



Alınış tarihi (Received): 02.11.2024

Kabul tarihi (Accepted): 01.12.2024

Farklı Limon Çeşitlerinin Mekanik Özelliklerine Yükleme Hızları ile Eksenlerin Etkisi

Hamide ERSOY¹, Ebubekir ALTUNTAŞ^{2,*}

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tokat

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat

*Sorumlu yazar e-posta: ebubekir.altuntas@gop.edu.tr

ÖZET: Çalışma, farklı limon çeşitlerinin mekanik özelliklerine; çeşit, yükleme hızı ve yükleme eksenlerinin etkisini belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışma 3 limon (Aydın, Interdonato ve Kütdiken) çeşidinde 3 farklı yükleme hızı ve eksenlerinde gerçekleştirilmiştir. Mekanik özellikler olarak, delme kuvveti, deformasyon, delme enerjisi, sertlik ve delme gücü incelenmiştir. Delme kuvveti değerleri, çeşitler bazında $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunurken, en yüksek delme kuvveti Aydın çeşidinde (98.83 N) bulunmuştur. Yükleme eksenleri ve yükleme hızlarının delme kuvveti üzerine etkileri $p < 0.01$ düzeyinde çok önemli bulunmuştur. Deformasyon değerleri çeşitler bazında $p < 0.01$ seviyesinde önemli bulunurken, yükleme hızlarının deformasyon üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Delme enerjisi üzerine çeşitlerin, yükleme hızları ve yükleme eksenlerinin etkisi $p < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Aydın çeşidinde delme enerjisi değerleri en yüksek değerde (751.94 mJ), aynı zamanda meyve sertlik (sıkılık) değerleri de en yüksek değerde (6.53 N mm^{-1}) bulunmuştur. Yükleme eksenlerinden z- eksenini boyunca yapılan delme gücü değeri 0.0214 W ile en düşük düzeyde bulunmuştur. Limon meyvelerinin yükleme hızları ve eksenlerinin mekanik özelliklere etkilerinin bilinmesi hasat ve hasat sonrası işleme teknolojilerinde kullanılacak makine ve sistemlerin tasarımı, üretimi, geliştirilmesi ve işletilmesi aşamalarında önemli mühendislik verisi olarak önemlidir.

Anahtar Kelimeler – Mekanik özellikler, yükleme hızı, yükleme eksenini

Effect of Loading Speeds and Axes on Mechanical Properties of Different Lemon Varieties

ABSTRACT: The study aims to determine the effect of variety, loading rate and loading axis on the mechanical properties of lemon fruit. The study was carried out on 3 lemon varieties (Aydın, Interdonato and Kütdiken) at 3 different loading rates and axes. As mechanical properties, puncture force, deformation, puncture energy, hardness and puncture power were analyzed. While the puncture force values were found significant at $p < 0.01$ level on the basis of varieties, the highest value (98.83 N) was found in Aydın variety. The effects of loading axes and loading rates on puncture force were found significant at $p < 0.01$ level. Deformation values were found to be significant at $p < 0.01$ level for each variety, while the effect of loading rates on deformation was found to be insignificant ($p > 0.05$). The effects of varieties, loading rates and loading axes on the puncture energy were found significant at $p < 0.01$ level. In Aydın cultivar, the highest puncture energy were found (751.94 mJ) and at the same time the highest fruit hardness values were found (6.53 N mm^{-1}). The puncture power value along the z-axis from the loading axes was found to be the lowest with 0.0214 W. Knowing the effects of loading speeds and axes of lemon fruits on mechanical properties is important as important engineering data in the design, production, development and operation of machines and systems to be used in harvesting and post-harvest processing technology.

Keywords – Mechanical properties, loading speed, loading axes

1. Giriş

Türkiye’de limon üretiminin %93’ü Akdeniz ve %7’si ise Ege Bölgesi’nden sağlanmaktadır. İller bazında ise Mersin, Adana ve Hatay illeri üretimin %90’ını karşılamaktadır (TÜİK, 2021). Türkiye’de yetiştiriciliği yapılan limonların %50’si ‘Kütdiken’ limon çeşidi, %20’si ‘Interdonato’ ve %10’u Aydın çeşididir (Yeşiloğlu ve ark. 2017).

