

Kurutulmuş Trabzon Hurması Meyvesinin Bazı Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Determination of Some Physico-Mechanical Properties of Dried Persimmon Fruit

Türker Saraçoğlu^{1,*}, Cengiz Özarslan¹, Sena Nur Kılıç²

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye.

² Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): T. Saraçoğlu, e-mail (e-posta): tsaracoglu@adu.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 10.06.2022
Düzeltilme tarihi : 26.07.2022
Kabul tarihi : 01.08.2022

Anahtar Kelimeler:

Kurutulmuş Trabzon Hurması
Fiziksel Özellikler
Mekanik Özellikler

Atf için:

Saraçoğlu, T., Özarslan, C., Kılıç, S. N., (2023). "Kurutulmuş Trabzon Hurması Meyvesinin Bazı Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 19(1): 1-14.

ÖZET

Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.), Dünya'da çoğunlukla subtropik iklim kuşaklarında yetiştiriciliği yapılan ve kendine özgü tadı ve yapısı, antioksidan ve fenolik bileşikler bakımından zengin olması nedeniyle son yıllarda ilgi odağı olan bir meyve türüdür. Meyveler hasattan tüketiciye ulaşıncaya kadar olan süreçte toplama, taşıma, temizleme, sınıflandırma, depolama, işleme ve paketlenme gibi pek çok işlemlerde kullanılan sistemlerin imalatı için standartların ve tasarım kriterlerinin doğru oluşturulması oldukça önemlidir. Bu nedenle kurutulmuş tarımsal ürünlerde kurutma işleminden sonra meyvenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kurutulmuş Trabzon Hurması meyvesinin bazı fiziksel (boyut, kütle, hacim, geometrik ortalama çap, küresellik, yığın hacim yoğunluğu, gerçek yoğunluk, projeksiyon alanı) ve mekaniksel (statik sürtünme katsayısı ve kuvvet altındaki davranışları) özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan örneklerin ortalama nem içeriği %19 olarak ölçülmüştür. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin ortalama uzunluk, genişlik, kalınlık, kütle, hacim, geometrik ortalama çap ve küresellik değerleri ise sırasıyla 57.76 mm, 41.59 mm, 32.72 mm, 48.11 g, 38.47 cm³, 42.75 mm ve 0.74 olarak ölçülmüştür. Meyvelerin yığın hacim yoğunluğu ve gerçek yoğunluk değerleri sırasıyla 0.48 g cm⁻³ ve 1.24 g cm⁻³ olarak belirlenmiştir. Ayrıca meyvelerin genişlik ve kalınlık eksenlerine göre belirlenen projeksiyon alanları sırasıyla 2018.87 ve 1714.23 mm² bulunmuştur. Meyvelerin statik sürtünme katsayıları en düşük paslanmaz çelik, en yüksek karton yüzeyler üzerinde belirlenmiştir. Sıkıştırma denemelerinde farklı sıkıştırılabilirlik seviyesi (%10-60) elde edilen en büyük kuvvet, deformasyon ve deformasyon enerjisi değerleri sırasıyla 7.18-288.89 N, 3.19-22.39 mm ve 0.011-3.234 J arasında değişiklik göstermiştir.

Article Info

Received date : 10.06.2022
Revised date : 26.07.2022
Accepted date : 01.08.2022

Keywords:

Dried Persimmon Fruit
Physical Properties
Mechanical Properties

How to Cite:

Saraçoğlu, T., Özarslan, C., Kılıç, S. N., (2023). "Determination of Some Physico-Mechanical Properties of Dried Persimmon Fruit", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 19(1): 1-14.

ABSTRACT

Persimmon (*Diospyros kaki* L.) is a type of fruit that is grown mostly in subtropical climates in the world and has attracted attention in recent years due to its unique taste and structure, rich in antioxidants and phenolic compounds. It is extremely important to establish the standards and design criteria correctly for the production of systems used in many processes, such as harvest, transportation, cleaning, classification, storage, processing and packaging from orchard to table. For this reason, it is necessary to determine the physical and mechanical properties of the fruit after the drying process in dried agricultural products. In this study, it was aimed to determine some physical (size, mass, volume, geometric mean diameter, sphericity, bulk density, true density, projected area) and mechanical (static friction coefficient and behavior under force) properties of dried persimmon fruit. The average moisture content of the samples used in the study was measured as 19%. The average length, width, thickness, mass, volume, geometric mean diameter and sphericity of the dried persimmon fruit were measured as 57.76 mm, 41.59 mm, 32.72 mm, 48.11 g, 38.47 cm³, 42.75 mm and 0.74, respectively. The bulk density and true density values of fruits were determined as 0.48 g cm⁻³ and 1.24 g cm⁻³, respectively. In addition, the projected areas determined according to the width and thickness axes of the fruits were found to be 2018.87 and 1714.23 mm², respectively. Static friction coefficients of fruits were determined on the lowest stainless steel and highest cardboard surfaces. The maximum force, deformation and deformation energy obtained at different compressibility levels (10-60%) in compression trials varied between 7.18-288.89 N, 3.19-22.39 mm and 0.011-3.234 J, respectively.

1. GİRİŞ

Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.), meyvelerinin cazip turuncu rengi, kendine özgü tadı ve yapısı, antioksidan ve fenolik bileşikler bakımından zengin olması nedeniyle son yıllarda ilgi odağı haline gelmiştir. Türkiye’de yerel olarak, Hurma, Amme, Aşılı Uvaz, Rus Hurması, Japon Hurması, Batum Hurması, Laz Hurması, Cennet Elması gibi adlarla da tanınmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, meyvenin kolesterolü ve tansiyonu düşürücü özelliğinin olduğunu, bağışıklık sistemini güçlendirdiğini, sindirim sistemi rahatsızlıklarından ve günümüzde yaygın olarak görülen kanser hastalıklarından korunmada önemli bir yer tuttuğunu göstermiştir (Kaya vd., 2016).

