

Alıç Meyvesinin Bazı Mühendislik Özellikleri Some Engineering Properties of Hawthorn Fruit

Abdullah Sessiz ^{1,*}  Fatıma Susen Çevik ²  Nadide Solmaz ²  Ezgi Lorin Karaer ² 

¹Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye.

²Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Diyarbakır, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): A. Sessiz, e-mail (e-posta): asessiz@dicle.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 26.06.2025
Düzeltilme tarihi : 11.88.2025
Kabul tarihi : 13.08.2025

Anahtar Kelimeler:

Alıç
Fiziko-mekanik özellik
Tasarım

Atf için:

Sessiz, A., Çevik, F.S., Solmaz, N., Karaer, E.L.
(2025). "Alıç Meyvesinin Bazı Mühendislik
Özellikleri", *Tarım Makinaları Bilimi
Dergisi*, 21(2): 104-120.

ÖZET

Alıç (*Crataegus spp.*), dağlık alanlarda kendiliğinden yetişen ağaç şeklinde bir bitkidir. Taze veya işlenmiş formda yaygın tüketilen alıç, insan sağlığı açısından önemli bahçe ürünlerinden biridir. Bu çalışmada, taze Alıç (*Crataegus spp.*) meyvesinin hasadı, taşınması, iletilmesi, depolanması ve işlenmesinde kullanılacak mekanizasyon araçlarının tasarımı için ihtiyaç duyulan meyvenin boyut, geometrik ortalama çap, küresellik, yuvarlaklık, ağırlık, hacim, yığılma açısı, renk, sürtünme kuvveti gibi bazı mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan Alıç meyvesi için ortalama genişlik ve uzunluk değerleri sırasıyla 15.578 mm ve 17.00 mm olarak bulunmuştur. Kalınlık ve genişlik aynı olduğundan aritmetik ve geometrik ölçümler için bu iki değişken için aynı değerler kullanılmıştır. Bir adet meyvenin ortalama ağırlığı 2.54 g olarak ölçülürken, aynı tanenin ortalama tane hacim değeri ise 3.04 cm³ olarak bulunmuştur. Küresellik değeri %94.38, yuvarlaklık değeri %91.70 ve yüzey alanı ise 50.48 mm² olarak bulunmuştur. Porozite değeri ise %27.91 olarak hesaplanmıştır. Renk ölçümleri sonucunda elde edilen CIELAB değerlerine göre alıç meyvesinin orta parlaklık düzeyinde hafif kırmızı ton barındıran yoğun sarı renkte olduğu belirlenmiştir. Malzemelerin yığılma açısı kullanılan yüzey malzemesinden etkilenmemiştir. Aralarındaki fark istatistik açıdan önemsiz (p> 0.05) olmuştur. Statik ve dinamik sürtünme katsayılarına ilişkin yapılan varyans analiz sonuçlarına göre yüzey malzemeleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmuştur (p<0.05). Kauçuk yüzeyde en düşük statik ve kinetik sürtünme katsayısı elde edilirken PVC yüzeyde en yüksek statik ve kinetik sürtünme katsayıları elde edilmiştir. Hızlar arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemli olmuştur. Yani hız artışı statik ve kinetik sürtünme kat sayılarını etkilemiştir. Hız artışına bağlı olarak hem statik hem de dinamik sürtünme katsayılarında artış meydana gelmiştir. Hız değerleri grupları arasındaki fark incelendiğinde, en düşük statik ve dinamik sürtünme katsayısı 5 mm s⁻¹ hızda sırasıyla 0.744 ve 0.711 olarak elde edilmiş, en yüksek statik ve dinamik sürtünme katsayısı ise 25 mm s⁻¹ hızda 0.891 ve 0.852 olarak elde edilmiştir.

Article Info

Received date : 26.06.2025
Revised date : 11.88.2025
Accepted date : 13.08.2025

Keywords:

Hawthorn
Physical-mechanical properties
Design

How to Cite:

Sessiz, A., Çevik, F.S., Solmaz, N., Karaer, E.L.
(2025). "Some Engineering Properties of
Hawthorn Fruit", *Journal of Agricultural
Machinery Science*, 21(2): 104-120.

ABSTRACT

Hawthorn (*Crataegus spp.*) is a tree-like plant that grows naturally in mountainous areas. Widely consumed fresh or processed, hawthorn is one of the most important horticultural products for human health. In this study, some engineering properties of fresh hawthorn (*Crataegus spp.*) fruit, such as size, geometric mean diameter, sphericity, roundness, weight, volume, angle of accumulation, color, and friction force, were determined for the design of mechanization tools for harvesting, transporting, conveying, storing, and processing. The average width and length values for the hawthorn fruit used in the study were found to be 15.578 mm and 17.00 mm, respectively. Because the thickness and width were the same, the same values were used for these two variables for arithmetic and geometric measurements. The average weight of a fruit was measured as 2.54 g, while the average berry volume was found to be 3.04 cm³. The sphericity value was found to be 94.38%, the roundness value was found to be 91.70% and the surface area was found to be 50.48 mm². The porosity value was calculated as 27.91%. According to the CIELAB values obtained as a result of color measurements, the hawthorn fruit was determined to be intense yellow with a slight red tone at a medium brightness level. The stacking angle of the materials was not affected by the surface material used. The difference between them was statistically insignificant (p> 0.05). According to the variance analysis results performed on the static and dynamic friction coefficients, the difference between the surface materials was statistically significant (p<0.05). While the lowest static and kinetic friction coefficients were obtained on the rubber surface, the highest static and kinetic friction coefficients were obtained on the PVC surface. The difference between the speeds was statistically significant. In other words, the increase in speed affected the static and kinetic friction coefficients. An increase occurred in both static and dynamic friction coefficients depending on the increase in speed. When the difference between the speed values was examined, the lowest static and dynamic friction coefficients were obtained as 0.744 and 0.711 at 5 mm s⁻¹ speed, respectively, while the highest static and dynamic friction coefficients were obtained as 0.891 and 0.852 at 25 mm s⁻¹ speed.