Türkiye limon üretiminin yarıdan fazlası ihracat yoluyla değerlendirilir. Türk limon çeşitleri aranan bir ürün olmasının yanında nitelikli ambalajlama ve depolama-nakliyesiyle oldukça yüksek ihracat potansiyeline sahiptir (TMMOB, 2019).

Tarımsal materyallerin korunmasında nitelik ve niceliği arttırmaya yönelik uygulamalar içerisinde, hasat sonrası teknolojiler önemli yer tutmaktadır. Bu teknolojiler, hasat edilen ürünlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve muhafazasına yönelik kurutma, depolama vb. çalışmalardır (Şahin ve ark., 2020). Tarımsal materyaller özellikle hasat esnasında oluşan mekanik zararın yanında hasat sonrası taşıma ve nakliye esnasında mekanik zarara uğrayabilmektedir.

Tarımsal materyaller, hasat edilirken, mekanik zorlamalardan dolayı zarara uğrayabilir, dış yüzeylerindeki zedelenmeler nedeniyle daha hızlı bozulabilmektedir. Bu etkiler, tarımsal ürünlerin depolanabilmesi ve raf ömrünü negatif düzeyde etkilemektedir. Bu nedenle, bu olumsuzluğun olmaması için üretici de tarımsal ürünlerini tamamen olgunlaşmadan hasat etmektedir. Ancak bu durum hem ürün kalitesinin azalmasına hem de tüketiciler tarafından tercih edilmemesine yol açmaktadır. Hasat zamanının belirlenmesinde ürünün boyutsal ve kimyasal özelliklerinin yanında mekanik özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir.

Türkiye’de limon hasadında halen elle toplama teknikleri uygulanmaktadır. Mekanik sistemlerle hasat ve hasat sonrası işleme endüstrisinde limon meyvelerinin eksenleri ve yükleme hızlarının mekanik özelliklere etkileri önem arz etmektedir. Limon meyvelerinin hasat ve hasat sonrası özellikle ürün işleme konusundaki teknolojilerde fiziksel özelliklerinin yanında mekanik özellikler de bu çalışmalar için kullanılacak olan ekipman ve sistemlerin projelenmesi, tasarımı, imalatı ve geliştirilmesinde önemli ve belirleyici bir rol oynamaktadır.

Limon meyvelerinin fiziksel özelliklerine yönelik yerli ve yabancı literatür çalışmalarına bakıldığında son yıllarda farklı çeşit bazında sayılı çalışmalar yapılmıştır. Kabaş (2010), Interdonate limon çeşidinde, boyut, ağırlık, kalınlık, 100 meyve ağırlığı vb. gibi fiziksel özellikleri; Baradan Motie ve ark. (2014), Çekirdeksiz Lizbon ve Frost Eureka limon çeşitlerinin ayırma ve sınıflandırma için modellenmede fiziksel özelliklerini; Dağdelen (2019) Interdonate çeşidinde 5 Hz, 10 Hz ve 15 Hz olmak üzere farklı taşıma frekansların, meyvelerin fizikokimyasal ve fiziko-mekanik özelliklere etkilerini araştırmıştır.

Limon meyvesine yönelik olarak çeşit bazında özellikle mekanik özelliklerle ilgili çok sınırlı düzeyde çalışma yapıldığı, Türkiye’de limon çeşitlerine ait herhangi bir mekanik ölçümlere dayalı bir makale yapılmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle, bu çalışmada limon meyvelerinin mekanik özellikleri farklı çeşit, farklı yükleme hızları ve farklı yükleme eksenleri açısından incelenmiştir. Bu çalışmada limon çeşitlerinin seçiminde, özellikle, Türkiye’de üretimi en fazla olan limon çeşidi (%50) olan Kütdiken, %20 oranında üretim hacmi olan Interdonato ve daha az oranda üretim hacmine sahip olan %10 ise Aydın çeşidi

