

Araştırma Makalesi
(Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2019, 56 (4):465-474
DOI: [10.20289/zfdergi.535309](https://doi.org/10.20289/zfdergi.535309)

Tuğçe AKÇAKAL¹

Türker SARAÇOĞLU^{2*}

¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın

²Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Koçarlı-Aydın

¹ **Orcid No:** 0000-0002-7507-9484

² **Orcid No:** 0000-0002-4434-4126

sorumlu yazar: tsaracoglu@adu.edu.tr

Anahtar Sözcükler:

Elma, fiziksel özellikler, hidrodinamik özellikler, zedelenme parametreleri

Keywords:

Apple, physical properties, hydrodynamic properties, bruising parameters

Elmanın Bazı Geometrik ve Hidrodinamik Özellikleri ile Zedelenme Parametrelerinin Belirlenmesi

Determination of Some Geometric, Hydrodynamic Properties and Bruising Parameters of Apple

Alınış (Received): 04.03.2019

Kabul Tarihi (Accepted): 22.05.2019

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada; iki yerli elma çeşidi (Arapkızı ve Amasya) meyvelerinin boyut, nem içeriği, kütle, hacim, yoğunluk, küresellik, projeksiyon alanı, yuvarlanma direnç katsayısı gibi fiziksel özellikleri ile elma çeşitlerinin su içerisindeki kritik hızı, sürtünme kuvveti, kaldırma kuvveti gibi hidrodinamik özellikleri ve zedelenme hacmi, zedelenme alanı, absorbe edilen enerji gibi zedelenme parametreleri belirlenmiştir.

Materyal ve Metot: Çalışmada iki farklı elma çeşidi ve her çeşitten 55 adet olmak üzere toplam 110 adet örnek kullanılmıştır. Meyvelerinin boyut, nem içeriği, kütle, hacim, yoğunluk, küresellik, projeksiyon alanı, yuvarlanma direnç katsayısı gibi fiziksel özellikleri ile elma çeşitlerinin su içerisindeki kritik hızı, sürtünme kuvveti, kaldırma kuvveti gibi hidrodinamik özellikleri ve zedelenme hacmi, zedelenme alanı, absorbe edilen enerji gibi zedelenme parametreleri belirlenmiştir.

Bulgular: Boyutsal özellikleri bakımından Arapkızı çeşidi Amasya çeşidinden daha büyüktür. Su içerisindeki kritik hız, sürtünme kuvveti ve kaldırma kuvveti değerleri, Arapkızı çeşidi için sırasıyla 0.414 m.s⁻¹, 0.327 N, 1.874 N olarak, Amasya çeşidi için ise sırasıyla 0.417 m.s⁻¹, 0.264 N, 1.571 N; olarak belirlenmiştir.

Sonuçlar: İki farklı yüzeye çarpma sonucu meyvelerde oluşan zedelenme alanı ve zedelenme hacmi ile düşme yükseklikleri arasında ilişki bulunmuştur. Meyvelerin farklı yüzeylere çarpmaları sonucu absorbe edilen enerji değişimleri, düşme yüksekliği arttıkça artış gösterdiği belirlenmiştir.

ABSTRACT

Object: In this study, physical properties such as, moisture content, size, mass, volume density, sphericity, projection area, rolling resistance coefficient and hydrodynamic properties in water such as terminal velocity, drag force, buoyant force and bruise volume, bruise area, absorbed energy of the apple fruits (Arapkızı and Amasya varieties) were determined.

Material and Methods: In this study, two different apple varieties and for each variety 55 samples and total 110 samples were used. Physical properties such as, moisture content, size, mass, volume density, sphericity, projection area, rolling resistance coefficient and hydrodynamic properties in water such as terminal velocity, drag force, buoyant force and bruise volume, bruise area, absorbed energy of the apple fruits (Arapkızı and Amasya varieties) were determined.

Results: In terms of dimensional properties, the Arapkızı variety is larger than the Amasya variety. Terminal velocity, drag force and buoyant force in water were found as 0.414 ms⁻¹, 0.327 N, 1.874 N for the Arapkızı variety, 0.417 ms⁻¹, 0.264 N, 1.571 N for Amasya variety respectively.

Conclusions: In the case of fruit dropping on the two impact surfaces, a relationship was found between bruise area with volume and drop height. Absorbed energy was increase, with depend on the increasing of the initial height of drop onto different surface..

GİRİŞ

Elma, *Rosales* takımının, *Rosaceae* familyasının, *Pomoideae* alt familyasından *Malus* cinsine girer. *Malus* cinsi içerisinde Asya, Avrupa, Amerika ve diğer ülkelerde yetişen 30'dan fazla türü vardır. Elmanın kültüre ne zaman alındığı bilinmemekte olup, Asya ve Avrupa kıtalarında tarihten önceki çağlardan bu yana yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2009; Özbek, 1978). Elma, ılıman iklim meyve türleri içerisinde Dünya'da üretimi en fazla yapılan türdür. Dünya'da toplam da yaklaşık 5.2 bin ha alanda yapılan elma yetiştiriciliğinden toplam yaklaşık 90 milyon ton ürün alınmaktadır. Türkiye üretim alanı bakımından Dünya'da 5. üretim miktarı açısından ise 3. sırada yer almaktadır (FAO, 2018). Dünya'da ve ülkemizde çeşit yelpazesi en geniş olan meyve türlerinden biri olan elmanın, ülkemizde yaygın olarak Golden Delicious, Starking Delicious, Amasya ve Granny Smith çeşitleri yetiştirilmektedir.