Trabzon hurması Dünya’da çoğunlukla subtropik iklim kuşaklarında yetiştiriciliği yapılan Çin kökenli bir meyve türüdür. En çok Çin’de yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bununla birlikte, Güney Kore, İspanya, Japonya, Brezilya, Azerbaycan, Özbekistan ve Tayvan’da önemli miktarlarda Trabzon hurması üretimi yapılmaktadır (Tablo 1) (FAO, 2022).

Tablo 1. 2011-2020 yılları arası Dünya Trabzon hurması üretim, verim ve üretim alanı ortalamaları

	Üretim (ton)	Alan (ha)	Verim (ton ha⁻¹)
Çin	3 048 995	863 816	3.53
Güney Kore	306 112	26 449	11.57
İspanya	247 365	13 377	18.49
Japonya	219 564	20 440	10.74
Brezilya	168 689	8 261	20.42
Azerbaycan	151 913	9 445	16.08
Özbekistan	76 287	4 478	17.04
Tayvan	67 702	5 156	13.13
Diğer	107 443	6 180	17.39

Anavatanı Uzakdoğu olan, birçok yabancı menşeli meyve türleri gibi Türkiye’de de başarıyla yetiştirilen bu meyvenin; “Trabzon hurması” olarak bilinmesinin sebebi, ilk önce tarihi İpek Yolu ile Anadolu’ya Trabzon üzerinden yayılmasıdır. Türkiye’de Kuzey Anadolu, Hatay ve Antalya civarlarında yetiştigi bilinmektedir. Ülkemizde, illerin yarısından fazlası Trabzon hurması yetiştiriciliği yapmasına rağmen yıllık üretim ancak 77.131 tona ulaşabilmektedir (Anonim, 2021a; TÜİK, 2022).

Tarımsal ürünün fiziksel özelliklerinin bilinmesi, sınıflandırma, nakliye, depolama, işleme ve paketleme sistemlerinin imalatı için standartların ve tasarım kriterlerinin doğru oluşturulması çok önemlidir (Saraçoğlu, 2017). Meyveler hasattan tüketiciye ulaşıncaya kadar olan süreçte toplama, taşıma, temizleme, sınıflandırma ve paketleme gibi pek çok işlemde geçmektedir. Bu işlemler sırasında kullanılan ekipmanların tasarımında meyvenin kütle, hacim, projeksiyon alanı, boyut, küresellik ve statik sürtünme katsayısı gibi fiziksel özelliklerinin bilinmesi önem kazanmaktadır (Mohsenin, 1986). Günümüzde sofralık ürün olarak değerlendirilen meyvelere yönelik fiziko-mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır (kumkuat meyvesi (Jalilantabar vd., 2013), kiraz meyvesi (Naderiboldaji vd., 2008), kayısı meyvesi (Haciseferoğulları vd., 2007), elma (Meisami-asl vd., 2009), armut (Ozturk vd., 2009), erik (Esehaghbeygi vd., 2013), portakal (Sharifi vd., 2007), Trabzon hurması (Celik ve Ercişli, 2008)). Celik ve Ercişli (2008) Trabzon hurması meyvesinin bazı fiziksel, kimyasal ve besinsel özelliklerini belirledikleri çalışmalarında ortalama meyve kütlelerini 169 g

geometrik ortalama çap değerini 65.97 mm, meyve hacmini ise 180 cm³ olarak bulmuşlardır. Çalışmada ayrıca yığın hacim ağırlığı, meyve yoğunluğu ve porozite değerlerinde sırasıyla 5.817 N m⁻³, 9.300 N m⁻³ ve %38.06, olarak bulunduğu belirtilmiştir. Bunun yanında günümüzde sağlıklı ve kükürt içermeyen kuru sebze ve meyvelere Dünya çapında talep artmıştır (Sakooei-Vayghan, 2020). Dünya’da kuruyemiş ve kurutulmuş meyvelerin 2018-2019 döneminde ticaret hacmi önceki 10 yıllık ortalamaya göre %41 oranında artarak 46.4 milyar \$ olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2021b). Işıklı ve Yılmaz, (2014) güneşte kurutulmuş karamuk meyvesinin bazı fiziksel özelliklerini belirledikleri çalışmada kurutulmuş meyvelerin %9.59 ile %27.9 nem içeriklerine bağlı olarak, uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap ve küresellik değerlerini sırasıyla 7.19-7.53 mm, 3.42-4.03 mm, 2.78-3.02 mm, 4.05-4.51 mm ve 0.56-0.62 arasında değişkenlik gösterdiğini belirlemişlerdir. Demirayak (2008) yılında yapmış olduğu çalışmasında kuru incirlerin fiziko-mekanik özelliklerini belirlemiştir. Kingsly vd. (2006) çalışmalarında kurutulmuş nar çekirdeklerinin nem içeriğine bağlı olarak özelliklerini belirlemişlerdir. Cho vd. (2017) ve Cho vd. (2018) farklı meyve boylarında ve farklı ön işlemlerle hazırlanan kurutulmuş Trabzon hurmasının kalite özellikleri ortaya koymuşlardır.

Meyveler, taze meyvelerin hasat edilemediği dönemlerde muhafaza edilmesi ve kullanıma sunulması için kurutulabilmektedir. Kuru meyveler, doğal ürünlerin özelliklerini koruyabilmekte, azaltılmış kütle nedeniyle daha düşük nakliye maliyeti sunabilmekte ve taze meyvelerde bozulmaya neden olan küf ve diğer mikroorganizmaların büyümesine karşı direnç göstermektedir (Marques vd., 2006). Tüketici talebi doğrultusunda Trabzon hurması kurutma işlemi son yıllarda hem evlerde hem de endüstriyel düzeyde yapılmaktadır (Anonim, 2021b).