1. GİRİŞ

Alıç (*Crataegus spp.*), Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Ortadoğu, Çin, Asya ülkeleri başta olmak üzere çoğu ülkede dağlık ve ormanlık alanlarda doğal olarak yetişen, gülgiller (Rosaceae) familyasına ait, küçük boylu, dikenli, çalı formunda veya ağaççık şeklinde bir bitkidir (Özcan ve ark., 2005; Khanali ve ark., 2017; Zandi ve ark., 2021; Wei ve ark., 2024). Meyveleri yuvarlak ve turuncu renkli olup hafif ekşimsidir. Türkiye'de en çok "Alıç" olarak bilinen *Crataegus* türü, Türkiye'nin birçok bölgesine özgüdür. Türkiye genelinde yetişen yaklaşık 20 tür ve alt tür olduğu ifade edilmektedir (Dokumacı ve ark., 2021). Ülkemizdeki yerel türlerin çoğu meyvelerini sonbaharın başından ortasına kadar olgunlaştırır (Özcan ve ark., 2005; Zandi ve ark., 2021). Taze veya işlenmiş formda en yaygın tüketilen alıç, insan sağlığı açısından önemli bahçe ürünlerinden biridir. Alıç meyvesi taze olarak tüketildiği gibi reçel, şarap, meyve suyu ve sirke gibi çeşitli amaçlar için tüketilmektedir. Ayrıca, bir tıbbi ve yenilebilir meyve olarak, alıç meyvesi, benzersiz aroması, çekici rengi, bol miktarda besin maddesi ve biyoaktif bileşenleri nedeniyle taze olarak veya konserve ürünler, reçeller, jeller ve meşrubatlarda işlenerek yaygın olarak tüketilmektedir (Roman ve ark., 2021). Alıç meyvelerindeki tüm bileşenler arasında, pektin, antioksidan, anti glikasyon, hipolipidemik ve probiyotik aktivitelerin yanı sıra geniş bir anti bakteriyel aktivite spektrumu da dahil olmak üzere olağanüstü biyolojik etkilere sahip doğal ve sağlıklı işlevsel bir bileşenin yeni bir kaynağıdır (Roman ve ark., 2021; Li ve ark., 2021; Wei ve ark., 2024). Ayrıca Alıç meyvesi kardiyovasküler koruma, endotel bağımlı vazorelaksasyon, koroner dolaşımın iyileştirilmesi ve hipolipidemik gibi insan sağlığını koruyucu etkilere sahiptir (Özcan ve ark., 2005; Roman ve ark., 2021). Yerli türlerimizin meyveleri, özellikle yüksek tansiyon ve zayıf kalp rahatsızlıklarının tedavisinde sıklıkla kullanılmaktadır (Baytop, 1984; Özcan ve ark., 2005). Nitekim Alıç meyvesinin kimyasal içerik, gıdasal faydalar ve insan sağlığına olan etkileri ile ilgili yürütülen çoğu çalışmada alıç meyvelerinin antioksidan bileşenlerinin iyi bir kaynağı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca içeriğindeki zengin flavonoidler, antioksidan özellikler, kuersetin, kateşin ve C vitamini nedeniyle önemli bir tıbbi bitki olmanın yanı sıra lezzeti, çekici rengi ve birçok makro ve mikro besin maddesinin yüksek içeriği nedeniyle birçok işlenmiş gıda ürününün önemli bir bileşenidir. Bu yüzden uygun koşullarda depolanmalıdır. Uygun olmayan depolama koşulları, Alıç meyvelerinde önemli derecede kalite kaybına yol açar. Meyve ile ilgili yeterli bilgiye sahip olunmadığı zaman tüketicinin meyve seçimini ve dolayısıyla tüketimini etkilemektedir. Hasat sonrası meyve kalitesinde oluşabilecek değişikliklerin tahmin edilebilmesi için öncelikli olarak depolama koşullarının bir fonksiyonu olan Alıç meyvesinin renk, sertlik, boyut veya ağırlık gibi bazı kalite göstergelerinin yanı sıra dayanımı hakkında bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır (Zandi ve ark., 2021). Depolama koşullarında birçok biyokimyasal ve fizyolojik süreçte oluşan solunum ve terleme sonucunda meyve olgunlaşmasına da bağlı olarak değişiklikler meydana gelmektedir. Ayrıca, bu değişiklikler meyvenin maruz kaldığı dış koşullara da bağlıdır.

Anlaşılabileceği gibi birçok yönde değerli olan Alıç meyvelerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan mühendislik çalışmalarının sınırlı olduğu görülmüştür. Ülkemizde Özcan ve ark. (2005), Dursun ve ark. (2021), Dokumacı ve ark. (2021) tarafından Alıç meyvesinin bazı özellikleri incelenmiştir. Oysa tarım dışı arazi koşullarında herhangi bir girdiye gereksinim duyulmadan doğal olarak yetişen ve başta sağlık olmak üzere birçok alanda önemli olan bu bitkinin meyvelerinin hasadı, taşınması, depolanması ve işlenmesinde kullanılan ekipmanın tasarımı için meyvenin fiziksel ve mekanik bazı özelliklerinin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Çünkü tarımsal ürünlerin fiziksel ve mekanik özellikleri, ekim, hasat-harman ve özellikle hasat sonrası ilgili endüstrilerin tarımsal makina ve taşıma

ekipmanlarının tasarımı ve imalatının yanı sıra tarımsal ürünlerin sınıflandırılması ve işlenmesinde sıkça dikkate alınan temel parametrelerdir. Bazı fiziksel özellikler, temel boyutlar (uzunluk, genişlik ve kalınlık), kütle, geometrik ortalama çap, küresellik ve sürtünme katsayılarıdır. Ürünlerin özelliklerinin farklı olması nedeniyle bu parametrelerden bağımsız olarak tasarlanan ve imal edilen tarımsal makinalar çeşitli olumsuzluklara yol açmaktadır (Özarslan, 2002; Nesvadba ve ark., 2004; Jalilantabar ve ark., 2013; Ghodki ve Goswami, 2016; Shafaei ve Kamgar, 2017). Temel boyutlarının yanı sıra statik ve kinetik sürtünme kuvveti ve bunlara bağlı olarak hesaplanan sürtünme katsayılarının farklı yüzey malzemelerinde belirlenmesi bu nedenle önemlidir, çünkü malzemelerin yüzey özellikleri taşınan her ürün için farklı sürtünme direnci gösterebilmektedir. Ancak, tarımsal amaçlı kullanılan taşıma, depolama, ayırma, temizleme yapılarında kullanılan malzemeler farklılıklar gösterdiğinden sürtünme özellikleri de ürün nem içeriği, yüzey malzemesi ve koşulları, taşınma veya depolama sırasında uygulanan basınç ve ürünün yüzey malzemesi üzerinde çekilme hızlarına bağlı olarak değişmektedir (Mohsenin, 1986; Puchalski ve ark., 2003; Çalışkan ve Vursavuş, 2009; Bakhtiari ve ark. 2011; Sologubik ve ark., 2013; Shafaei ve Kamgar, 2017). Bu nedenle sürtünme kayıplarını azaltmak ve verimliliği artırmak için değişik yüzeyler için sürtünme özelliklerinin farklı koşullarda belirlenmesi bu tür yapıların tasarımı için önemlidir (Mohsenin, 1986; Alayunt, 2000; Amin ve ark., 2004; Obi ve Offorha, 2015; Shafaei ve Kamgar, 2017). Sürtünme konusunda çok çalışma olmasına rağmen alıç meyvesinin fiziksel ve sürtünme özelliklerinin belirlenmesine yönelik sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Ülkemizde Alıç meyvesinin yaygın olarak yetiştiği bölgelerden birisi de Güneydoğu Anadolu Bölgesidir. Bölgede başta Diyarbakır ve Mardin illerinin kırsalında doğal olarak yetişmekte ve yöre halkı tarafından farklı şekilde sevilerek tüketilmektedir. Özellikle sonbaharda şehir merkezlerinde tezgahlarda yerini alan ilginç meyvelerden birisidir. Bu yüzden bu meyvenin hasadı, taşınması, temizlenmesi, sınıflandırılması, derecelendirilmesi, kurutulması, depolanması, paketlenmesi ve hasat sonrası farklı amaçlar için işlenmesinde kullanılacak makinaların tasarımı için bu meyvenin fiziksel özelliklerinin bilinmesi doğru bir tasarı için gereklidir.