Günümüzde kaliteli ürün üretimi ve ürünün pazara arzı daha önemli hale gelmiştir. Kaliteli ürün ve bu ürünün sunum şekli birbirinden bağımsız işlemlerdir. Sadece kaliteli ürün üretmek artık günümüzde yeterli değildir. Bu kalitenin tasnif ve paketleme sırasında da devamlılık göstermesi pazar politikalarının en gerçekçi ve en önemli kaygılarıdır. Üretilen ürün ne kadar kaliteli olursa olsun kalibrasyonda yaşanan problemler ürün kalitesine olumsuz etki etmekte ve satış sırasında sorunlar oluşturmaktadır. Elma ticaretinde en önemli kriter meyve kalitesidir. Meyve büyüklüğü de meyve kalitesini belirleyen birinci faktördür. Çeşitlere ait ideal büyüklükten küçük ve dev olarak nitelendirilen büyük meyveler üreten üreticiler ekonomik kayıplara uğrayabilmektedir (Atay ve ark., 2009) Meyve seçme işlemleri için Türkiye'de ve Dünya'da çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Dünya'da meyvenin boyutuna, ağırlığına, şekline, rengine, zedelenmesine göre seçme yöntemleri mevcut iken Türkiye de daha çok mekanik sistemlerle meyvenin boyutuna göre seçme yapabilen makineler üretilebilmektedir. Ağırlık ve boyuta göre meyve seçme işlemi yapan sistemlerde lekeli meyveler ayrılammamaktadır. Zedelenme sonucu oluşan lekeli meyveler insan gücüyle ayrılmaktadır. Mekanik zedelenmeler söz konusu ürünün kullanma yeri ve şekline göre az veya çok ekonomik kayıplara yol açar. Bazı çeşitler mekanik hasara karşı dayanıklı oldukları için tercih edilirken, bazıları da yeterli kalite düzeyini sağlayamazlar (Alayunt, 2000).

Zedelenmeler darbe, sıkıştırma gibi statik ve dinamik dış kuvvetlerin etkisiyle oluşmaktadır. Zedelenme, meyvenin, ağaç, zemin-sert yüzeyler veya dış etmenlere

çarpma ve taşımacılık sırasında elmaların hareketlerine bağlı olarak meydana gelmektedir. Bu zedelenmeler sonucu meyve dış yüzeyinde ve iç kısmında hücrel deformasyon geçirir.

Bilindiği gibi tarımsal ürünlerin işlenmesi, temizlenmesi, taşınması ve depolanmasında kullanılan makinaların tasarımı için bu ürünlerin fiziksel özelliklerinin bilinmesi gereklidir (Özarslan, 2002). Örneğin kütle, hacim ve projeksiyon alanı gibi bazı fiziksel parametreler, boyutlandırma sistemlerinin tasarımında önemli kriterlerdir. Isı ve kütle transferlerinin doğru modellenmesi için meyvelerin hacim ve projeksiyon alanlarının bilinmesi gerekmektedir. Kütle, boyut ve projeksiyon alanları arasındaki ilişkinin belirlenmesi ağırlık sınıflandırılmasında kullanılabilir (Kheiralipour et al., 2008). Ayrıca, tarımsal ürünlerin hidrolik yöntemler ile olarak tasnif edilmesi, işlenmesi ve iletimi için hidrodinamik özellikler oldukça önemli özelliklerdir. Bu özellikler ürünün su içerisindeki kritik hızı ve taşıma kanalının karakteristiklerine bağlıdır (Mohsenin, 1986).

Günümüzde meyve işlenmesi, paketlenmesi sınıflandırılması aşamalarında kullanılabilecek tasarım parametrelerine yönelik olarak birçok meyve için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Saraçoğlu ve ark., (2010), limon çeşidi ayva ile yabancı ayva meyvelerinin fiziksel ve hidrodinamik özelliklerini inceleyerek geometrik çap, küresellik, yüzey alanı, projeksiyon alanı, kritik hız, su içindeki sürtünme kuvveti ve kaldırma kuvvet değerlerini elde etmiş ve bu sonuçları karşılaştırarak fiziksel ve hidrodinamik parametreleri arasındaki farkın %1 önem seviyesine göre önemli olmadığını bulmuşlardır. Ayrıca fiziksel özellikler arasında fark olmadığı için hidrodinamik özellikler arasında farkın oluşmadığını belirtmişlerdir. Kheiralipour, et al., (2008), iki elma çeşidinin (Redspar ve Delbarstival), bazı fiziksel ve hidrodinamik özelliklerini inceleyerek; Redspar çeşidinde, uzunluk, genişlik, kalınlık, yüzey alanı ve iz düşüm alanı değerleri Delbarstival çeşidinden daha büyük olduğunu, Redspar çeşidinin küresellik ve en-boy oranı değerlerinin ise Delbarstival çeşidinden daha düşük olduğu belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, Redspar çeşidinin paketleme katsayısı değerinin Delbarstival çeşidinden %15 daha büyük olduğunu ve bu sonucun, Redspar çeşidinin hacminin geniş bir değer aralığı (138.5-424.2 cm³) kaynaklı olduğunu, Redspar çeşidinin su içerisindeki kritik hız değerinin %11 daha fazla olduğunu, ancak yükselme zamanı Delbarstival çeşidinden %8 daha az olduğunu ortaya koymuşlardır Mirzaee et al., (2009), çalışmada Nasiry, Rajabali ve Ghavami kayısı çeşitleri ile oda sıcaklığında

gerçekleştirdikleri çalışmalarında, meyve hacmi ile yoğunluğunu belirlemişler ve kayıpların su içerisinde düşme zamanını aşağıdaki, denklem ile modellemeye çalışmışlardır.