materyal olarak dikkate alınmıştır. İncelenen her üç limon çeşidine ait meyvelerin mekanik özelliklerinin incelenmesiyle hasat sonrası meyve işleme teknolojisinde kullanılacak makine ve sistemlerin tasarım, imalat ve işletimiyle ilgili çalışmalarda kullanılmak üzere mühendislik verisi elde edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada çeşit olarak 3 limon çeşidi (Aydın, Interdonato ve Kütdiken) yanında 3 farklı yükleme hızı (20, 40 ve 60 mm min⁻¹) ve 3 yükleme eksenini (x-, y- ve z-ekseni) dikkate alınmıştır. Mekanik özellikler olarak; delme kuvveti, deformasyon, delme enerjisi, sertlik (sıklık) ve delme gücü incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan limon çeşitlerinin özellikleri incelendiğinde, Aydın çeşidi meyveleri verimce iyi, meyveleri büyük aynı zamanda güzel kokuludur. Interdonato limon çeşidinin meyveleri büyük ve uzun-silindirik bir şekle sahipken, aynı zamanda, meyve kabuğu ince, yana doğru yatık meme başına sahip, açık yeşil renkli, düzgün ve parlak yüzevidir. Kütdiken çeşidinin ise meyve şekli elips, hafif memeli, kabuk rengi açık yeşil ve sarı olup, parlak yüzevidir, aynı zamanda meyve eti ise sarı renklidir (Açıkalin ve ark., 2004, Anonim, 2024 a,b).

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada Aydın, Interdonato ve Kütdiken limon çeşitleri kullanılmış olup, meyveler, 21 Kasım 2022 tarihinde Adana ili Ceyhan ilçesindeki bir çiftçi bahçesinden temin edilmiştir. Deneme alanına uygun muhafaza koşullarına getirilen limonlar üzerinde denemeler TOGÜ Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Biyolojik Malzeme Laboratuvarında yapılmıştır.

Denemelerde limon meyveleri içindeki hasar gören meyveler çıkarılmış ve sağlam olanları kullanılmıştır. Öncelikli olarak limon meyvelerinin nemleri her bir çeşit için 70°C sıcaklıkta örneklerin ağırlıkları sabit kalana kadar kuru etüvde tutulmuş, nem içeriği yaş baza göre belirlenmiştir (Aksüt ve ark., 2023).

Limon meyvelerinin çeşit bazında nem içerikleri Aydın, Interdonato ve Kütdiken meyveleri için sırasıyla %84.37 y.b., %87.02 ve %81.97 y.b. olarak belirlenmiştir. Denemelerde kullanılan Aydın, Interdonato ve Kütdiken limon meyvelerine ait örnekler, Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Denemelerde kullanılan Aydın, Interdonato ve Kütdiken limon meyvelerine ait örnekler
Figure 1. Samples of Aydın, Interdonato and Kütdiken lemon fruits used in the experiments

Limon meyvelerinin temel eksen boyutlarının belirlenmesinde, kumpas kullanılmıştır. Limon meyvelerinin geometrik ortalama çap, küresellik ve yüzey alanı Mohsenin (1980)'in belirttiği yöntemle aşağıdaki eşitliklerle belirlenmiştir (Eşitlik 1,2,3).

$$g_m = (xyz)^{0.33} \dots\dots\dots (1)$$

$$s_p = [(g_m/x)]100 \dots\dots\dots (2)$$

$$s_u = \pi (g_m)^2 \dots\dots\dots (3)$$

Eşitliklerde;