Bu nedenle, gelecekte bu meyveden farklı şekilde yararlanma ve sanayi sektöründe değerlendirilmesi için bu çalışma yapılmıştır. Çalışmanın amacı, doğada kendiliğinden yetişen ve Anadolu'da Alıç olarak bilinen bitkinin meyvenin fiziksel özelliklerini, sürtünme kuvveti ve katsayılarını farklı malzeme yüzeyleri ve farklı çekilme hızlarına bağlı olarak belirlemek ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda çoklu regresyon eşitliklerinin geliştirilmesidir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Bitkisel Materyal

Doğal olarak yetişen taze alıç meyveleri (Şekil 1), Eylül 2024 yılında Mardin ilinde tezgah satıcısı aracılığı ile doğrudan üreticiden ve hasattan hemen sonra temin edilmiştir. Meyveler, denemelere başlayana kadar yaklaşık bir ay Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünün laboratuvarında bulunan buzdolabında +4°C derece sıcaklıkta plastik kaplarda muhafaza edilmiştir. Deneme öncesinde buzdolabından çıkarılan meyveler plastik kaplardan alınıp paslanmaz bir zemine serilerek oda sıcaklığına gelmesi için yaklaşık 1 saat bekletilmiştir. Meyve tanelerinin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla tane uzunluğu (mm), genişliği (mm), kalınlığı (mm) 0.01 mm hassasiyetle ölçüm yapan dijital kumpas, tane ağırlığı (g) 0.001 g hassasiyetle çalışan hassas bir terazi ve tane hacmi (ml) ölçü silindiri kullanılarak belirlenmiştir. Nem içeriği ölçümü için her testte 25 gramlık örnekler 3 tekrarlı olarak hazırlanarak tartılmış ve 103°C'de 24 saat fırında kurutulmaya bırakılmıştır (Altuntas ve ark., 2005; Aviara ve ark., 2015; Obi ve Offorha, 2015; Sessiz ve ark., 2018).

Kurutmadan sonra örnekler tekrar tartılarak meyve nem içerikleri belirlenmiştir. Örneklerin ortalama nem içeriği (y.b.) %61.44 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 1. Taze Alıç Meyveleri

2.2. Boyut Özellikleri

Alıç meyvesinin; tane uzunluğu (mm), genişliği (mm), kalınlığı (mm), tane ağırlığı (g), tane hacmi (cm³), aritmetik ortalama çapı (mm), geometrik ortalama çapı (mm), küresellik değeri (%), porozitesi (%), yığılma açısı (θ), yüzey alanı (mm²), renk özellikleri ve farklı yüzeyler için sürtünme kuvveti ve katsayıları belirlenmiştir. Fiziksel özellikler için aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Mohsenin, 1986; Deshpande ve ark., 1993; Alayunt, 2000; Kaleemullah ve Gunasekar, 2002; Çalışır ve Aydın, 2004; Wilhelm ve ark., 2004; Özcan ve ark., 2005; Altuntaş ve Yıldız, 2007; Koochehi ve ark., 2007; Kashaninejad ve ark., 2008; Boac ve ark., 2009; Sologubik ve ark., 2013; Figueiredo ve ark., 2011; Zielinska ve ark., 2012; Wandkar ve ark., 2012; Özlü ve Güner, 2016; Ndukwu ve Ejirika., 2016; Shafaei ve Kamgar, 2017). Meyvelerin üç ana boyutu (uzunluk, genişlik ve kalınlık) için 25 adet meyve dijital bir kumpasla ölçülmüştür. Ortalama aritmetik çap (D_a), geometrik ortalama çap (D_g), küresellik ($\emptyset$), yuvarlaklık (R), porozite (P), yığılma açısı (θ) ve yüzey alanı (S_a) hesaplanmasında kullanılan eşitlikler Eş (1-8)'de verilmiştir.

$$D_a = \frac{L + W + T}{3} \quad (1)$$

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (2)$$

Genişlik ve kalınlık ölçüleri eşit olduğundan;

$$D_g = (L \times D^2)^{1/3} \text{ formülü kullanılmıştır.} \quad (3)$$

$$\emptyset = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \times 100 \quad (4)$$

$$R = \frac{W}{L} \times 100 \quad (5)$$

$$P = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t}\right) \times 100 \quad (6)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{2H}{D} \right) \quad (7)$$

$$S_a = \pi(LWT)^{1/3} \quad (8)$$

Burada,

Semboller ve Anlamları	
D_a : Ortalama Aritmetik Çap (mm)	ρ_t : Gerçek Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)
D_g : Geometrik Ortalama Çap	ρ_b : Tane Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)
$\emptyset$: Küresellik (%)	P : Porozite (%)
θ : Yığılma Açısı (°)	μ_s : Statik Sürtünme Katsayısı
R : Yuvarlaklık (%)	μ_k : Kinetik Sürtünme Katsayısı
S_a : Yüzey Alanı (mm ²)	F_s : Statik Sürtünme Kuvveti (N)
L : Uzunluk (mm)	F_k : Kinetik Sürtünme Katsayısı (N)
W : Genişlik (mm)	w : Kutu ağırlığı + Meyve ağırlığı (N).

2.3.Yığılma açıları

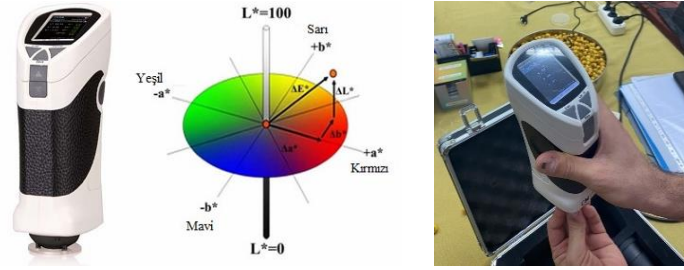
Farklı malzemelerin yüzeylerinde yığılma açılarını belirlemek amacıyla 100 mm çapında ve 500 mm yüksekliğinde krom malzemeden yapılmış bir silindir kullanılmıştır (Şekil 2). Silindire konulan alıç meyveleri kontrollü bir şekilde yukarıya doğru kaldırılarak ürünün malzeme üzerinde kayması sağlanmıştır. Yığılma açıları, çekilme sonunda oluşan yığının yüksekliği ve kullanılan malzemelerin dağılma çapına bağlı olarak ve Şekil 2’de görülen dijital açı ölçer kullanılarak belirlenmiştir (Wandkar ve ark., 2012; Dhineshkumar ve ark., 2015; Ghodki ve Goswami, 2016; Sessiz ve ark., 2019).



Şekil 2. Silindir ve Dijital açı ölçer

2.4.Renk Özellikleri

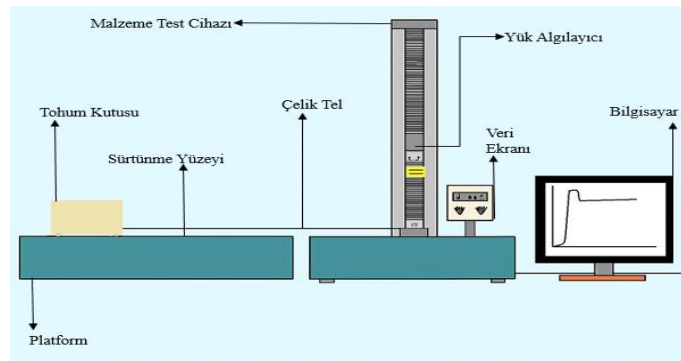
Renk skalası olan L*, a* ve b* değerlerinin ölçümlerinde Şekil 3’de görülen CM11P marka renk ölçer kullanılmıştır. Burada, L* değeri beyazlık veya siyahlık derecesini (0’dan 100’e doğru beyazlık artar) göstermektedir. a* değeri yeşilden kırmızıya doğru (+a ise kırmızı oranı, -a ise yeşil oranı artar), b* değeri sarıdan maviye doğru olan (+b ise sarı oranı, -b ise mavi oranı artar) renk değişiminin göstergesidir. Ölçümler için alıç meyvesi numune kabına doldurulmuş ve cihaz doğrudan tohumların yüzeyine temas edecek şekilde ölçümler yapılmıştır. Bu işlem 10 kez tekrar edilmiş ve ortalamaları alınmıştır (Zielinska ve ark., 2012; Sessiz ve ark., 2019).