Kurutulmuş tarımsal ürünlerde çoğu zaman kurutulduktan sonra birçok işlemde geçtiği düşünülürse, bunların işlendiği makine tasarımlarında ve paketlenmelerinde etkili parametrelerin belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir. Yapılan literatür araştırmasında da kurutulmuş Trabzon hurmasının fizikomekanik özelliklerinin incelendiği yayınların eksikliği dolayısıyla bu çalışma planlanmıştır. Bu çalışmada kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin boyut, yoğunluk, kütle, hacim ve projeksiyon alanı gibi bazı fiziksel ile statik sürtünme katsayısı, yük altındaki deformasyonu ve enerjisi gibi mekaniksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada 2021 hasat döneminde hasat edilerek üzerindeki ince kabuk soyulduktan sonra gölgede doğal halde kurutulmuş Trabzon hurması meyveleri kullanılmıştır (Şekil 1). Deneme kapsamında tesadüfi seçilen 65 adet kurutulmuş meyve örneği yerel üreticilerden alınıp laboratuvar ortamına taşınarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Kurutulmuş meyvelerin nem içeriklerinin belirlenmesi amacıyla 10 adet meyve küçük parçalara bölünerek 70°C sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa ulaşınca kadar tutulmuş ve örneklerin ortalama nem içeriği yaş baza göre belirlenmiştir (Akinci vd., 2004). Buna göre denemelerde kullanılan örneklerin ortalama nem içeriği %19 olarak ölçülmüştür.



Şekil 1. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvesi örnekleri

2.1. Fiziksel Özellikler

Fiziksel özelliklerin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen denemelerde 35 adet örnek kullanılmıştır. Meyvelerin hassas terazi yardımıyla oda sıcaklığında havada ve su içerisindeki kütle ölçümleri gerçekleştirildikten sonra aşağıdaki eşitlik yardımıyla yoğunlukları belirlenmiştir (Masum, 2021);

$$\rho_m = \rho_s \cdot \frac{m_h}{m_s} \quad (1)$$

ρ_m : Kurutulmuş meyvenin gerçek yoğunluğu (g cm^{-3}),

ρ_s : Suyun yoğunluğu (g cm^{-3}),

m_h : Meyvenin havadaki kütlesi (g),

m_s : Meyvenin su içerisindeki kütlesi (g).

Ürünlerin yığın hacim yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla 1243.5 cm^3 hacime sahip silindirik bir çap içerisine serbet halde bırakılan örneklerin boşluklu kütlesi belirlenmiştir.

Denemelerde meyve örneklerinin boyut özellikleri bir kumpas yardımıyla Şekil 2'de belirtilen eksenler göz önünde bulundurularak ölçülmüştür. Boyut ölçümleri sonucunda elde edilen veriler yardımıyla kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin geometrik ortalama çap ve küresellik değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır;

$$D_o = (L \cdot W \cdot T)^{1/3} \quad (2)$$

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

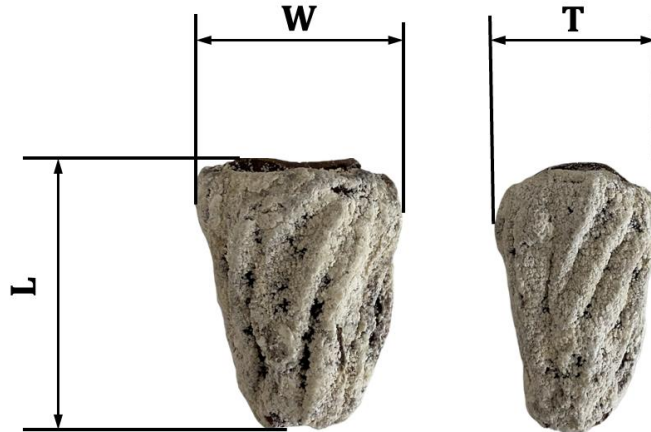
D_o : Geometrik ortalama çap (mm),

L : Uzunluk (mm),

W : Genişlik (mm),

T : Kalınlık (mm),

S_p : Küresellik (%).



Şekil 2. Kurutulmuş Trabzon Hurması meyvesinin boyutları; uzunluk (L), genişlik (W), kalınlık (T)

Projeksiyon alanının belirlenmesi amacıyla, 65 adet meyvenin her birinin iki temel ekseninde (genişlik (PA_g) ve kalınlık (PA_k) eksenlerine göre) 1 cm²'lik kalibrasyon yüzeyleriyle dijital fotoğrafları çekilmiş (Şekil 3) ve ImageJ (Image Processing and Analysis in Java) görüntü işleme programı kullanılarak analiz edilmiştir.



Şekil 3. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin geniş eksene göre (a), kalınlık eksene göre (b) projeksiyon alan ölçümleri

2.2. Mekanik Özellikler

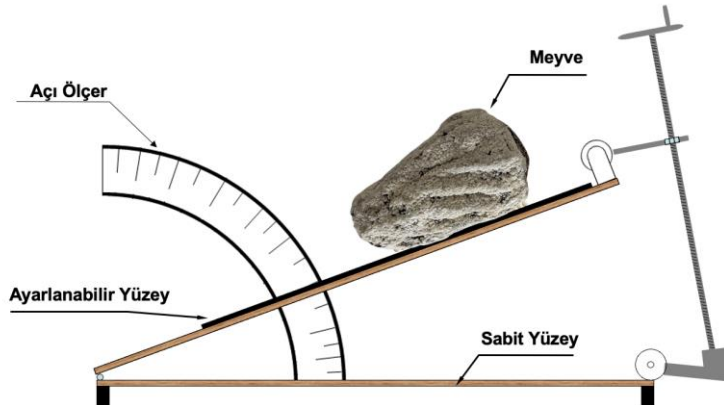
Mekanik özelliklerin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen denemelerde 30 adet örnek kullanılmıştır. Trabzon hurması meyvelerinin 3 mm kalınlığa sahip karton, ahşap, paslanmaz çelik ve kauçuk plaka yüzeyleri üzerindeki statik sürtünme katsayılarının belirlenmesi amacıyla yüzey eğimi ayarlanabilir test cihazı kullanılmıştır (Şekil 4). Ölçümler meyve sap ekseni yönünde ve meyve sap eksenine dik yönde olmak üzere iki konumda gerçekleştirilmiştir. Statik sürtünme katsayısı, yüzey eğimine bağlı olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır;

$$\mu = \tan \alpha \quad (4)$$

Burada;

