***	0.965***	0.91***	0.971***	0.881***	-0.243ns	0.977***	0.513*					
<i>S_p</i>	0.311ns	-0.29ns	-0.166ns	-0.058ns	-0.302ns	-0.383ns	-0.047ns	0.427ns	-0.03ns				
<i>S</i>	0.879***	0.964***	0.91***	0.973***	0.877***	-0.253ns	0.98***	0.523*	1***	-0.027ns			
<i>F_w</i>	0.657**	0.921***	0.863***	0.82***	1***	0.201ns	0.864***	0.089ns	0.88***	-0.305ns	0.875***		
<i>F_d</i>	0.695**	0.558*	0.509*	0.764***	0.258ns	-0.891***	0.658**	0.911***	0.647**	0.243ns	0.655**	0.257ns	
<i>F_b</i>	0.853***	0.947***	0.879***	1***	0.822***	-0.39ns	0.968***	0.598**	0.972***	-0.06ns	0.974***	0.822***	0.762***

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05, ns-önemsiz

Hacim ve meyve kritik hızı korelasyon analizinde, limon meyvesi hariç tüm denemeye alınan meyve türleri için önemli bir ilişki bulunmaktadır. Meyve yoğunlukları göz önüne alındığında kritik hız ile meyve yoğunluğu arasındaki korelasyon denemeye alınan tüm narenciye türleri için önemli bulunmuştur.

- Meyve kritik hızının, meyve yüzey alanı arasındaki ilişki portakal ve limon meyvesinde önemsizken, greyfurt, mandarin ve turunç meyvelerinde önemli bulunmuştur.

- Su içerisindeki sürtünme kuvvetinin meyve yüzey alanı ile olan ilişkileri incelendiğinde ise greyfurt ve turunç hariç denemeye alınan tüm narenciye türleri için önemsiz bulunmuştur.

Sonuç olarak; denemelerde kullanılan narenciye meyvelerinin (portakal, mandarin, greyfurt, limon ve turunç) farklı boyut ve yapısal özelliklerinin hidrodinamik özelliklerini etkilediği, her türün kendine özgü yapısı dolayısıyla farklı parametrelerin etkili olduğu görülmektedir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında her narenciye meyvesi için kendi içerisinde yapılacak matematiksel modellemeler ile mevcut sistemlerin tanımlanması sonraki çalışmalar ve tasarımlar için yararlı olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Akgün, C., 2006. Turunçgiller Sektör Profili, <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-97.pdf> [Ulaşım: Şubat 2016].
- Baradaran Motie, J., Miraei Ashtiani, S. H., Abbaspour-Fard, M. H. Emadi, B., 2014. Modeling physical properties of lemon fruits for separation and classification. *International Food Research Journal* 21(5): 1901-1909.
- Crowe, C. T., Elger, D. F., Williams, D. C., Roberson, J. A., 2009. *Engineering Fluid Mechanics* (9th Edition). USA.
- FAO, 2016. *Statistical Database*, <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> [Ulaşım: Ocak 2016].
- Güven, N., 2010. Adana İlinde Turunçgillerin Pazarlama Yapısı ve Sorunları. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Jordan R. B., Clark C. J., 2004. Sorting of kiwifruit for quality using drop velocity in water. *Transactions of the ASAE*, 47(6), 1991-1998.
- Kheiralipour K., Tabatabaeefar A., Mobli H., Ragiee S., Sharifi M., Jafari A., Rajabipour A., 2008. Some physical and hydrodynamic properties of two varieties of apple (*Malus domestica* Borkh L.). *Int. Agrophysics*, 22: 225-229
- Kheiralipour, K., Tabatabaeefar, A., Mobli, H., Rafiee, S., Rajabipour, A., Jafari, A., Mirzaee, E., 2010. Modeling of dropping time of kiwi fruit in water. *Journal International Journal of Food Properties* 13(6): 1315-1322.
- Mirzaee E., Rafiee S., Keyhani A., Emam-Djomeh Z., Kheiralipour K., 2009. Hydro-sorting of apricots based on some physical characteristics. *Research in Agricultural Engineering*, 55 (4): 159-164
- Mohsenin N. N., 1986. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers. New York
- SAS, (1999). *The SAS System. Version 8. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC, USA.*
- Saracoglu, T., Ucer, N., Ozarslan, C., 2012. Selected geometric characteristics, hydrodynamic properties, and impact parameters of quince fruit (*Cydonia vulgaris* Pers.). *International Journal of Food Properties* 15(4): 758-769.
- Taheri Garavand, A., Rafiee, S., Keyhani, A., Mirzaee E., 2010. Mathematical modeling of tomato terminal velocity in water. *Advance Journal of Food Science and Technology* 2(2): 100-103
- Tarighi, J., Dadashi, S., Ghazvini, M.A., Mahmoudi, A., 2011. Comparison of physical and hydrodynamic properties of two Iranian commercial pomegranates. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 13(3) Manuscript No.1852.
- TÜİK, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri, <http://tuik.gov.tr> [Ulaşım: Ocak 2016].