Şekil 3. CM11P dijital renk ölçer

2.5. Sürtünme Özellikleri

Sürtünme özelliklerini belirlemek için üç üniteden oluşan bir test düzeneği özel olarak oluşturulmuştur (Şekil 4). Bu üniteler; ürün kabı, sürtünme yüzeyi ve veri ölçüm düzeneğidir. Alıç meyvelerinin konulduğu kutunun alt kısmı açık bırakılmış ve yüzeye temasını önlemek için kutunun altına raylı bir düzenek yerleştirilmiştir (Şekil 4). Sürtünme deneyleri %61.44 meyve nem içeriğinde, kauçuk, krom, galvanizli sac ve PVC olmak üzere 4 farklı yüzey malzemesinde ve 5, 10, 15, 20 ve 25 mm s⁻¹ (Lorestani, 2012; Esgici ve ark., 2018) olmak üzere 5 farklı sabit çekilme hızlarında yürütülmüştür. Meyve kutusu 250 x 250 x 90 mm boyutlarında olup, meyvelerin yüzeyler üzerinde çekilme işlemi ve sürtünme kuvvetlerinin ölçümü Şekil 4’de görülen çeki-basıya çalışan 2500 N kapasiteye sahip Llyod Plus marka test cihazı ve düzeneği kullanılmıştır.



Şekil 4. Sürtünme kuvveti ölçme düzeneği ve Llyod test cihazı.

Her yüzey malzemesi için yapılan testlerin verileri cihaz tarafından otomatik olarak kuvvet-yer değiştirme grafikleri şeklinde kaybedilmiştir. Çekilme işlemi 50 cm’lik mesafede kutunun harekete başladığı en yüksek kuvvet değeri statik sürtünme kuvveti olarak, pikten sonra düşen ve normal hareket halinde ölçülen ortalama sürtünme değerleri kinetik sürtünme kuvveti olarak dikkate alınmıştır. Statik ve kinetik sürtünme kuvveti değerler için çekilme süreleri boyunca ölçülen değerlerden 25 ölçümün ortalaması bir tekerrür olarak hesaplanmıştır. Analizler 4 farklı yüzey ve 5 farklı çekilme hız değeri için ve 3 tekerrür olacak şekilde yapılmıştır. Statik ve kinetik sürtünme katsayıları aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (Mohsenin, 1986; Chandrasekar ve Viswanathan, 1999; Alayunt, 2000; Balasubramanian, 2001; Blau, 2001; Amin ve ark., 2004; Sessiz, 2007; Çalışkan ve Vursavuş, 2009; Aviara ve ark., 2015., Sessiz ve ark., 2019). Statik ve kinetik sürtünme katsayıları sırasıyla Eş (9) ve Eş(10) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\mu_s = \frac{F_s}{W} \quad (9)$$

$$\mu_k = \frac{F_k}{W} \quad (10)$$

Burada,

μ_s = Statik sürtünme katsayısı,

μ_k = Kinetik sürtünme katsayısı,

F_s = Statik sürtünme kuvveti (N),

F_k = Kinetik sürtünme kuvveti (N),

w = Kutu ağırlığı+ Alıç ağırlığı (N).

2.6. İstatistik Analizi

Elde edilen veriler yani sonuçlar SPSS 27.0.1 programı kullanılmıştır. Analizlerin tamamında %5 hata payına göre analiz yapılmıştır. Yüzey ve hız faktörünün etkilerinin belirlenmesi için öncelikle tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Önemlilik değerinin 0.05'ten küçük olduğu değerler için gruplar arası farkın belirlenmesi açısından Tukey analizi uygulanmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Alıç meyvesine ait ölçülen boyut ve diğer fiziksel özelliklerine ilişkin ölçülen ortalama değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi Alıç meyvesi için ortalama genişlik ve uzunluk değerleri sırasıyla 15.58 mm ve 17.00 mm olarak bulunmuştur. Kalınlık ve genişlik değerleri aynı olduğundan aritmetik ve geometrik ölçümler için bu iki değişkenin değerleri aynı alınmıştır. Bir adet meyvenin ortalama ağırlığı 2.54 g olarak ölçülürken, aynı tanenin ortalama tane hacim değeri ise 3.04 cm³ olarak bulunmuştur. Küresellik değeri %94.38, yuvarlaklık değeri %91.70 ve yüzey alanı ise 50.48 mm² olarak bulunmuştur. Gerçek (1adet) hacim ağırlığı (g cm⁻³) 0.86, hacimsel (yığın) ağırlık (g cm⁻³) 0.62 olarak hesaplanmıştır. Gerçek tane hacim ağırlığı ve meyve yığın hacim ağırlığından hesaplanan ve depo yapıları için gerekli olan porozite değeri ise %27.91 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Alıç Meyvesinin Fiziksel Özelliklerine İlişkin Ölçülen Ortalama Değerler

Özellik	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı
Genişlik (mm)	15.57	0.94	6.04
Uzunluk (mm)	17.00	0.74	4.35
Ağırlık (g)	2.54	0.33	12.99
Hacim (cm ³)	3.04	0.71	23.36
Geometrik Orta Çap(mm)	16.50	0.82	4.97
Aritmetik Ortalama Çap (mm)	16.29	0.75	4.60
Küresellik (%)	94.38	2.42	2.56
Yuvarlaklık (%)	91.70	3.49	3.80
Yüzey Alanı (mm ²)	50.48	238	4.71
Gerçek (1 adet) Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	0.86	0.15	17.44
Hacimsel (Yığın) Ağırlık (g cm ⁻³)	0.62	0.01	1.61
Porozite (%)	27.91	0.62	2.22

Her yüzey malzemesi için ölçülen yığılma açılarının hem açılış değerleri ve eşitlik kullanılarak hesaplanan değerler Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi iki ölçüm yöntemi arasında belirgin bir fark oluşmamıştır. Yöntemler arasında oluşan ± 2 fark normal sayılmaktadır. Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre de malzemelerin yığılma açısına etkisinin istatistiksel açıdan önemsiz ($p > 0.05$) olmuştur. Yani yüzey malzemeleri arasında istatistiksel olarak bir fark oluşmamıştır.