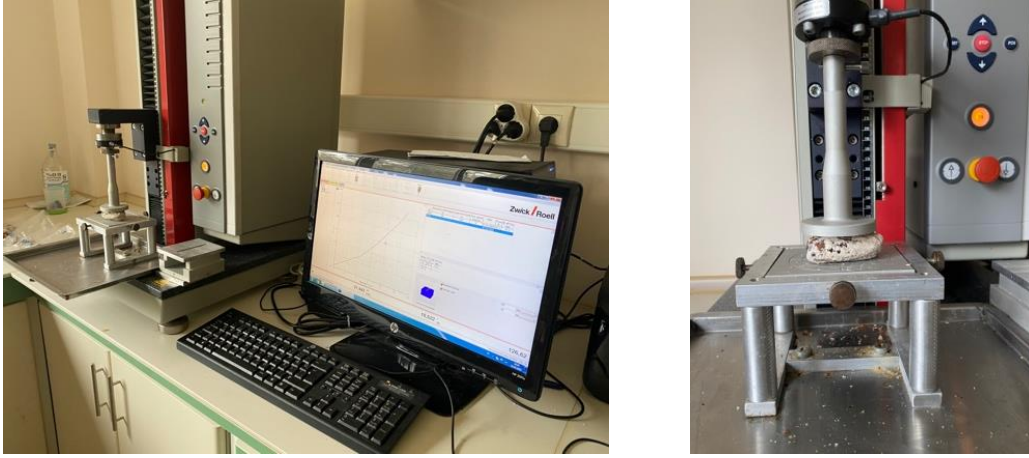
μ : Statik sürtünme katsayısı,

α : Yüzey eğim açısı (°).



Şekil 4. Statik sürtünme ölçüm düzeneği

Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin yük altındaki davranışlarının belirlenebilmesi için meyveler sıkıştırma testine tabi tutulmuştur. Sıkıştırma işlemleri için maksimum ölçüm kapasitesi 500 N olan Zwick-Roell marka Universal test cihazı (Şekil 5) kullanılmıştır.



Şekil 5. Zwick-Roell Universal test cihazı

Meyveler Şekil 5'te görüldüğü gibi test cihazında bulunan biri sabit biri de hareketli platform olmak üzere 2 düz plaka arasına yerleştirilmiştir. Sıkıştırma testinde, sıkıştırma hızı 5 mm min⁻¹ alınarak (An vd., 2020), paketlenme ve taşıma sırasında farklı oranlarda oluşan dış kuvvetlerin etkilerini belirleyebilmek için %10, %20, %30, %40, %50 ve %60 olmak üzere altı farklı sıkıştırılabilirlik seviyesi kullanılmıştır.

Her örnek taban plakasının ortasına yerleştirildikten sonra sıkıştırma işlemine başlanmıştır. Sıkıştırma sonucu ortaya çıkan kuvvet deformasyon verileri, sıkıştırma test cihazına bağlı olan masaüstü bilgisayara gerçek zamanlı olarak otomatik olarak kaydedilmiştir. Test cihazı, işleme tabi tutulan meyvelerin çoklu eğrilerini oluşturarak doğrudan karşılaştırma imkânı sağlamaktadır. Bu eğriler bilgisayar ortamında Excel formatına dönüştürülerek kaydedilmiştir.

Sıkıştırma işlemi esnasında ortaya çıkan deformasyon ve deformasyon enerjisi aşağıda yer alan eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Aydın ve Çarman, 1997):

$$\Delta D = V \cdot t \quad (5)$$

Burada;

ΔD : Deformasyon (m),

V : İlerleme hızı (m·s⁻¹),

t : Grafikten okunan zaman değeri (s).

$$E_d = \frac{\Delta D \cdot F_{maks}}{2} \quad (6)$$

Burada;

E_d : Deformasyon enerjisi (J),

F_{maks} : Maksimum deformasyon kuvveti (N).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Fiziksel Özellikler

Tablo 2’de denemelerde kullanılan konik biçimdeki kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin fiziksel özellikleri görülmektedir. Tablo 2 incelendiğinde ortalama uzunluk (L), genişlik (W) ve kalınlık (T) değerleri sırasıyla 57.76, 41.59 ve 32.72 mm olduğu görülmektedir. Ortalama kütle değeri 48.11 g olarak ölçülmüş olup, hacim değeri ise 38.47 cm³ olarak belirlenmiştir. Yığın hacim yoğunluğu ve gerçek yoğunluk değerleri sırasıyla 0.48 g cm⁻³ ve 1.24 g cm⁻³ olarak elde edilmiştir. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin genişlik ve kalınlık eksenlerine göre belirlenen ortalama projeksiyon alanları sırasıyla 2018.87 ve 1714.23 mm² olarak belirlenmiştir. Geometrik ortalama çap ve küresellik değerleri ise sırasıyla; 42.75 mm ve 0.74 olarak ölçülmüştür.