x: uzunluk,

y: genişlik,

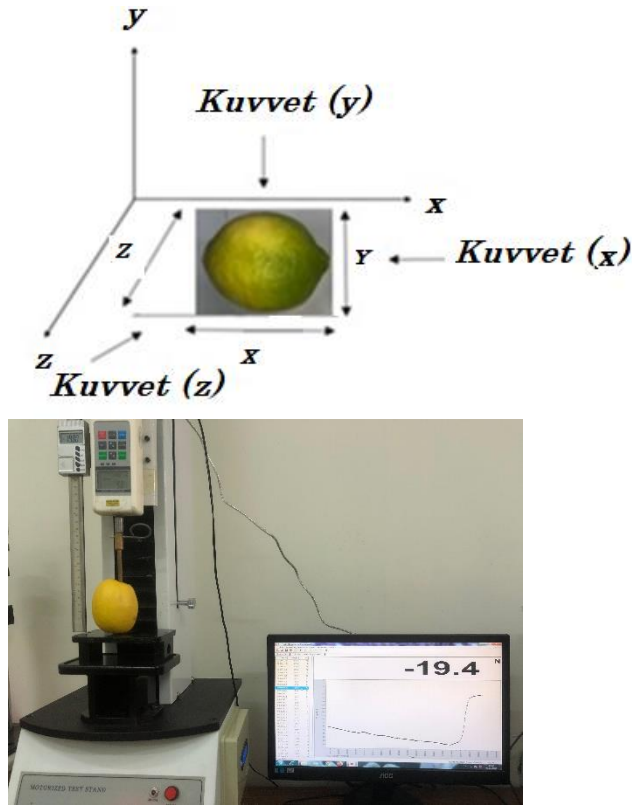
z: kalınlık,

g_m : geometrik ortalama çap,

s_p : küresellik,

s_u : yüzey alanıdır.

Limon meyvelerinin mekanik ölçümleri, biyolojik materyal test cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Biyolojik materyal test cihazı; motorlu ve hız ünitesi olup, çeki-bası dinamometresi, ölçüm cetveli standı, sabit plaka ve kablolu bir bilgisayar bağlantısından oluşmaktadır. Biyolojik materyal test cihazı (Sundoo SH-50, Çin) 500 N kuvvet kapasitesine sahip olup 0.01 N hassasiyettedir. . Biyolojik materyal test cihazı ile sıkıştırma ve delme testleri yapılabilmektedir. Limon meyvelerinin mekanik özellikleri için 20, 40 ve 60 mm min⁻¹ test hızları kullanılmıştır. Singh ve Reddy (2006) portakal meyvelerinin tekstürel analizi için 5 mm'lik silindirik bir uç ile 1 mm s⁻¹ (60 mm min⁻¹) yükleme hızında delme testi uygulamıştır. Gülcan ve ark. (2020), mersin meyvesinin delme testi için yükleme hızları olarak 20, 40 ve 60 mm min⁻¹ hızlarını kullanırken, Hacıseferoğulları aynı meyve için sabit 50 mm min⁻¹ yükleme hız kademesini, kullanmıştır. Nourain ve ark. (2005), kavun dilimlerinin mekanik testleri için 10 x 14 mm silindirik şekilli örnekler 25 mm min⁻¹ yükleme hızını kullanmıştır. Denemelerde literatürler baz alınarak ve denemelerde kullanılan yükleme hızlarını içeren 20, 40 ve 60 mm min⁻¹ yükleme hızları kullanılmıştır. Limon meyvesi örneğinin mekanik testlerde kullanılan eksenleri ve örnek bir test, Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Limon meyvesinin mekanik testlerde kullanılan eksenleri ve örnek bir test.
Figure 2. Axes of the lemon fruit sample used in mechanical tests and a sample test.

Mekanik testlerde delme testi 7.9 mm çaplı silindirik pirinç bir uç kullanılarak 22°C oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Limon meyvesinde delme testi (puncture) için örneğe uygulanan yük ile delme işlemiyle kuvvet-zaman eğrisi çizilmektedir. Delme kuvveti (K_d) dışında test esnasında test cihazının yanında akuple bağlı bir cetvel stant ile dijital olarak deformasyon değeri (D_f) okunabilmektedir. Denemelerde her bir çeşit için delme eksenleri olarak uzunluk (x-), genişlik (y-) ve kalınlık (z-) boyunca mekanik testler sürdürülmüştür.