Çizelge 2. Alıç Meyvesinin Farklı Yüzeylerdeki Yığılma Açıları

Malzeme	Açı Ölçer (°)			Yığılma Açısı (°)		
	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı
Galvaniz	21.77	1.66	7.63	20.36	2.72	13.36
Krom	22.80	5.89	25.83	20.74	3.35	16.15
Kauçuk	21.10	3.41	16.16	22.89	0.49	2.14
PVC	19.45	0.40	2.06	18.76	1.13	6.02

Denemelerden elde edilen sürtünme kuvvetleri değerlerinden hesaplanarak elde edilen statik ve dinamik sürtünme katsayılarına ilişkin ölçülen veriler Çizelge 3'te verilmiştir. Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre yüzey malzemeleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmuştur ($p < 0.05$). Tukey analiz sonuçlarına göre iki alt grup oluşmuştur. Aynı grup içerisinde yer alan kauçuk ve krom yüzeyler ile galvanizli sac ile PVC malzemeler arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Yapılan analizlere göre hem statik hem dinamik sürtünme katsayıları için aynı sonuç elde edilmiştir. Kauçuk ve krom yüzeyler 1. grubu oluştururken galvaniz ve PVC yüzeyler 2. grubu oluşturmuştur. Kauçuk yüzeyde en düşük statik ve kinetik sürtünme katsayısı elde edilirken PVC yüzeyde en yüksek statik ve kinetik sürtünme katsayıları elde edilmiştir.

Çizelge 3. Yüzey Faktörü Tukey Analiz Sonuçları (SPSS)

Statik Sürtünme Katsayısı			Dinamik Sürtünme Katsayısı		
Yüzey malzemesi	P = 0.05		Yüzey malzemesi	P = 0.05	
	N	1 2		N	1 2
Kauçuk	15	0.7396 ^b	Kauçuk	15	0.6970 ^b
Krom	15	0.7863 ^b	Krom	15	0.7468 ^b
Galvaniz	15	0.8606 ^a	Galvaniz	15	0.8218 ^a
PVC	15	0.8851 ^a	PVC	15	0.8579 ^a

Alıç meyvesinin sürtünme katsayısının çekilme hızlarına göre değişimi Çizelge 4'te verilmiştir. Yapılan varyans analizlerine göre çekilme hızının sürtünme katsayılarına etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$ Hız artışı statik ve kinetik sürtünme katsayılarını etkilemiştir ve bu etki istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Tukey analiz sonuçlarına göre 3 alt grup oluşmuştur (Çizelge 4). 5 ile 10 mm s⁻¹, 10 ile 15 mm s⁻¹, 15, 20 ve 25 mm s⁻¹ hız değerleri arasındaki fark önemsiz bulunurken, hız artışına bağlı olarak hem statik hem de dinamik sürtünme katsayılarında artış meydana gelmiştir. Hız değerleri grupları arasındaki fark incelendiğinde en düşük statik ve dinamik sürtünme katsayısının 5 mm s⁻¹ hızda sırasıyla 0.744 ve 0.711 olarak elde edilirken en yüksek statik ve dinamik sürtünme katsayısının 25 mm s⁻¹ hızda 0.891 ve 0.852 olarak elde edilmiştir. Sürtünme özelliklerinin yüzey malzemesi ve ürünün yüzey malzemesi üzerinde çekilme hızlarına bağlı olarak değişim gösterdiğini Mohsenin (1986), Alayunt (2000), Puchalski ve ark., (2003), Çalışkan ve Vursavuş, (2009), Bakhtiari ve ark., (2011), Sologubik ve ark., (2013), Shafaei ve Kamgar (2017) tarafından da ifade edilmiştir.

Çizelge 4. Hız Faktörü Tukey Analiz Sonuçları (SPSS)*

<i>Statik Sürtünme Katsayısı</i>				<i>Kinetik Sürtünme Katsayısı</i>			
<i>Tukey HSD^a</i>				<i>Tukey HSD^a</i>			
<i>Hız (mm s⁻¹)</i>	<i>N</i>	<i>P = 0.05</i>		<i>Hız (mm s⁻¹)</i>	<i>N</i>	<i>P = 0.05</i>	
		<i>1</i>	<i>2</i>			<i>1</i>	<i>2</i>
5	15	0.74467		5	15	0.71133	
10	15	0.77833	0.77833	10	15	0.74633	0.74633
15	15		0.82000	15	15	0.78058	0.78058
20	15		0.85508	20	15		0.81383
25	15		0.89150	25	15		0.85242

*Aynı grupta yer alan ortalamalar arasında fark yoktur.

Farklı yüzey malzemeleri ve farklı çekme hızlarında oluşan statik ve kinetik sürtünme katsayıları Çizelge 5'te toplu olarak verilmiştir. Kauçuk yüzey, 5 mm s⁻¹ hızda en düşük statik ve kinetik sürtünme katsayıları elde edilirken, PVC yüzey ve 25 mm s⁻¹ hızda en yüksek statik ve dinamik sürtünme katsayıları elde edilmiştir. Her yüzey için hız faktörüne varyans analizi uygulandığında önemlilik değerleri 0.05'ten (p<0.001) küçük olarak hesaplanmıştır. Gruplar arası fark anlamlıdır ve bu sonuca göre hız tüm yüzeylerde, statik ve dinamik sürtünme katsayılarını etkilemiştir. Hız faktörünün etkilerinin incelenmesi için Tukey analizi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre krom yüzeyde hız faktörü için dinamik sürtünme katsayısı adına 4 farklı grup oluşmuştur ve 3 numaralı grup içerisinde 15 ve 20 mm s⁻¹ hız değerleri yer almıştır. Galvaniz yüzeyde hız faktörü için dinamik sürtünme katsayısı adına 4 farklı grup oluşmuştur ve 4 numaralı grup içerisinde 20 ve 25 mm s⁻¹ hız değerleri yer almıştır. PVC yüzeyde hız faktörü için statik sürtünme katsayısı adına 3 grup oluşmuştur. 1 numaralı grup içerisinde 5 ve 10 mm s⁻¹ hız değerleri ve 2 numaralı grup içerisinde 15 ve 20 mm s⁻¹ hız değerleri yer almıştır. Aynı grup içerisinde yer alan değerler için fark istatistiki açıdan önemsizdir. Bahsedilen değerler hariç diğer yüzeylerde her hız değeri statik ve kinetik sürtünme katsayıları için ayrı gruplarda yer almıştır. Sonuç olarak hız her yüzey için önemlidir ve istatistiki açıdan ciddi bir önem taşımaktadır. Hız arttıkça statik ve dinamik sürtünme katsayılarında artış olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. Yüzey ve Hız Faktörü İçin Statik ve Dinamik Sürtünme Katsayıları

<i>Çekilme Hızı</i> <i>(mm s⁻¹)</i>	<i>Statik Sürtünme Katsayısı</i>				<i>Dinamik Sürtünme Katsayısı</i>			
	<i>Kauçuk</i>	<i>Krom</i>	<i>Galvaniz</i>	<i>PVC</i>	<i>Kauçuk</i>	<i>Krom</i>	<i>Galvaniz</i>	<i>PVC</i>
5	0.654	0.706	0.788	0.831	0.619	0.664	0.759	0.803
10	0.694	0.748	0.822	0.849	0.656	0.717	0.789	0.824
15	0.725	0.788	0.872	0.895	0.683	0.757	0.821	0.861
20	0.793	0.826	0.894	0.908	0.740	0.771	0.859	0.885
25	0.833	0.864	0.926	0.942	0.787	0.824	0.881	0.917

Denemelerde kullanılan malzemeler ve hız değerleri için oluşturulan sürtünme değerleri için oluşturulan regresyon eşitlikleri ve çoklu regresyon katsayıları Çizelge 6'da toplu olarak verilmiştir. Regresyon analizleri sonucunda bağımsız parametre olarak seçilen, meyvenin farklı yüzey malzemeleri üzerinde çekilme hızlarının artışına bağlı olarak tüm yüzeylerde sürtünme katsayılarında artış görülmüştür (Sessiz ve ark., 2018).