Tablo 2. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin fiziksel özellikleri (standart sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir)

	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>Ort.</i>
<i>Uzunluk (L) (mm)</i>	47.94	68.26	57.76 (4.68)
<i>Genişlik (W) (mm)</i>	35.13	49.45	41.59 (3.05)
<i>Kalınlık (T) (mm)</i>	25.75	40.15	32.72 (3.37)
<i>Kütle (m) (g)</i>	34.42	63.05	48.11 (6.95)
<i>Hacim (V) (cm³)</i>	29.15	49.53	38.47 (5.06)
<i>Yığın Hacim Yoğunluğu (g·cm⁻³)</i>	0.478	0.510	0.480 (0.02)
<i>Gerçek Yoğunluk (g·cm⁻³)</i>	0.92	1.36	1.24 (0.10)
<i>Projeksiyon Alanı (PA_g) (mm²)</i>	1628.54	2655.69	2018.87 (236.21)
<i>Projeksiyon Alanı (PA_k) (mm²)</i>	1243.84	2184.25	1714.23 (207.78)
<i>Geometrik Ortalama Çap (D_o) (mm)</i>	37.16	47.47	42.75 (2.55)
<i>Küresellik (Sp)</i>	0.62	0.87	0.74 (0.05)

3.2. Mekanik Özellikler

Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin farklı yüzeyler üzerinde meyve sap eksenine paralel ve meyve sap eksenine dik konumda statik sürtünme katsayılarına ilişkin sonuçlar Tablo 3’te sunulmuştur. En düşük statik sürtünme katsayısı değeri (0.47) meyve sap eksenine dik konumda paslanmaz çelik yüzeyde, en yüksek değer ise (0.71) meyve sap eksenine paralel konumda karton yüzeyde elde edilmiştir. Işıklı ve Yılmaz (2014) kurutulmuş karamuk meyvesinin en düşük statik sürtünme katsayısını çelik yüzeyde belirlemiş ve bunun nedenin çelik sacın yüzeyinin daha pürüzsüz ve cilalı olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada farklı yüzeylerdeki statik sürtünme katsayısının daha yüksek değerlerde olmasının, kurutulmuş Trabzon Hurması kütle ve yüzey alanının daha yüksek olmasından ve meyve yüzeyindeki dokuların şekerli olmasına bağlı olarak yapışma meydana gelmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 3. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin statik sürtünme katsayıları (standart sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir)

	Karton	Ahşap	Paslanmaz Çelik	Kauçuk
Meyve Sap Eksenine Paralel Konumda	0.71 (0.04)	0.68 (0.06)	0.54 (0.04)	0.65 (0.03)
Meyve Sap Eksenine Dik Konumda	0.68 (0.05)	0.63 (0.08)	0.47 (0.06)	0.64 (0.06)

Tablo 4'te Trabzon hurması meyvesinin farklı yüzeylerde (paslanmaz çelik, kauçuk, ahşap ve karton) ve farklı yönlerde (meyve sap eksenine dik ve meyve sap eksenine paralel) elde edilen ortalama statik sürtünme katsayısı değerlerinin varyans analizi verilmiştir. Tablo 4'te sunulan varyans analizine göre statik sürtünme katsayısı değerleri arasındaki farkın %5 önem seviyesinde hem sürtünme yüzeylerine göre hem de meyve yönlerine göre önemli olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin ortalama statik sürtünme katsayı değerleri varyans analizi

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Derecesi
Statik Sürtünme Katsayısı	Yön	1	0.035	11.962	0.001
	Yüzey	3	0.144	49.578	0.000

Meyve sürtünme yönü dikkate alınmadan yapılan Duncan test sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur. Tablo 5 incelendiğinde kauçuk ve ahşap yüzeylerde elde edilen statik sürtünme katsayıları aynı grupta yer alırken, paslanmaz çelik ve karton yüzeylerde ölçülen statik sürtünme katsayısı değerleri farklı gruplarda yer almıştır.

Tablo 5. Sürtünme yüzeylerine göre yapılan Duncan karşılaştırma test sonuçları

Sürtünme Yüzeyi	Statik Sürtünme Katsayısı
Paslanmaz Çelik	0.50 ^c
Kauçuk	0.64 ^b
Ahşap	0.66 ^b
Karton	0.69 ^a

Sıkıştırma denemelerinde farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde elde edilen maksimum deformasyon kuvveti (F_{maks}), deformasyon ve deformasyon enerjisine (E_d) ilişkin sonuçlar ve Duncan test sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur. Tablo 6'ya göre sıkıştırılabilirlik seviyelerindeki artışla her bir parametrenin yükseldiği görülmektedir.

Meyvenin deformasyon kuvveti ve deformasyon enerjisi %50 sıkıştırılabilirlik seviyesine kadar yavaş ve daha sonra hızlıca artış göstermiştir. Bu durum sıkıştırma plakası ile meyve yüzeyi arasındaki temas alanının, sıkıştırma başlangıcında düşük olması ve yükleme sırasında sıkıştırılabilirlik seviyesine bağlı olarak artış göstermesi ile açıklanabilir. An vd. (2020) çalışmalarında taze çilek meyvesinde farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde deformasyon kuvveti ve deformasyon enerjisinin benzer şekilde değişim gösterdiğini vurgulamışlardır.

Tablo 6. Farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde F_{maks} , deformasyon ve E_d değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (standart sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir)

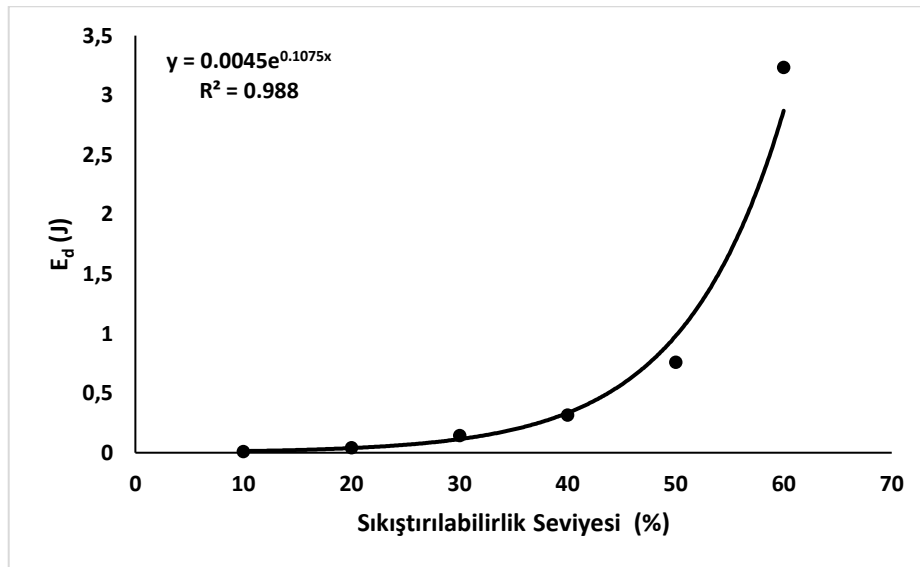
Sıkıştırılabilirlik Seviyesi (%)	F_{maks} (N)	Deformasyon (mm)	E_d (J)
10	7.18 (3.28) ^c	3.19 (0.40) ^f	0.011 (0.005) ^c
20	13.04 (4.93) ^c	6.58 (0.88) ^e	0.043 (0.018) ^c
30	29.07 (10.07) ^c	9.99 (1.42) ^d	0.145 (0.032) ^c
40	50.25 (15.16) ^{cb}	12.59 (0.71) ^c	0.314 (0.082) ^c
50	89.49 (15.69) ^b	16.99 (1.24) ^b	0.753 (0.082) ^b
60	288.89 (79.67) ^a	22.39 (1.85) ^a	3.234 (0.696) ^a