Denemelerde delme işleminde her bir limon çeşidinden 5 tekrarlı 3 sıkıştırma hızı ve 3 sıkıştırma eksenini olmak üzere 45 meyve kullanılmıştır. Denemelerde kuvvet ve deformasyon değerlerinin dışında, delme enerjisi (E_n), limon meyvesinin mekanik testi ölçümünden elde edilen kuvvet ve deformasyon değerlerinden elde edilmiştir. Kuvvet deformasyon eğrisi altındaki alanı belirleyen bir ölçü olan delme enerjisi (E_n) (Eşitlik 4), ile limon meyvelerinin sertlik (sıkılık, hardness) (S_r) (Eşitlik 5) ve delme gücü değeri (G_k) de (Eşitlik 6) aşağıdaki formüllerle belirlenmiştir (Olaniyan ve Oje 2002; Khazaei vd. 2002; Sirisomboon *et al.* 2007; Altuntas and Sekeroglu, 2008).

$$E_n = \left[\frac{K_d D_f}{2} \right] \dots \dots \dots (4)$$

$$S_r = \frac{K_d}{D_f} \dots \dots \dots (5)$$

$$G_k = \frac{E_n H_n D_f}{60000} \dots \dots \dots (6)..$$

Eşitliklerde;

K_d : Delme kuvveti (N),

D_f : Deformasyon (mm)

E_n : Delme enerjisi (mJ = N mm),

S_r : Sertlik (Sıklık, hardness) ($N\ m^{-1}$)

G_k : Delme gücü (W),

H_n : Yükleme hızı hızı ($mm\ min^{-1}$)

Çalışmada mekanik özelliklere ait veriler istatistiksel olarak bölünmüş parseller deneme düzenine göre analiz edilmiştir. Verilerin analizi için SPSS ve Excel programları kullanılmış olup, çoklu karşılaştırma testlerinde DUNCAN testi kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Fiziksel Özellikler

Limon meyvelerinin çeşit bazında aksenel boyutlarından geometrik ortalama çap, küresellik ve yüzey alanı değerleri elde edilmiş ve bu değerler; Aydın çeşidi için sırasıyla 66.23 mm ile 71.21 mm aralığında; 0.786 ile 0.820 aralığında ve 13816 mm² ile 16015 mm² aralığında bulunmuştur. Interdonato limon çeşidinde, 65.82 mm ile 75.71 mm, 0.759 ile 0.816 aralığında ve 13645 mm² ile 18245 mm² aralığında; Kütdiken limon çeşidinde ise 59.80 mm ile 64.40 mm aralığında; 0.792 ile 0.845 aralığında ve 11274 mm² ile 13093 mm² aralığında bulunmuştur. Çizelge 1’de limon çeşitlerine ait bazı fiziksel özelliklerin ortalama değerleri verilmiştir.

Çizelge 1. Limon çeşitlerinin bazı fiziksel özelliklere ait ortalama değerler

Table 1. Mean values for some physical properties of lemon varieties

Çeşit	Fiziksel özellikler		
	Geometrik ortalama çap (mm)	Küresellik	Yüzey alanı (mm ²)
Aydın	68.41	0.797	14729
Interdonato	68.93	0.793	15045
Kütdiken	61.42	0.823	11885

Saraçoğlu (2017), Interdonato limon çeşidi için küresellik değerini ortalama 0.74, geometrik ortalama çap değerinin 70.27 mm ve yüzey alanı değerini de 15528 mm² olarak bulmuştur. Yapılan çalışmalarla kıyaslandığında bu çalışmada Interdonato çeşidine ait meyvelerin küresellik, yüzey alanı ve geometrik ortalama çap değerleri benzer ve yakın değerlerde çıkmıştır.

Mekanik Özellikler

Delme kuvveti

Limon çeşitlerinin farklı hız ve eksenlerdeki delme kuvvetine ait ortalama değerler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2 incelendiğinde, limon çeşitlerine ait meyvelerde delme kuvveti değerleri çeşitler arasında farklılık göstermiş, çeşit faktörünün etkisi çok önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Aydın çeşidinde ortalama delme kuvveti 98.83 N ile en yüksek değerde () iken, Interdonato çeşidinde 66.98 N ve en düşük değer Kütdiken çeşidinde 56.51 N değerinde bulunmuştur. Yükleme eksenlerinin etkisi incelendiğinde, x- eksen boyunca yapılan ortalama delme kuvveti değeri 68.56 N ile en düşük düzeyde bulunurken, y- eksen 81.74 N değeriyle en yüksek değerde ve z- eksenindeki kuvvet değeri 71.94 N ile orta değer olarak belirlenmiştir. Yükleme eksenlerinin delme kuvveti üzerine etkisi $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Yükleme hızlarının etkisi incelendiğinde, delme kuvveti değeri yükleme hızlarının artışına bağlı olarak artış göstermiş, en yüksek değer 77.33 N ile 60 mm min^{-1} hızında, en düşük değer ise 20 mm min^{-1} hızında bulunmuştur. Yükleme hızlarının delme kuvveti üzerine etkisi ise çok önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Çizelge 2. Limon çeşitlerinin farklı hız ve eksenlerdeki ortalama delme kuvveti değerleri (N).
Table 2. Mean puncture force values of lemon varieties at different speeds and axes (N).