Çizelge 6. Her Malzeme İçin Hıza Bağlı Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri ve R Değeri

Malzeme	Statik Sürtünme Katsayısı		Dinamik Sürtünme Katsayısı	
	Regresyon Denklemi	R	Regresyon Denklemi	R
Krom	$F_s = 0.668 + 0.040 \times \text{Hız}$	0.981	$F_k = 0.634 + 0.037 \times \text{Hız}$	0.981
PVC	$F_s = 0.801 + 0.028 \times \text{Hız}$	0.966	$F_k = 0.771 + 0.029 \times \text{Hız}$	0.987
Galvaniz	$F_s = 0.756 + 0.035 \times \text{Hız}$	0.988	$F_k = 0.727 + 0.031 \times \text{Hız}$	0.979
Kauçuk	$F_s = 0.602 + 0.046 \times \text{Hız}$	0.988	$F_k = 0.571 + 0.042 \times \text{Hız}$	0.987

CM-11P marka renk ölçer cihazı ile renk özelliklerine ilişkin ölçülen veriler Çizelge 7’de verilmiştir. Alıç yüzey rengi RGB modunda ölçülmüştür ve veriler Microsoft Excel 2016 kullanılarak CIELAB renk uzayına dönüştürülmüştür (Çizelge 2). Renk ölçümleri sonucunda elde edilen CIELAB değerlerine göre alıç meyvesinin L değeri 65.20, a değerinin +3.53, ve b değerinin +57.67 olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlara göre alıç meyvesi orta parlaklık düzeyinde hafif kırmızı ton barındıran yoğun sarı renkte olduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 7. Alıç Meyvesinin Renk Özellikleri

Renk Ölçümü	R	768.00	L (Koyu-Açık)	65.2
	G	616.00	a (Yeşil-Kırmızı)	3.53
	B	190.75	b (Mavi-Sarı)	57.67

4. SONUÇ

Çalışmada fiziksel özellikleri incelenen Alıç meyvesi için ortalama genişlik ve uzunluk değerleri sırasıyla 15.578 mm ve 17.00 mm olarak bulunmuştur. Ortalama bir adet meyvenin ağırlığı 2.54 g olarak ölçülürken, aynı tanenin ortalama tane hacim değeri ise 3.04 cm^3 olarak bulunmuştur. Küresellik değeri %94.38, yuvarlaklık değeri %91.70 ve yüzey alanı ise 50.48 mm^2 olarak bulunmuştur. Gerçek (1adet) hacim ağırlığı (g cm^{-3}) 0.86, hacimsel (yığın) ağırlık (g cm^{-3}) 0.62 olarak hesaplanmıştır. Gerçek tane hacim ağırlığı ve meyve yığın hacim ağırlığından hesaplanan ve depo yapıları için gerekli olan porozite değeri ise %27.91 olarak hesaplanmıştır.

Galvanizli sac, krom, PVC ve kauçuk malzemeler kullanılarak yapılan testler sonucunda elde edilen veriler her farklı malzeme yüzeyi için statik ve kinetik sürtünme özelliklerine ilişkin çoklu regresyon eşitlikleri ve çoklu regresyon katsayıları oluşturulmuştur. Eşitliklerde yer alan kısmi regresyon katsayıları pozitif olanların sürtünme kuvveti ve sürtünme katsayıları değerlerini artırıcı yönde etkilerken, kısmi regresyon katsayısı negatif olanlar azaltıcı yönde etkili olmuştur. Sabit ve kısmi katsayıları yüksek olan galvanizli sac ve kauçuk malzemede sürtünme kuvveti ve katsayıları krom ve PVC malzemeye göre daha yüksek olmuştur. Dolayısıyla, farklı yüzeyler için geliştirilen bu eşitlikler kullanılarak hem statik hem kinetik sürtünme değerleri için deneysel verilere gerek kalmadan tahmini veriler elde edilebilecektir.

Yüzey malzemeleri ve çekilme hızları dikkate alınacak olursa en düşük sürtünme katsayısı değerleri kauçuk ve krom malzemelerde ve 5 mm s^{-1} ile 10 mm s^{-1} çekilme hızlarında elde edilmiştir. Statik ve dinamik sürtünme katsayısı değerleri karşılaştırıldığında tüm malzeme ve hız değerlerinde statik sürtünme katsayısı değerlerinin dinamik katsayıları göre daha yüksek olmuştur.

KAYNAKLAR

- Alayunt, F. (2000). Biyolojik malzeme bilgisi. *EÜ Ziraat Fakültesi Yayınları* No: 541. Ofset Atelyesi.
- Altuntas, E., Özgöz, E., and Ö.F. Taser. 2005. Some physical properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) seeds. *Journal of Food Engineering*, 71: 37–43.
- Altuntaş, E. ve Yıldız, M. (2007). Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. *Journal of Food Engineering*, 78(1), 174–183.
- Amin, M. N., Hossain, M. A., and Roy, C. (2004). Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. *Journal of Food Engineering*, 65, 83–87.
- ASABE. (2006). ASAE S352.2 FEB03, Moisture measurement unground grain and seeds. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*.
- Aviara, N. A., Onaji, M. E., and Lawal, A. A. (2015). Moisture-dependent physical properties of detarium microcarpum seeds. *Journal of Biosystems Engineering*, 40(3), 212–223.
- Bakhtiari, M. R., Ahmad, D., Othman, J., and Ismail, N. (2011). Physical and mechanical properties of kenaf seed. *Applied Engineering in Agriculture*, 27(2), 263–268.
- Balasubramanian, D. (2001). Physical properties of raw cashew nut. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78(3), 291–297.
- Baytop, T. (1984). Treatment with plants in Turkey (in Turkish). *Istanbul University Publication* No. 3255.
- Blau, P.J. (2001). The significance and use of The friction coefficient. *Tribology International* 34: 585–591
- Boac, J. M., Casada, M. E., Maghirang, R. G., and Harner, J. P. (2009). Material and interaction properties of selected grains and oilseeds for modeling discrete particles. *In 2009 ASABE Annual International Meeting*, Reno, Nevada, June 21–24, 2009.
- Chandrasekar, V., and Viswanathan, R. (1999). Physical and thermal properties of coffee. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73, 227–234.
- Çalışır, S., and Aydın, C. (2004). Some physico-mechanic properties of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*, 65(1), 145–150.
- Çalışkan, N., and Vursavuş, K. K. (2009). Washington navel portakalın hasat sonrası işlemlere yönelik fiziksel ve sürtünme özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 5(1), 83–92.
- Deshpande, S. D., Bal, S., and Ojha, T. P. (1993). Physical properties of soybean. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56(2), 89–98.
- Dhineshkumar, V., Ramasamy, D., and Sudha, K. (2015). Physical and engineering properties of pomegranate fruit and arils. *International Journal of Farm Sciences*, 5(3), 89–97.
- Dokumacı, K. Y., Uslu, N., Haciseferoğulları, H., and Örnek, M. N. (2021). Determination of some physical and chemical properties of common hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq. var. *monogyna*). *Erwerbs-Obstbau*, 63(1), 99–106.
- Dursun, A., Çalışkan, O., Güler, Z., Bayazit, S., Türkmen, D., and Gündüz, K. (2021). Effect of harvest maturity on volatile compounds profiling and eating quality of hawthorn (*Crataegus azarolus* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*, 288, Article 110398.