$$T_d = A(\rho_f - \rho_w)^b V^c S_h^d$$

Denklemden düşme zamanını, su ve meyve yoğunlukları, şekil faktörü ve meyve hacminin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Sonuç olarak, meyve yoğunluğunun kayısı çeşitlerinin, su içerisinde düşme zamanı ile ilgili en etkili parametre olduğu ve yaklaşık olarak sabit hacimdeki kayısı meyvelerinin yoğunluklarına göre ayrılacağı sonucuna varılmıştır. Ghaffari et al., (2013), Kuzey-Batı İran elma çeşitleri (Atırlı, Kapak, Kowse ve Paiez) ile yaptıkları çalışmalarında, sıçrama katsayısı, zedelenme çapı, zedelenme enerjisi, zedelenme hacmi ve absorbe edilen enerji gibi değerler ölçülmüştür. Denemelerde elmalar sağlam bir yüzey üzerinde üç değişik yükseklikte (30, 20 ve 10 cm) düşürülmüştür. Sonuç olarak elde edilen parametrelerin, hasat ve hasat sonrası için kullanılan ekipmanların birçoğunun tasarlanmasında faydalı olabileceğine değinilmiştir. Jordan and Clark (2004) çalışmalarında düşük veya yüksek yoğunluğa sahip akışkan içinde gerçekleştirilecek meyve sınıflandırılmasında meyvenin su içerisinde kritik hızının kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bir kanalda su içerisinde hareket eden değişik kritik hızlardaki meyveler kanal içinde farklı derinliklere ulaşmakta ve böylece kanal içinde uygun ayırıcılar yardımıyla ayırma işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Yurtlu ve Erdoğan, (2005), çalışmalarında, depolama süresinin, Williams ve Ankara armut çeşitleri ile Starkspur Golden Delicious ve Starking elma çeşitlerinin bazı mekanik özellikleri ile zedelenme duyarlılıkları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Her iki elma çeşidinin ve Williams armut çeşidinin zedelenme duyarlılıkları artan depolama süresi ile azalma eğilimi gösterirken, Ankara armut çeşidi aynı koşullarda tersi bir eğilim göstermiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, çeşit ve depolama süresi biyolojik akma noktasındaki kuvvet, elastiklik modülü, zedelenme hacmi, absorbe edilen enerji ve zedelenme duyarlılığı değerlerini belirgin olarak etkilemektedir. Ayrıca, düşme yüksekliğinin, Ankara armut çeşidi için zedelenme duyarlılığı üzerinde belirgin olarak etkisi varken, Williams armut çeşidi ve elma çeşitleri üzerinde istatistiksel olarak bir etkisi bulunmamıştır. Afkari-Sayyah ve Shekarbeigi, (2013), elmanın kritik düşme yüksekliği ile zedelenme arasındaki ilişkisini

belirledikleri çalışmalarında meyve sıcaklığının ve çarpma yüzeylerinin zedelenme üzerindeki etkisini ortaya koymaya çalışmışlardır. Sonuçta, her iki faktörün de zedelenme alanının boyutu üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu, sıcaklığın artırılmasıyla, kararma oranının azaldığı belirtilmiştir. Masoudi et al., (2007), Golden Delicious, Red Delicious ve Granny Smith çeşidi elmalarda tek eksenli sıkıştırma testleri yaparak elmanın mekanik özellikleri üzerindeki depolamanın etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak depolama süresinin mekanik özellikler üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada; ülkemizde yetiştirilen iki farklı elma çeşidinin bazı seçilmiş fiziksel özellikleri (boyut, kütle, hacim yoğunluk, küresellik, projeksiyon alanı, statik sürtünme katsayısı), hidrodinamik özellikleri (su içerisindeki kritik hızı, su içindeki sürtünme kuvveti ve kaldırma kuvveti), çarpma parametresi (sıçrama katsayısı) ve zedelenme parametrelerinin (zedelenme alanı ve zedelenme hacmi) belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Çalışmada iki farklı elma çeşidi kullanılmıştır (Arapkızı ve Amasya) (Şekil 1). Elma çeşitlerinin her birinden 55 adet olmak üzere toplam 110 adet örnekten oluşan meyveler polietilen kasalarla taşınarak laboratuvarında denemeler süresince 4°C sıcaklıktaki buzdolabında muhafaza edilmiş, denemelerden önce oda sıcaklığında bekletilerek çalışmalara daha sonra başlanmıştır.

Elma meyvesinin nem içeriğinin belirlenmesi amacıyla meyveler dört eşit parçaya bölünerek 70°C sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar tutulmuş ve kuru baza göre belirlenen nem oranları, Arapkızı çeşidinde %81.66, Amasya çeşidinde ise %80.96 olarak hesaplanmıştır.

Geometrik Özellikler

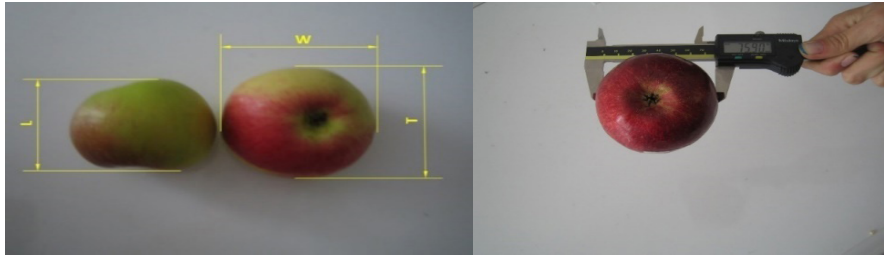
Denemelerde meyve örneklerinin boyut özellikleri bir kumpas yardımıyla Şekil 2'de belirtilen eksenler göz önünde bulundurularak ölçülmüştür.

Projeksiyon alanının belirlenmesi amacıyla, her bir meyvenin iki temel ekseninde 1 cm²'lik kalibrasyon yüzeyleriyle dijital fotoğrafları çekilmiş (Şekil 2) ve Image Tool 3.0 görüntü işleme programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Image Tool 3.0 programı yardımıyla elde edilen verilerden geometrik ortalama çap değeri, küresellik ve yüzey alanı değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla bulunmuştur (Mohsenin, 1986);



Şekil 1. Elma çeşitleri; (a) Arapkızı, (b) Amasya
Figure 1. Apple varieties; (a) Arapkızı, (b) Amasya



Şekil 2. Elma meyvesinin boyutları; uzunluk (L), genişlik (W), kalınlık (T)
Figure 2. Dimensions of apple fruit; length (L), width (W), thickness (T)

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

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

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

Burada;

D_o : Geometrik ortalama çap, mm

L: Uzunluk, mm

W: Genişlik, mm

T: Kalınlık, mm

S_p : Küresellik, %

S: Yüzey alanı, mm²'dir.

Meyve kütlelerinin ölçümü için 0.01 g ölçüm aralığına sahip hassas terazi kullanılmıştır. Meyvelerin hacim değerlerinin bulunması için su taşıma yöntemi kullanılmıştır (Mohsenin, 1986). Meyve yoğunluklarının bulunması için ise aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\rho_f = \frac{M}{V} \quad (4)$$

Burada;

ρ_f : Meyvenin öz kütlesi, kg.m⁻³

M: Meyve kütlesi, kg

V: Gerçek hacim, m³ dür.

Elma meyvesinin plastik (PE), kauçuk, paslanmaz çelik, alüminyum, yüzeyler üzerindeki statik yuvarlanma katsayılarının belirlenmesi amacıyla yüzey eğimi ayarlanabilir test cihazı kullanılmıştır.