Tablo 7’de Trabzon hurması meyvesinin farklı sıkıştırılabilirlik seviyesinde elde edilen maksimum deformasyon kuvveti (F_{maks}), deformasyon ve deformasyon enerjisi (E_d) değerlerinin varyans analizi verilmiştir. Tablo 7’de sunulan varyans analizine göre maksimum deformasyon kuvveti (F_{maks}), deformasyon ve deformasyon enerjisi (E_d) değerlerinin arasındaki farkın %5 önem seviyesinde sıkıştırılabilirlik seviyesine göre önemli olduğu görülmektedir.

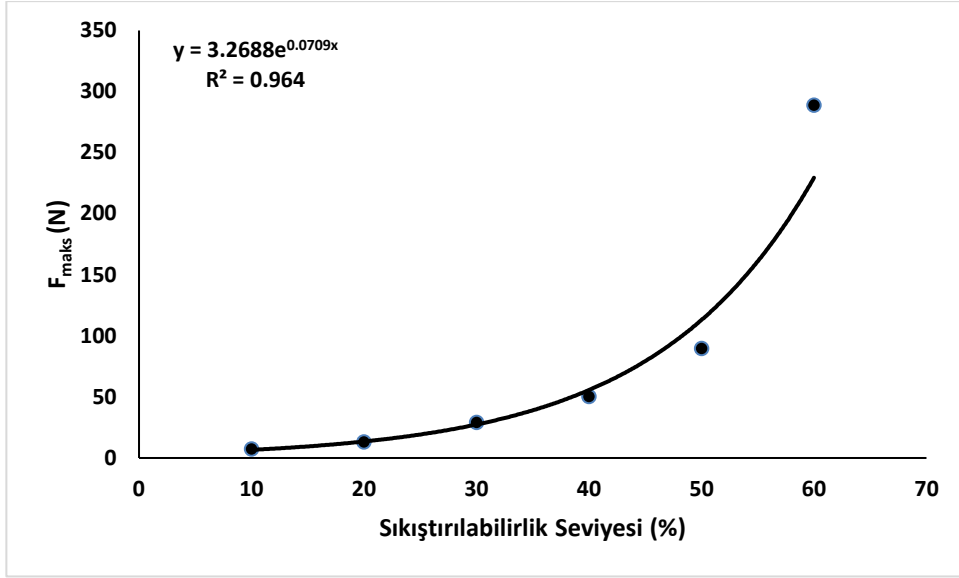
Tablo 7. Farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde F_{maks} , deformasyon ve E_d değerleri çoklu varyans analizi

Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Derecesi
Sıkıştırılabilirlik Seviyesi	F_{max}	5	56997.859	49.136	0.000
	Deformasyon	5	244.315	173.821	0.000
	E_d	5	7.535	90.519	0.000

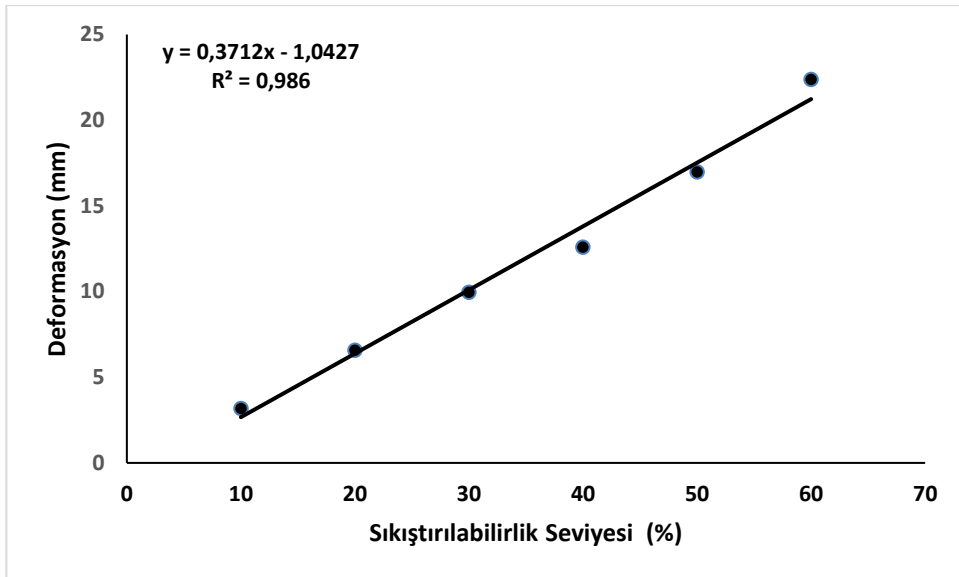
Farklı sıkıştırılabilirlik seviyesinde deformasyon enerjisi, maksimum deformasyon kuvveti ve deformasyon ilişkileri Şekil 6-8’de verilmiştir. Buna göre sıkıştırılabilirlik seviyesi-deformasyon enerjisi ve sıkıştırılabilirlik seviyesi-maksimum deformasyon kuvveti değişiminin üstel, sıkıştırılabilirlik seviyesi-deformasyon değişiminin doğrusal olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin deformasyon enerjisi değerlerinin sıkıştırılabilirlik seviyesine bağlı değişimleri