- Esgici, R., Pekitkan, F. G., Güzel, E., and Sessiz, A. (2018). Friction coefficients for Gundelia tournefortii seed on various surfaces. In XIX. World Congress of CIGR, April 22–25, 2018, Antalya, Turkey.
- Figueiredo, A. K., Bäuml, E., Riccobene, I. C., and Nolasco, S. M. (2011). Moisture-dependent engineering properties of sunflower seeds with different structural characteristics. *Journal of Food Engineering*, 102(1), 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.08.003>
- Ghodki, B. M., and Goswami, T. K. (2016). Effect of moisture on physical and mechanical properties of cassia. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1192975. <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1192975>
- Kalamullah, S., and Gunasekar, J. J. (2002). Moisture-dependent physical properties of arecanut kernel. *Biosystems Engineering*, 82(3), 331–338.
- Kashaninejad, M., Ahmadi, M., Daraei, A., and Chabra, D. (2008). Handling and frictional characteristics of soybean as a function of moisture content and variety. *Powder Technology*, 188(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2008.03.004>
- Khanali, M., Heydari, B., and Khakpoor, A. (2017). Some physical and mechanical properties of crataegus fruit. *International Journal of Crop Science and Technology*, 3(1), 1–7.
- Koocheki, A., Razavi, S. M. A., Milani, E., Moghadam, T. M., Abedini, M., Alamatian, S., and Izadkhah, S. (2007). Physical properties of watermelon seed as a function of moisture content and variety. *International Agrophysics*, 21(4), 349–359.
- Li, L., Gao, X. L., Liu, J. G., Chitrakar, B., Wang, B., and Wang, Y. C. (2021). Hawthorn pectin: Extraction, function and utilization. *Current Research in Food Science*, 4, 429–435.
- Lorestani, A. N. (2012). Design and construction of an automatic coefficient of friction measuring device. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14(1), 120–124.
- Mohsenin, N. N. (1986). Physical properties of plant and animal materials (2nd ed.). *Gordon and Breach Science Publishers*.
- Nesvadba, P., Houška, M., Wolf, W., Gekas, V., Jarvis, D., Sadd, P. A., and Johns, A. I. (2004). Database of physical properties of agro-food materials. *Journal of Food Engineering*, 61(4), 497–503.
- Ndukwu, M. C., and Ejirika, C. (2016). Physical properties of wild Persian walnut (*Juglans regia* L.) from Nigeria. *Cogent Food & Agriculture*, 2, 1232849. <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1232849>
- Obi, O. F., and Offorha, L. C. (2015). Moisture-dependent physical properties of melon (*Citrullus colocynthis lanatus*) seed and kernel relevant in bulk handling. *Cogent Food & Agriculture*, 1(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1020743>
- Özcan, M., Haciseferoğulları, H., Marakoğlu, T., Arslan, D. (2005). Hawthorn (*Crataegus* spp.) fruit: Some physical and chemical properties. *Journal of Food Engineering*, 69(4), 409–413.
- Özlü, R. R., and Güner, M. (2016). Farklı nem düzeylerinde kanola tohumlarının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1), 81–90.
- Özarslan, C. (2002). Physical properties of cotton seed. *Biosystems Engineering*, 83(2), 169–174.
- Puchalski, C., Brusewitz, G., and Slipek, Z. (2003). Coefficients of friction for apple on various surfaces as affected by velocity. *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development*, V.

- Roman, L., Guo, M. M., Terekhov, A., Grossutti, M., Vidal, N. P., Reuhs, B. L., and Martinez, M. M. (2021). Extraction and isolation of pectin rich in homogalacturonan domains from two cultivars of hawthorn berry (*Crataegus pinnatifida*). *Food Hydrocolloids*, 113, Article 106476.
- Shafaei, S. M., and Kamgar, S. (2017). A comprehensive investigation on static and dynamic friction coefficients of wheat grain with the adoption of statistical analysis. *Journal of Advanced Research*, 8(4), 351–361.
- Sessiz, A., Esgici, R., and Kızıl, S. (2007). Moisture-dependent physical properties of caper (*Capparis* spp.) fruit. *Journal of Food Engineering*, 79(4), 1426–1431.
- Sessiz, A., Pekitkan, F. G., Esgici, R., and Güzel, E. (2018). Regresyon tekniği kullanılarak kenger (*Gundelia tournefortii*) tohumlarının sürtünme özelliklerinin farklı yüzeyler için belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14(3), 143–148.
- Sessiz, A., Pekitkan, F. G., ve Esgici, R. (2019). Karacadağ yöresi yerel çeltik çeşitlerinin fiziksel ve sürtünme özelliklerinin karşılaştırılması. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2), 357–364. <https://doi.org/10.33202/comuagri.593608>
- Sologubik, C. A., Campañone, L. A., Pagano, A. M., and Gely, M. C. (2013). Effect of moisture content on some physical properties of barley. *Industrial Crops and Products*, 43, 762–767.
- Wandkar, S. V., Ukey, P. D., and Pawar, D. A. (2012). Determination of physical properties of soybean at different moisture levels. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14(2), 138–142.
- Wei, X., Xu, K., Qin, W., Lv, S., and Guo, M. (2024). Hawthorn (*Crataegus pinnatifida*) berries ripeness induced pectin diversity: A comparative study in physicochemical properties, structure, function and fresh-keeping potential. *Food Chemistry*, 455, Article 139703.
- Wilhelm, L. R., Suter, D. A., and Brusewitz, G. H. (2004). Physical properties of food materials. In *Food & Process Engineering Technology* (pp. 23–52). ASAE.
- Zandi, M., Ganjloo, A., and Bimakr, M. (2021). Evaluation of physicochemical characterization of hawthorn (*Crataegus pinnatifida*) during various storage conditions and modeling of changes using kinetic models. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 16(5), 507–523.
- Zielinska, M., Zapotoczny, P., Białobrzewski, I., Żuk-Golaszewska, K., and Markowski, M. (2012). Engineering properties of red clover (*Trifolium pratense* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 69–75.

EXTENDED ABSTRACT

Hawthorn (*Crataegus* spp.) is a tree-shaped plant that grows in mountainous areas. Its fruits are round, orange in color and slightly sour. It grows in most Anatolian provinces, especially in the Southeastern Anatolia region of Türkiye, and also in Middle Eastern countries. Some engineering properties of the fruit need to be known accurately for the design of mechanization equipment to be used in the harvest, transportation, conveyance, storage and processing of the fruits of this plant, which is valuable in many ways. In this study, the dimensional properties of the Hawthorn fruit, as well as the static and dynamic friction coefficients at different surface materials and pulling speeds, were determined. The average width and length values for the Hawthorn fruit used in the study were found to be 15.578 mm and 17.00 mm, respectively. Since the thickness and width were the same, the same values were used for these two variables for arithmetic and geometric measurements. While the average weight of one fruit was measured as 2.54 grams, the average grain volume weight of the same grain was found to be 3.04 cm³. The sphericity value was found to be 94.38%, the roundness value was found to be 91.70% and the surface area was found to be 50.48 mm². The porosity value was calculated as 27.91%.

According to the CIELAB values obtained as a result of color measurements, the hawthorn fruit was determined to be intense yellow with a slight red tone at a medium brightness level. The stacking angle of the materials was not affected by the surface material used. The difference between them was statistically insignificant ($p > 0.05$).