Yuvarlanma katsayısı, yüzey eğimine bağlı olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır (Alayunt, 2000);

$$\mu = \tan \alpha \quad (5)$$

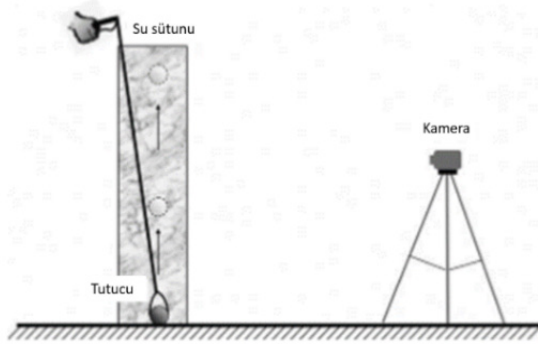
Burada;

μ : Yuvarlanma katsayısı

α : Yüzey eğim açısı (°)'dir.

Hidrodinamik özellikler

Elmanın hidrodinamik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği, Tarımsal Makine Sistemleri Laboratuvarında bulunan 400x400x1500 mm boyutlarında cam malzemeden imal edilmiş su tankı kullanılmıştır. Tank 20 °C sıcaklıkta musluk suyuyla 1400 mm yüksekliğe kadar doldurulmuştur. Her bir meyve tankın dibine, özel bir aparat yardımıyla yatay olacak şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonra meyve serbest bırakılarak su içerisinde yükselmesi 30 fps özellikte



Şekil 3. Su tankı ve kamera
Figure 3. Water column and camera setting

Casio Ixus 40 marka kamera ile kayıt edilmiştir (Şekil 3). Kayıt edilen görüntüler bilgisayar ortamında analiz edilmiş ve meyvenin su sütunu içerisinde yükselme zamanı belirlenerek kritik hızı hesaplanmıştır.

Elma meyvesinin suyun içindeki hareketinde etkili olan kuvvetlerden; yerçekimi kuvveti (F_w) aşağı yönde, su içinde sürtünme kuvveti (F_d) meyvenin hareketinin tersi yönde, kaldırma kuvveti (F_b) ise yukarı yöndedir. Bu kuvvetler aşağıdaki eşitliklerden elde edilebilir (Mirzaee et al., 2009; Mohsenin, 1986);

$$F_w = m \cdot g \quad (6)$$

$$F_d = C \cdot A_p \cdot \frac{\rho_w V_t^2}{2} \quad (7)$$

$$F_b = \rho_w \cdot V \cdot g \quad (8)$$

Burada;

F_w : Yerçekimi kuvveti, N

F_d : Su içinde sürtünme kuvveti, N

F_b : Kaldırma kuvveti, N

m : Meyvenin ağırlığı, kg

C : Sürtünme katsayısı,

A_b : Projeksiyon alanı, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

ρ_w : Suyun özkütlesi, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

V_t : Kritik hız, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

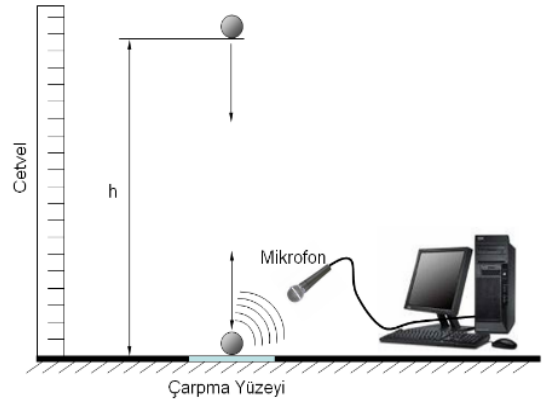
V : Meyve hacmi, m^3 dür.

Sürtünme katsayısı aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır (Mohsenin, 1986);

$$C = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot (\rho_w - \rho_f)}{V_t^2 \cdot A_p \cdot \rho_f \cdot \rho_w} \quad (9)$$

Burada;

ρ_f : Meyvenin özkütlesi, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ dir.



Şekil 4. Elastiklik katsayısı ölçüm düzeneği (Saraçoğlu et al., 2010)
Figure 4. Test apparatus for impact testing (Saraçoğlu et al., 2010)

Çarpma ve Zedelenme parametreleri

Meyvenin farklı yüzeyler üzerindeki (kauçuk ve paslanmaz çelik) elastiklik katsayısının belirlenmesi amacıyla bir akustik çarpma test düzeneği kullanılmıştır (Saraçoğlu ve ark., 2010) (Şekil 4).

Düzenekte, düz bir yüzey üzerine farklı yüksekliklerden (0.2, 0.4 ve 0.6 m) düşürülen meyvelerin, bir mikrofonla algılanan çarpma anında çıkardığı ses ile meyvenin yükselip tekrar çarpması sonucunda çıkardığı ses arasındaki süre belirlenmektedir. Üç tekerrürlü yürütülen denemelerde elde edilen süreler aşağıdaki eşitlik kullanılarak elastiklik katsayısı değerleri bulunmuştur (Wadhwa, 2009).

$$e = \Delta t \cdot \sqrt{\left(\frac{g}{8 \cdot h}\right)} \quad (10)$$

Burada;

e : Elastiklik katsayısı,

Δt : İlk iki çarpma arası süre, s

g : Yerçekimi ivmesi, m.s²

h : Meyvenin düşme yüksekliği, m'dir.

Düşme sonucunda meyvede oluşacak zedelenmeler ile elastiklik katsayısı üzerinde etkili olan ve her düşme sonucunda absorbe edilen enerji; düşme yüksekliği, elastiklik yüksekliği ve meyve kütesinden yararlanarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır (Saraçoğlu et al., 2010).

$$E_{abs} = m \cdot g \cdot (h - h_s) \quad (11)$$

Burada;

E_{abs} : Absorbe edilen enerji, J

m : Meyve kütesi, kg

h : Meyvenin düşürülme yüksekliği, m

h_s : Meyvenin elastiklik yüksekliği, m'dir.