Çeşit	Yükleme eksenleri	Yükleme hızları (mm min^{-1})			Çeşit Ortalaması
		20	40	60	
Aydın	x-ekseni	82.18	93.48	94.88	90.18
	y- eksen	104.94	108.22	109.12	107.43
	z- eksen	97.36	101.19	97.38	98.87
	Ortalama	94.83	100.96	100.46	98.83 a**
Interdonato	x-ekseni	57.40	64.34	61.76	61.17
	y- eksen	72.88	73.10	73.42	73.13
	z- eksen	59.62	68.40	71.92	66.64
	Ortalama	63.30	68.61	69.03	66.98 b**
Kütdiken	x-ekseni	46.20	53.86	62.96	54.34
	y- eksen	53.68	65.78	74.54	64.67
	z- eksen	44.44	57.10	50.02	50.52
	Ortalama	48.11	58.91	62.51	56.51 c**
Ortalaması	Hız	68,74 b**	76.16 a**	77.33 a**	
	x- eksen ortalaması	61.93	70.56	73.20	68.56 c**
	y- eksen ortalaması	77.17	82.37	85.69	81.74 a**
	z- eksen ortalaması	67.17	75.56	73.11	71.94 b**

Yadav ve Mate (2023), %92 (w.b) nem içeriğindeki limon meyvesinin fiziksel ve tekstürel özelliklerini inceledikleri çalışmada, meyvenin kesilme kuvveti değerlerini 300-410 N aralığında bulmuşlardır.

Singh ve Reddy (2006a), Nagpur Mandarin portakal çeşidi meyvelerin tekstürel analizinde 5 mm'lik silindirik bir uç ile 60 mm min^{-1} sabit yükleme hızında delme kuvveti değerlerini 16.8 N olarak belirlemiştir. Tatlı portakalın (*Citrus sinensis*) mekanik özellikleri, ortam koşullarında ve buzdolabında depolama süresine göre belirlenmiştir. Kabuk çekme mukavemeti ve kesme enerjisi, ortam koşullarında ve buzdolabında depolama süresi ile

azalmıştır. Singh and Reddy (2006b), Sweet portakal meyvesinin delme kuvvetini 36.9 – 55.1 N aralığında belirlemişlerdir.

Delme kuvveti açısından çeşitler arasındaki farklılıkların çeşitlere ait genetik faktörler ile boyut, şekil ve kabuk kalınlığı vb. yapısal özelliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda yükleme hızı artışına bağlı olarak delme kuvveti değerlerinin artış gösterdiği ve eksenler arasında da farklılıkların kuvvetin uygulandığı temas noktalarının eksenlere göre farklılıklar göstermesi ve buna bağlı olarak meyvenin karşı tepkisinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Altuntas ve ark. (2013), 1.9 mm çaplı bir iğne uç kullanarak muşmula meyvesinin 31.8 mm min⁻¹ yükleme hızındaki delme testinde fizyolojik olgunluk ile olgunlaşma dönemine arasındaki delme kuvveti değerlerini sırasıyla 17.4 N ile 1.20 N aralığında olarak bulmuşlardır. Literatür sonuçlarına göre limon meyvelerinin delme kuvveti değerlerinin muşmula meyvesine göre daha yüksek delme kuvveti değerine sahip olduğu söylenebilir.