Şekil 7. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin F_{maks} değerlerinin sıkıştırılabilirlik seviyesine bağlı değişimleri



Şekil 8. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin deformasyon değerlerinin sıkıştırılabilirlik seviyesine bağlı değişimleri

4. SONUÇ

Çalışmada kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin ortalama boyut, kütle, hacim, yığın hacim yoğunluğu, gerçek yoğunluk, projeksiyon alanı ve küresellik değerleri belirlenmiştir. Ayrıca karton, ahşap, paslanmaz çelik ve kauçuk yüzeyler üzerindeki statik sürtünme katsayıları ortaya konulmuştur.

Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin ve dokularının dokusal bozulma mekaniği, farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde yapılan testler ile karakterize edilmiştir. Bilindiği gibi absorbe edilen enerjinin, meyve hasarının derecesini nicel olarak değerlendirmek için uygun ve kolayca ölçülebilir bir mekanik parametredir.

Farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde elde edilen sonuçlar özellikle kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin ambalajlama sürecinde kuru incirde olduğu gibi şekillendirilmesi için yapılan sıkıştırma

işleminde yardımcı olacak parametrelerdir. Ayrıca farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde kuru meyvenin dokusunda meydana gelen bozulmaların sınır değerleri ortaya konulmuştur. Doku bozulmalarının kuru ürün olsa bile, ürünün ekonomik değerini azaltıcı etkilerinin olacağı, hatta ürünün kullanım dışı kalmasına neden olacağı unutulmamalıdır.

Çalışmada elde edilen bulgular, daha verimli ve etkili işleme makineleri ve paketlenme sistemlerini geliştirmek için gerekli bilgi havuzuna katkıda bulunacaktır.

BİLGİLENDİRME

Bu makalenin özeti, 07-09 Eylül 2022 tarihleri arasında Bilecik’ de gerçekleştirilmiş olan 34. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresinin Özet ve Bildiri Kitabı’nda yayınlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Akinci, I., Ozdemir, F., Topuz, A., Kabas, O. ve Canakci, M. (2004). Some physical and nutritional properties of Juniperus drupacea fruits. *Journal of Food Engineering*, 65: 325–331. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.01.029>
- An, X., Li, Z., Zude-Sasse, M., Tchienbou-Magaia, F., ve Yang, Y. (2020). Characterization of textural failure mechanics of strawberry fruit. *Journal of Food Engineering*, 282, 1-10.
- Anonim, (2021a). Trabzon hurması (Cennet elması) raporu. Ordu Ticaret Borsası, Ordu. <https://www.ordutb.org.tr/wp-content/uploads/2021/01/Trabzon-Hurmasi-Guncel.pdf>
- Anonim, (2021b). Adana İli Trabzon hurması kurutma tesisi ön fizibilite raporu. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. <https://www.yatirimadestek.gov.tr/pdf/assets/upload/fizibiliteler/adana-ili-trabzon-hurmasi-kurutma-tesisi-on-fizibilite-raporu.pdf>
- Aydın, C. ve Çarman, K. (1997). Şeftalide çarpma enerjisine bağlı olarak zedelenmenin belirlenmesi. 17. *Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi Bildiri Kitabı*, 254-264.
- Celik, A. ve Ercisli 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. <https://www.doi.org/10.1080/09637480701538221>
- Cho, J.H., Song, I.K., Cho, D.H., Dhungana, S.K., Hong Ahn, H., ve Kim, D. (2017). Quality characteristics of dried persimmon (*Diospyros kaki* Thunb) of different fruit sizes. *African Journal of Biotechnology*, 16(9), pp. 429-433. <https://www.doi.org/10.5897/AJB2017.15895>
- Cho, M.G, Cho, J.H., Park, E.M, Dhungana, S.K., ve Kim, D. (2018) Quality characteristics of dried persimmon prepared by different pretreatments, *International Journal of Sciences*, 11:48-52. <https://www.doi.org/10.18483/ijSci.1846>
- Demirayak, V. (2008). *Kuru incirlerin bazı fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi*. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ABD Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), Aydın.
- Esehaghbeygi, A., Pirnazari, K., Kamali, M. ve Razavi, J. (2013). Physical, and mechanical properties of three plum varieties (*Prunus domestica* L.). *Thai Journal of Agricultural Science*, 46(2): 95-101.
- FAO, (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim Tarihi: 25.05.2022).