Elastiklik yüksekliği (h_s) meyvenin ilk iki çarpma arasındaki süreden (Δt) yararlanılarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır:

$$h_s = \frac{g \cdot \Delta t^2}{8} \quad (12)$$

Meyvelerin farklı yüksekliklerden (0.1, 0.3 ve 0.6 m) düşme sonucu oluşan zedelenme alanı (A_b) ve hacmi (V_b) de aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmıştır. w_1 ve w_2 Şekil 5'te elips olarak kabul edilen zedelenme alanının üzerinde görülmektedir.

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot w_1 \cdot w_2 \quad (13)$$

$$V_b = \frac{\pi \cdot d}{24} \cdot (3 \cdot w_1 \cdot w_2 + 4 \cdot d^2) \quad (14)$$

Burada;

A_b : Zedelenme alanı, mm²

V_b : Zedelenme hacmi, mm³

w_1 : Elipsoid zedelenme alanı geniş eksen çapı, mm

w_2 : Elipsoid zedelenme alanı dar eksen çapı, mm

d : Zedelenme derinliği, mm.

Tüm zedelenme parametreleri 0.01 mm hassasiyetli dijital bir kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Denemede elde edilen verilerin SPSS 13.0 paket programına göre varyans analizleri yapılmış ve ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre karşılaştırılmıştır.

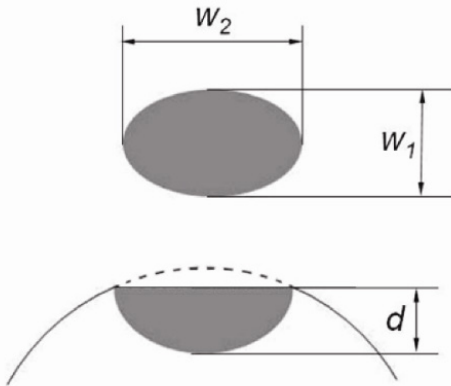
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Geometrik ve Hidrodinamik Özellikler

Çalışmanın materyalini oluşturan iki farklı elma çeşidine ait bazı fiziksel ve hidrodinamik özellikler Çizelge 1'de görülmektedir. Çizelge 1 incelendiğinde boyutsal özellikleri bakımından Arapkızı çeşidinin boyut değerlerinin Amasya çeşidinden daha büyük olduğu, buna bağlı olarak meyve kütesi, meyve izdüşümü ve yüzey alanları ile meyve hacmi değerlerinin de daha büyük olduğu görülmektedir. Varyans analizi sonucunda çeşitler arasında meyve kütesi değerlerinin $p > 0.01$ seviyesinde önemli olduğu görülmüştür.

Küresellik değerlerine göre Arapkızı ve Amasya çeşidi meyvelerinin ortalama küresellik değerleri yaklaşık %98 olarak belirlenmiştir. Özellikle mumlama gibi benzer özellikteki yüzey kaplama işlemleri için önemli bir parametre olan yüze alanı değerleri incelendiğinde en yüksek yüzey alanı değerine sahip çeşidin Arapkızı olduğu (171.37 mm²) görülmektedir.

Çizelge 1 de farklı yüzeyler (plastik, kauçuk, paslanmaz çelik, alüminyum) üzerindeki yuvarlanma katsayılarının değişimleri incelendiğinde yüzeyler



Şekil 5. Elipsoid zedelenme alanı boyutları

Figure 5. Elliptical bruise dimensions for bruise determination

arasında Arapkızı çeşidinin paslanmaz çelikte (0.186) ve Amasya çeşidinin alüminyum (0.161) en yüksek değeri gösterdiği ve en düşük değerleri ise sırasıyla Arapkızı çeşidinde alüminyum (0.160), Amasya çeşidinde kauçuk (0.141) yüzeyleri üzerinde olduğu saptanmıştır. Varyans analizi sonucunda yüzeyler üzerindeki yuvarlanma direnç katsayıları farkının $p>0.01$ önem seviyesinde önemsiz olduğu görülmektedir. Saraçoğlu et al., (2010), limon çeşidi ayva ile yabancı ayva meyvelerinin farklı yüzeyler üzerindeki statik yuvarlanma katsayılarının değişimini inceleyerek limon çeşidi ve yabancı ayva için en yüksek yuvarlanma katsayısı değerlerini kauçuk yüzeyde, en düşük değerlerini ise çelik yüzeyde elde etmişlerdir.

Hidrodinamik parametrelerden elma çeşitleri su içerisindeki kritik hız değerleri Arapkızı ve Amasya çeşitleri için sırasıyla; 0.414 ve 0.417 $m.s^{-1}$ olarak belirlenmiştir ancak aradaki farkın $p>0.01$ önem seviyesinde önemsiz olduğu görülmektedir. Mirzaee et al., (2009) üç farklı kayısı çeşidi kullanarak yapmış

oldukları denemelerde Rajabali, Ghavami ve Nasiry çeşitleri için su içerisindeki kritik hız değerlerini sırasıyla; 0.21, 0.17 ve 0.17 $m.s^{-1}$ olarak bulmuşlardır.

Diğer hidrodinamik özelliklerden meyvenin su içerisindeki sürtünme katsayısı, suyun kaldırma kuvveti ve su içerisindeki sürtünme kuvveti değerleri arasındaki fark $p>0.01$ önem seviyesinde önemli olarak bulunmuştur. Suyun kaldırma kuvveti ve su içerisindeki sürtünme kuvveti, Arapkızı çeşidi için; 1.87 N ve 0.33 N ve Amasya çeşidi için; 1.57 N ve 0.26 N olarak ölçülmüştür. Kheiralipour et al. (2008) çalışmalarında suyun kaldırma kuvveti ve su içerisindeki sürtünme kuvveti değerlerini Redspar elma çeşidi için sırasıyla 2.69 N ve 0.46 N, Debarstival elma çeşidi için ise; 1.40 N ve 0.24 N olarak bulmuşlardır. Saraçoğlu et al., (2012), çalışmalarında ayva meyvesinin su içerisindeki kritik hız değerlerini Ekmek çeşidi için 0.23 $m.s^{-1}$, Eşme çeşidi için 0.27 $m.s^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Aynı çeşitler için meyvelerin su içerisindeki sürtünme kuvvetini Ekmek çeşidi için 0.24 N, Eşme çeşidi için 0.22 N olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 1. İki farklı elma çeşidine ait bazı fiziksel ve hidrodinamik özellikler
Table1. Some geometric and hydrodynamic properties of two apple varieties