According to the variance analysis results performed on the static and dynamic friction coefficients, the difference between the surface materials was statistically significant ($p < 0.05$). While the lowest static and kinetic friction coefficients were obtained on the rubber surface, the highest static and kinetic friction coefficients were obtained on the PVC surface. The difference between the speeds was statistically significant. In other words, the increase in speed affected the static and kinetic friction coefficients. An increase occurred in both static and dynamic friction coefficients depending on the increase in speed. When the difference between the speed values was examined, the lowest static and dynamic friction coefficients were obtained as 0.744 and 0.711 at 5 mm s⁻¹ speed, respectively, while the highest static and dynamic friction coefficients were obtained as 0.891 and 0.852 at 25 mm s⁻¹ speed.

Introduction and Research Questions & Purpose

Hawthorn (*Crataegus* spp.) is a small, thorny, shrubby or shrub-shaped plant belonging to the Rosaceae family that grows naturally in mountainous and forested areas in many countries, especially in the Southeastern Anatolia Region of Turkey and the Middle East, China, and Asian countries. Its fruits are round and orange in color and slightly sour. Hawthorn, which is most commonly consumed in fresh or processed form, is one of the important garden products in terms of human health.

In order to estimate the changes that may occur in the quality of the fruit after harvest, we must first have the necessary information about some quality indicators such as color, hardness, size or weight of the Hawthorn fruit as a function of storage conditions, as well as its durability. Changes occur depending on the fruit ripening as a result of respiration and transpiration that occur in many biochemical and physiological processes under storage conditions. In addition, these changes depend on the external conditions to which the fruit is exposed.

As can be understood, it has been observed that engineering studies conducted to determine the chemical and physical properties of Hawthorn fruits, which are valuable in many ways, are limited.

There is a need to determine some physical and mechanical properties of the fruit for the design of the equipment used in harvesting, transporting, storing and processing the fruits of this plant, which grows naturally without any input in non-agricultural land conditions and is important in many areas, especially health. Because the physical and mechanical properties of agricultural products are the basic parameters that are frequently taken into consideration in the classification and processing of agricultural products as well as the design and manufacturing of agricultural machinery and transport equipment in the related industries such as planting, harvesting-threshing and especially post-harvest.

One of the regions where hawthorn fruit is widely grown in our country is the Southeastern Anatolia Region. It grows naturally in the rural areas of Diyarbakır and Mardin provinces in the region and is consumed by the local people in different ways. It is one of the interesting fruits that take their place on the stalls especially in the city centers in the fall. Therefore, it is necessary to know the physical properties of this fruit for the transportation of the machines that will be used in the harvest, transportation, cleaning, classification, grading, drying, storage, packaging and processing of this fruit for different purposes after harvest for a correct design. Therefore, this study was conducted to benefit from this fruit in a different way in the future and to evaluate it in the industrial sector. The aim of the study is to determine the physical and friction forces and coefficients of the fruit of the plant known as hawthorn in Anatolia, which grows naturally in nature, depending on different material surfaces and different shrinkage speeds and to develop multiple regression equations as a result of the evaluation of the obtained data.

Methodology

Naturally grown fresh hawthorn fruits were obtained from vendors in Mardin province in September 2024. In order to determine the physical properties of the fruit seeds, seed length (mm), width (mm) and thickness (mm) were determined using a digital caliper with a precision of 0.01 mm, seed weight (g) was determined using a precision balance with a precision of 0.001 g and seed volume (ml) using a measuring cylinder. Moisture content was determined according to the ASABE Standard (Standard S352.2, 2006), and 25 g samples for each test level were weighed in 3 replicates and left to dry in the oven at 103° C for 24 hours (Aviara et al., 2015; Obi and Offorha., 2015). After drying, the samples were weighed again and seed moisture content was determined. The average moisture content (w.b.) was measured as 61.44%. A cylinder made of chrome material with a diameter of 100 mm and a height of 500 mm was used to determine the accumulation angles on different surface materials. CM11P brand colorimeter was used to measure the color scale L^* , a^* and b^* values. A specially designed test setup consisting of three units was created to determine the friction properties. A Llyod Plus brand testing device and mechanism with a capacity of 2.500 N working in tension and compression was used to measure friction forces.

Results and Conclusions

In the study, the average width and length values for the hawthorn fruit whose physical properties were examined were found to be 15.578 mm and 17.00 mm, respectively. The average weight of one fruit was measured as 2.54 g, while the average grain volume weight of the same fruit was found to be 3.04 cm³. The sphericity value was found to be 94.38%, the roundness value was 91.70% and the surface area was found to be 50.48 mm². The real (1 piece) volume weight (g cm⁻³) was calculated as 0.86, and the volumetric (bulk) weight (g cm⁻³) was calculated as 0.62. The porosity value calculated from the real grain volume weight and fruit bulk volume weight and required for storage structures was calculated as

27.91%. The data obtained as a result of the tests conducted using galvanized sheet, chrome, PVC and rubber materials were used to create multiple regression equations and multiple regression coefficients for static and kinetic friction properties for each surface material. Partial regression coefficients in the equations have positive effects on the friction force and friction coefficient values, while those with negative partial regression coefficients have a decreasing effect. In galvanized sheet and rubber materials with high fixed and partial coefficients, the friction force and coefficients were higher than in chrome and PVC materials. Therefore, by using these coefficients developed for different surfaces, estimated data can be obtained without the need for experimental data for both static and kinetic friction values. When surface materials and withdrawal speeds are taken into account, the lowest friction coefficient values were obtained in rubber and chrome materials and at withdrawal speeds of 5 mm s⁻¹ and 10 mm s⁻¹. When static and dynamic friction coefficient values are compared, it is seen that static friction coefficient values were higher than dynamic coefficients in all materials and speed values.

Yazarların Biyografisi



Abdullah SESSİZ

Prof.Dr. Abdullah Sessiz, 1989 yılında Çukurova Üniversitesi Tarım Makinaları Bölümü'nden lisans derecesi ile mezun olmuştur. 1993 yılında Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalında Yüksek Lisansı, 1998 yılında Trakya Üniversitesi FBE Tarım Makinaları Anabilim Dalında doktorasını tamamlamıştır. 1992-1999 yıllarında Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmıştır. Abdullah Sessiz, 1999 tarihinden bu yana Dicle Üniversitesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde görev yapmaktadır. Toprak İşleme Sistemleri, Biyolojik Malzeme Bilgisi, Bitkisel Atık Yönetimi, Hasat ve Hasat sonrası konuları üzerinde çalışmaktadır

İletişim

ORCID Adresi

asesiz@dicle.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-3883-0793>



Fatıma Susen ÇEVİK

2023 yılında Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalında Prof. Dr. Abdullah SESSİZ danışmanlığında yüksek lisans yapmaktadır.

İletişim

ORCID Adresi

ozdemirsusen@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-8409-773X>



Nadide SOLMAZ

2022 yılında Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi bölümünden mezun olmuştur. D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalında Prof. Dr. Abdullah SESSİZ danışmanlığında yüksek lisans yapmaktadır.

İletişim

ORCID Adresi

nadideya@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-5431-6777>



Ezgi Lorin KARAER

2024 yılında Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans yapmaktadır.

İletişim

ORCID Adresi

lorinkaraer@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-2383-4416>