- Haciseferoğulları, H., Gezer, İ., Özcan, M.M. ve Asma, B.M. (2007). Post-harvest chemical and physical-mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 79(1): 364-373.
- Işıklı, N.D. ve Yılmaz, İ. (2014). Some physical properties of sun-dried Berberis fruit (*Berberis crataegina*). *Journal of Food Science and Technology*, 51(1):104-110. <https://www.doi.org/10.1007/s13197-011-0469-y>
- Jaliliantabar, F., Lorestani, A.N. ve Gholami, R. (2013). Physical properties of kumquat fruit. *International Agrophysics*, 27, 107-109. <https://www.doi.org/10.2478/v10247-012-0074-y>
- Kaya, C., Yücel, E.E., Bayram, M., Meşe, C., Aybakan, E., Gökgöz, G. ve Sözer, T.T., (2016). Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.) bazlı karışık meyveli geleneksel marmelat üretimi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(2): 107-112.
- Kingsly, A.R.P. Singh, D.B., Manikantan, M.R. ve Jain, R.K. (2006). Moisture dependent physical properties of dried pomegranate seeds (*Anardana*). *Journal of Food Engineering*, 75(4): 492-496 <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.033>
- Marques, L.G. Silveira, A.M., Freire, J.T. (2006). Freeze-drying characteristics of tropical fruits. *Drying Technology*, 24:457-463. <https://doi.org/10.1080/07373930600611919>
- Masum, A. (2021). *Mısır sömeği ve pamuk çırçır atıklarından kompozit malzeme üretimi ve mekanik özelliklerinin araştırılması*. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği ABD Doktora Tezi (Yayımlanmamış), İzmir.
- Meisami-asl E., Rafiee S., Keyhani A. ve Tabatabaeefar A. (2009). Some physical properties of apple cv. 'Golab'. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal Manuscript* 1124. Vol. XI.
- Mohsenin, N. N., 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publishers. New York.
- Naderiboldaji, M., Khub, A. K., Tabatabaeefar, A., Varnamkhasti, M. G. ve Zamani, Z. (2008). Some physical properties of sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3(4): 513-520.
- Ozturk, I., Ercisli, S., Kalkan, F., ve Demir, B. (2009). Some chemical and physico-mechanical properties of pear cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 8(4): 687-693.
- Sakooei-Vayghan, R., Peighambardoust, S. H., Hesari, J., Soltanzadeh, M. ve Peressini, D. (2020). Properties of dried apricots pretreated by ultrasound-assisted osmotic dehydration and application of active coatings. *Food Technology and Biotechnology*, 58(3), 249-259. <https://doi.org/10.17113/ftb.58.03.20.6471>
- Saraçoğlu, T., 2017. Bazı narenciye türlerinin seçilmiş fiziksel ve hidrodinamik özellikleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(2017): 206-215. <https://www.doi.org/10.7161/omuanajas.303881>
- Sharifi, M., Rafiee, S., Keyhani, A., Jafari, A., Mobli, H., Rajabipour, A. ve Akram, A. (2007). Some physical properties of orange (var. Tompson). *International Agrophysics*, 21, 391-397.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim Tarihi: 25.05.2022).

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

It is very important to know the physical properties of the agricultural products and establish the standards and design criteria correctly for the production of systems used in many processes such as harvest, transportation, cleaning, classification, storage, processing and packaging from orchard to the table. For this reason, it is necessary to determine the physical and mechanical properties of the fruit after the drying process in dried agricultural products. In this study, it was aimed to determine some physical (size, mass, volume, geometric mean diameter, sphericity, bulk density, true density, projected area) and mechanical (static friction coefficient and behavior under force) properties of dried persimmon fruit.

Methodology

In order to determine the moisture content of dried fruits, 10 fruits were cut into small pieces and kept in an oven at 70°C until they reach a constant weight, and the average moisture content of the samples was determined according to the wet basis. To determine the physical properties of samples, at room temperature, mass measurements of fruits in air and water were made with the help of a precision scale. With the help of the obtained data and water density value, fruit densities were determined. In the experiments, the dimensions of the fruit samples were measured with a caliper. Geometric mean diameter and sphericity values were calculated with the determined dimensions. In order to determine the projection area, digital photographs of each fruit were taken with 1 cm² calibration surfaces on two main axes and analyzed using ImageJ (Image Processing and Analysis in Java) image processing program. A test device with adjustable surface inclination was used to determine the static friction coefficients of persimmon fruits. Measurements were made on cardboard, wood, stainless steel, and rubber surfaces in two positions, in the direction of the fruit stem axis and in the direction perpendicular to the fruit stem axis. In order to determine the behavior of the fruits under load, the fruits were subjected to the compression test. In the compression test, six different compressibility levels, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% and 60%, were used by taking the compression speed of 5 mm·min⁻¹.

Results and Conclusions

The average moisture content of the samples used in the study was measured as 19%. The average length, width, thickness, mass, volume, geometric mean diameter and sphericity of the dried persimmon fruit were measured as 57.76 mm, 41.59 mm, 32.72 mm, 48.11 g, 38.47 cm³, 42.75 mm and 0.74, respectively. Bulk density and true density values of fruits were determined as 0.48 g cm⁻³ and 1.24 g cm⁻³, respectively. In addition, the projected areas determined according to the width and thickness axes of the fruits were found to be 2018.87 and 1714.23 mm², respectively. Static friction coefficients of fruits were determined on the lowest stainless steel and highest cardboard surfaces. The maximum force, deformation and deformation energy obtained at different compressibility levels (10-60%) in compression trials varied between 7.18-288.89 N, 3.19-22.39 mm and 0.011-3.234 J, respectively. As a result, it can be said that the findings obtained in the study will contribute to develop more efficient and effective processing machines and packaging systems.

Yazarların Biyografisi



Türker SARAÇOĞLU

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimini Aydın Adnan Menderes Üniversitesinde, Doktora eğitimini Ege Üniversitesinde tamamlamıştır. Doktora derecesini aldıktan sonra 1 yıl süre ile ABD Kaliforniya eyaletinde, UC Davis Üniversitesinde doktora sonrası çalışmalarda bulunmuştur. 2018 yılında Doçent ünvanı alan Saraçoğlu halen Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliğinde Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır.

İletişim

tsaracoglu@adu.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-4434-4126>



Cengiz ÖZARSLAN

Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora eğitimini Ankara Üniversitesi'nde tamamlamıştır. 1987-1995 yıllarında aynı üniversitede Araştırma Görevlisi olarak görev almış, 1995 yılında Aydın Adnan Menderes Üniversitesi'ne geçiş yapmıştır. 2003 yılında Profesör ünvanı alan Özarslan halen Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliğinde Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır.

İletişim

ozarslanc@yahoo.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-1156-2362>



Sena Nur KILIÇ

1999 yılında Marmaris, Muğla'da doğmuş, ilk, orta ve lise eğitimini Marmaris'te tamamlamıştır. 2021 yılında Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini tamamlamıştır. 2021 yılı güz döneminde başladığı Yüksek Lisans eğitimine Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ABD'nda devam etmektedir.

İletişim

klcs.nur@gmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0001-7545-3950>