Parametreler Maks.	Amasya			Arap Kızı		Önem Seviyesi		
	Min	Ort.	Maks.	Min	Ort.			
Uzunluk (mm)	71.60	62.23	68.24±2.92	76.71	68.96	72.76±2.54	*	
Genişlik (mm)	73.18	65.16	69.98±32.59	79.47	70.16	75.36±3.04	*	
Kalınlık (mm)	70.02	63.99	67.27±1.82	78.26	67.00	73.42±3.75	*	
Geometrik Ortalama Çap (mm)	71.09	63.95	68.48±2.35	77.46	68.99	73.83±2.91	*	
Küresellik	0.99	0.97	0.98±0.01	0.99	0.96	0.98±0.01	ns	
Meyve Kütleli (g)	152.47	112.62	133.02±14.40	189.59	122.99	157.34±21.04	*	
İzdüşüm Alanı (cm ²)	40.74	32.08	37.10±3.36	54.08	36.08	43.22±5.03	*	
Yüzey Alanı (cm ²)	158.73	128.41	147.41±9.98	188.42	149.45	171.39±13.40	*	
Meyvenin Özkütlesi (kg.m ⁻³)	875.85	705.15	832.16±42.12	866.09	712.50	824.22±37.42	ns	
Hacim (cm ³)	182.00	130.00	160.14±18.02	238.00	150.00	191.00±24.89	*	
Yuvarlanma Katsayısı	A	0.21	0.09	0.16±0.04	0.25	0.07	0.16±0.06	ns
	P	0.23	0.11	0.14±0.03	0.27	0.08	0.17±0.05	ns
	K	0.19	0.11	0.14±0.03	0.27	0.08	0.18±0.05	ns
	PÇ	0.18	0.09	0.15±0.03	0.31	0.08	0.19±0.05	ns
Su içerisindeki kritik hız (m.s ⁻¹)	0.46	0.39	0.42±0.03	0.51	0.36	0.41±0.04	ns	
Sürtünme Katsayısı	1.16	0.61	0.80±0.15	1.40	0.67	0.88±0.16	ns	
Yerçekimi Kuvveti (N)	1.50	1.11	1.31±0.14	1.86	1.21	1.54±0.21	ns	
Suyun Kaldırma Kuvveti (N)	1.79	1.28	1.57±0.18	2.34	1.47	1.87±0.24	*	
Sürtünme Kuvveti (N)	0.49	0.16	0.26±0.08	0.53	0.23	0.33±0.09	ns	

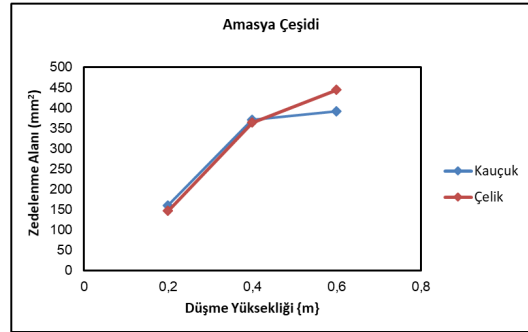
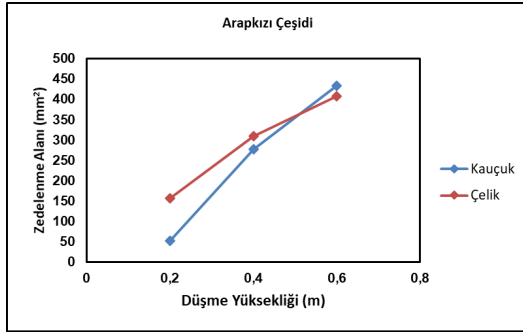
A: Alüminyum, P: Plastik, K: Kauçuk, PÇ: Paslanmaz çelik
%1 önem seviyesine göre önemli, ns: Değerler arasındaki fark önemli değil

Zedelenme Parametreleri

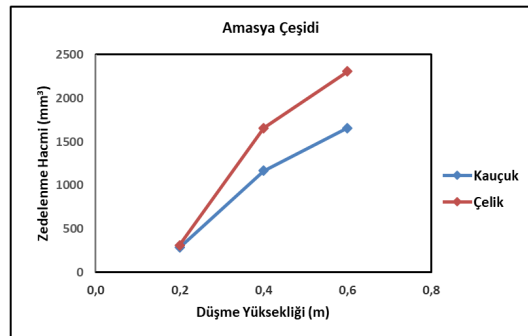
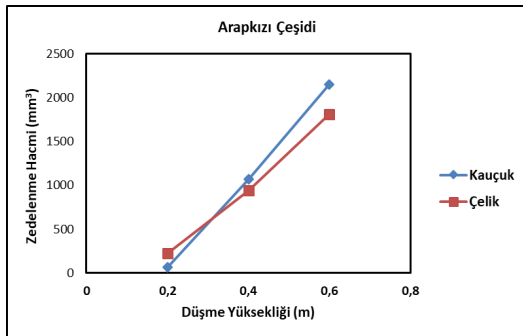
Arapkızı ve Amasya çeşitlerine ait iki farklı yüzeye, farklı yüksekliklerden çarpma sonucu meyvelerde oluşan zedelenme alanı ve zedelenme hacmi ile düşme yükseklikleri arasındaki ilişki Şekil 6 ve 7'de görülmektedir.

Şekil 6 ve 7 incelendiğinde her iki çeşit içinde düşme yüksekliğinin artışı ile beraber zedelenme alanı ve hacmi değerlerinin arttığı görülmektedir. Saraçoğlu et al. (2012) ve Lewis et al. (2007) de benzer şekilde yükseklik artışı

ile beraber meyvelerde zedelenme alanı ve zedelenme hacminin arttığını belirtmişlerdir. Yükseklik artışına bağlı olarak meyvenin potansiyel enerjisinin arttığı ve bu artışa bağlı olarak çarpma anındaki kinetik enerjinin de arttığı bilinmektedir. Çarpma anında ulaşılan kinetik enerji, çarpma ile birlikte farklı formlara dönüşmektedir. Enerjinin bir kısmı absorbe edilirken bir kısmı sese dönüşmekte, absorbe edilemeyen enerjinin fazlalığı ise deformasyona neden olmaktadır. Bu sebeple yükseklik artışına bağlı olarak zedelenme miktarı da artmıştır.



Şekil 6. Elma çeşitlerine ait zedelenme alanı ve düşme yüksekliği arasındaki ilişki
Figure 6. Relationship between bruise areas and drop heights for apple varieties



Şekil 7. Elma çeşitlerine ait zedelenme hacmi ve düşme yüksekliği arasındaki ilişki
Figure 7. Relationship between bruise volumes and drop heights for apple varieties

Çizelge 2. Farklı düşme yüksekliklerinde iki farklı elma çeşidinin sıçrama katsayısı, absorbe edilen enerji, zedelenme alanı ve zedelenme hacmi Duncan grupları

Table 2. The Duncan grouping of coefficient of restitution, absorbed energy, bruise area and bruise volume for drop heights for two apple varieties

Çeşit	Yükseklik (m)	e	E _{abs} (J)	A _b (mm ²)	V _b (mm ³)
Arapkızı	0.2	0.348 ^a	0.277 ^a	104.758 ^a	143.758 ^a
	0.4	0.375 ^a	0.515 ^b	293.173 ^b	100.312 ^b
	0.6	0.392 ^a	0.673 ^c	419.988 ^b	1980.312 ^c
Amasya	0.2	0.383 ^a	0.222 ^a	153.103 ^a	299.673 ^a
	0.4	0.390 ^a	0.407 ^b	367.218 ^b	1412.460 ^b
	0.6	0.407 ^a	0.593 ^c	418.197 ^b	1981.425 ^b

İndis konumundaki harfler $p > 0.01$ için istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir.

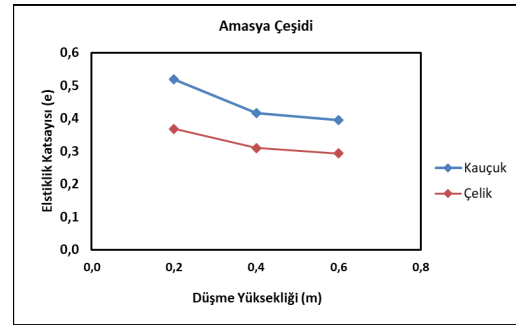
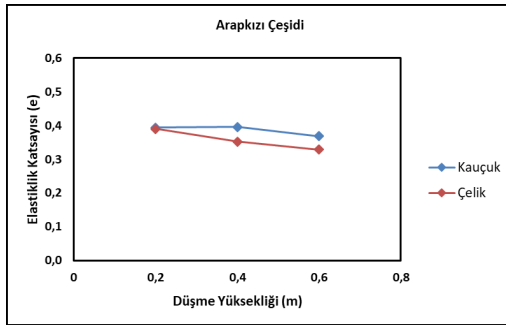
Çizelge 2’de farklı düşme yüksekliklerinde iki farklı elma çeşidinin sıçrama katsayısı, absorbe edilen enerji, zedelenme alanı ve zedelenme hacmi Duncan grupları görülmektedir.

Çizelge 2 incelendiğinde zedelenme hacmi ve zedelenme alanı ile absorbe edilen enerji arasında doğrusal bir ilişki görülmektedir. Elastiklik katsayısı Arapkızı ve Amasya çeşitleri için tüm yüksekliklerde aynı grupta yer almıştır. Benzer şekilde Pang et al. (1992), ve Schoorl and Holt (1983), elmalar ile yapmış oldukları çalışmalarında, zedelenme hacminin, absorbe edilen enerji ile doğrusal olarak ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca denemelerde meyve düşme yüksekliği ile zedelenme hacmi ve zedelenme alanı arasında da doğrusal bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

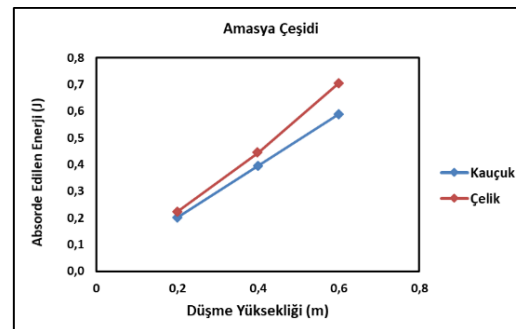
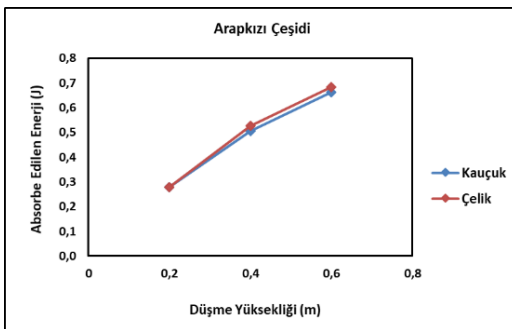
Şekil 8’de denemelerde kullanılan iki çeşide ait elastiklik katsayısı ve düşme yükseklikleri arasındaki ilişki görülmektedir. Şekilde elastiklik katsayısının düşme yüksekliğine bağlı olarak düşme yüksekliği arttıkça azaldığı görülmektedir. Saraçoğlu et al. (2010) benzer

şekilde yapmış olduğu çalışmalarında mandarin meyvesi elastiklik katsayısının düşme yüksekliğine bağlı olarak yükseklik arttıkça azalma gösterdiğini belirtmişlerdir. Elastiklik katsayısı çarpma öncesi kinetik enerjinin çarpmadan sonraki kinetik enerjiye oranının karekökü ile olarak da tanımlanabilmektedir. Kinetik enerjinin bir kısmı çarpma anında farklı formlara dönüşerek kaybolmakta ve bu da sıçrama yüksekliğinin azalmasına neden olmaktadır. Bu doğrultuda da elastiklik katsayısı ile düşme yüksekliği ters orantılı şekilde yükseklik arttıkça elastiklik katsayısı azalmaktadır. Her iki çeşit içinde çelik yüzeydeki elastiklik katsayısı değerleri kauçuk yüzeye göre daha düşük bulunmuştur.

Şekil 9’da çeşitlere ait farklı düşme yüksekliklerinde meyvelerin farklı yüzeylere çarpmaları sonucu absorbe edilen enerji değişimleri görülmektedir. Her iki çeşitte de çarpma sonucu absorbe edilen enerji düşme yüksekliği arttıkça artış göstermiştir. Büyük fark olmasa da çelik yüzeylerde absorbe edilen enerji değerinin kauçuk yüzeye göre fazla olduğu görülmüştür.



Şekil 8. Elma çeşitlerine ait elastiklik katsayısı ve düşme yüksekliği arasındaki ilişki
Figure 8. Relationship between coefficient of restitution and drop heights for apple varieties



Şekil 9. Elma çeşitlerine ait absorbe edilen enerji ve düşme yüksekliği arasındaki ilişki
Figure 9. Relationship between absorbed energies and drop heights for apple varieties

SONUÇ

İki farklı elma çeşidinin (Arapkızı ve Amasya) bazı seçilmiş fiziksel özellikleri, hidrodinamik özellikleri, çarpma parametrelerinin belirlendiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

1. Boyutsal özellikleri bakımından Arapkızı çeşidinin boyut değerlerinin Amasya çeşidinden daha büyük olduğu, buna bağlı olarak meyve kütlesi, meyve izdüşümü ve yüzey alanları ile meyve hacmi değerlerinin de daha büyük olduğu görülmüştür.

2. Farklı yüzeyler üzerindeki yuvarlanma katsayılarının değişimlerine göre yüzeyler arasında Amasya çeşidinin alüminyum ve Arapkızı çeşidinin ise paslanmaz çelikte en yüksek değeri gösterdiği ve en

düşük değerleri ise sırasıyla, Amasya çeşidinde kauçuk, Arapkızı çeşidinde alüminyum yüzeyler üzerinde olduğu saptanmıştır.

3. Hidrodinamik parametrelerden elma çeşitlerin su içerisindeki kritik hız değerleri arasındaki farkın $p > 0,01$ önem seviyesinde önemsiz olduğu belirlenmiştir.

4. Her iki çeşit içinde düşme yüksekliğinin artışı ile beraber zedelenme alanı ve zedelenme hacmi değerleri artmıştır. Elastiklik katsayısının düşme yüksekliğine bağlı olarak düşme yüksekliği arttıkça azalmıştır. Benzer şekilde, çarpma sonucu absorbe edilen enerji düşme yüksekliği arttıkça artış göstermiştir. Büyük fark olmasa da çelik yüzeylerde absorbe edilen enerji değerinin kauçuk yüzeye göre fazla olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Afkari-Sayyah AH, Shekarbeigi S. 2013. Determination of Apple Critical Drop Height and Relation to Bruising, 2013. International Conference on Sustainable Environment and Agriculture IPCBEE vol.57 Press, Singapore
- Alayunt FN. 2000. Biyolojik Malzeme Bilgisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:541, 59-60 s., Bornova-İzmir.
- Anonim. 2009. Bahçecilik Elma Yetiştiriciliği. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara.
- Atay E, Pırlak L, Atay AN. 2009. Elmalarda Meyve Büyüklüğünü Etkileyen Faktörler. *Ege Üniv Ziraat Fak Derg*, 46(2): 137-144.
- FAO. 2018. FAOSTAT Agricultural Database Web Page. Erişim: Aralık 2018.
- Ghaffari H, Lotfi S, Akhunipour V, Jalali A. 2013. Some Physical and Chemical Properties of four Apple Varieties of North-West Iran. *International J Agric Crop Sci*, 5(5): 559-564.
- Jordan RB, Clark, CJ. 2004. Sorting of kiwifruit for quality using drop velocity in water. *Transaction of ASAE*, 47 (6), 1991-1998.
- Kheiralipour K, Tabatabaefar A, Mobli H, Rafiee S, Sharifi M, Jafari A, Rajabipour A. 2008. Some Physical and Hydrodynamic Properties of Two Varieties of Apple. *Int Agrophysics*, 22: 225-229.
- Lewis R, Yoxall A, Canty LA. 2007. Development of Engineering Design Tools to Help Reduce Apple Bruising. *J Food Eng*, 83, 356-365.
- Masoudi H, Tabatabaefar A, Borghae AM. 2007. Determination of Storage Effect on Mechanical Properties of Apples, *Canadian Biosystems Engineering*, 49, 329-333
- Mirzaee E, Rafiee S, Keyhani A, Emam-Djomeh Z, Kheiralipour K. 2009. Hydro-sorting of Apricots Based on Some Physical Characteristics. *Res Agr Eng*, 55: 159-164.
- Mohsenin, NN. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Özarslan C. 2002. Physical Properties of Cotton Seed. *Biosystems Engineering*, 83(2): 169-174.
- Özbek S. 1978. Genel Meyvecilik. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:III, Ders Kitabı 6, 386 s., Adana.
- Pang W, Studman CJ, Ward GT. 1992. Bruising Damage in Apple to Apple Impact. *J Agr Eng Res*, 52: 229-240.
- Saraçoğlu T, Üçer N, Özyılmaz, Ü, Özarslan, C, 2010. Satsuma Mardarin (Citrus Unshu Marc.) Çeşidinin Sıçrama Özellikleri. *ADÜ Ziraat Derg*, 7(1);87-93.
- Saraçoğlu, T, Üçer, N, Özarslan C. 2010. Yabani ve Limon Çeşidi Ayva Meyvelerinin Bazı Fiziksel ve Hidrodinamik Özelliklerinin Belirlenmesi, 26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s:45-50, Hatay.
- Saracoglu T, Ucer N, Ozarslan C. 2012. Selected Geometric Characteristics, Hydrodynamic Properties, and Impact Parameters Of Quince Fruit (Cydonia Vulgaris Pers.). *Int J Food Prop*, 15(4): 758-769.
- Schoorl D, Holt JE. 1983. Mechanical Damage in Agricultural Products. A Basis for Management. *Agricultural Systems*, 11(3): 143-157.
- Wadhwa A. 2009. Measuring The Coefficient of Restitution Using A Digital Oscilloscope. *Physics Education*, 4(5): 517-521.
- Yurtlu YB, Erdoğan D. 2005. Effect of Storage Time on Some Mechanical Properties and Bruise Susceptibility of Pears and Apples. *Turk J Agric For.*, 29: 469-482.