Kalyoncu (2016), Karayemiş (*Prunus laurocerasus*) meyvesinin delme kuvveti değerlerinin farklı hasat dönemlerinde X-, Y- ve Z-eksenleri boyunca azalma eğilimi gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca 1. hasat döneminden 3. hasat dönemine kadar olgunlaşma sürecine bağlı olarak delme kuvveti değerlerindeki azalmanın uzunluk (X-) eksenini için %12,90, genişlik (Y-) eksenini için %46,43 ve kalınlık (Z-) eksenini için %24,39 olduğunu belirtmiştir.

Gül ve ark. (2021), 11.1 mm çaplı silindirik bir uç kullanarak yaptıkları delme denemelerinde kamkat meyvesinin 20 ve 40 mm min⁻¹ yükleme hızlarındaki kuvvet değerlerini sırasıyla 28.78 N ile 38.24 N aralığında bulmuşlardır. Çalışmada, limon meyvelerinin delme kuvveti değerleri 56.51 N ile 98.83 N aralığında bulunmuştur. Literatür sonuçlarına göre, limon meyvelerinin delme kuvveti değerlerinin kamkat meyvesine göre daha yüksek delme kuvveti değerine sahip olduğu görülmektedir.

Deformasyon

Limon çeşitlerinin farklı hız ve eksenlerdeki deformasyon değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, limon meyvelerinde deformasyon değerleri çeşitler arasında farklılık göstermiş, çeşit faktörünün etkisi p<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Interdonato çeşidinde ortalama deformasyon değerleri 16.95 mm ile en yüksek değerde iken, Aydın çeşidinde 15.19 mm ile orta ve Kütdiken çeşidinde 12.56 mm ile en düşük değer elde edilmiştir. Delme işleminde yükleme hızlarının deformasyon üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Ortalama değerler incelendiğinde, en düşük deformasyon değeri 20 mm min⁻¹ hızında 14.84 mm olarak bulunurken, 40 mm min⁻¹ hızında 15.13 mm ile artış ve 60 mm min⁻¹ hızda ise 14.74 mm değerinde düşüş gözlenmiştir. Yükleme eksenlerinin etkisi incelendiğinde, x- eksenini boyunca yapılan ortalama deformasyon değeri 15.62 mm ile en yüksek düzeyde bulunurken, z- eksenini 13.89 mm değeri ile en düşük değerde, y- ekseninde de 15.20 mm ile iki değer aralığında bulunmuştur. Yükleme eksenlerinin deformasyon üzerine etkisi çok önemli bulunmuştur (p<0.01).

Altuntaş ve ark. (2009), Amasya ve Granny Smith elma çeşitlerinin 3 aylık depolama sonrası raf ömrü süresince fiziko-mekanik özelliklerini belirledikleri çalışmalarında özgül deformasyon değerlerinin Amasya çeşidinde %39.1 - 29.1 ve Granny Smith çeşidinde %92 - %135.1 aralığında değiştiğini açıklamışlardır. Gül ve ark. (2021), 11.1 mm çaplı silindirik bir uç kullanarak yaptıkları delme denemelerinde kamkat meyvesinin 20 ve 40 mm min⁻¹ yükleme hızlarındaki deformasyon değerlerini sırasıyla 9.83 mm ile 12.37 mm olarak

aralığında bulmuşlardır. Bu çalışmada limon meyvelerinin deformasyon değerleri 12.56 N mm⁻¹ ile 16.95 N mm⁻¹ aralığında bulunmuştur.

Çizelge 3. Limon çeşitlerinin farklı hız ve eksenlerine ait deformasyon ortalama değerleri (mm) .
Table 3. Mean deformation values of lemon varieties at different speeds and axes (mm).

Çeşit	Yükleme eksenleri	Yükleme hızları (mm min ⁻¹)			Çeşit Ortalaması
		20	40	60	
Aydın	x-ekseni	14.51	16.03	16.64	15.73
	y-ekseni	16.09	15.9	14.28	15.42
	z-ekseni	14.18	14.53	14.53	14.41
	Ortalama	14.93	15.49	15.15	15.19 b**
Interdonato	x-ekseni	20	19.1	17.39	18.83
	y-ekseni	16.53	17.13	15.79	16.48
	z-ekseni	14.85	16.08	15.71	15.55
	Ortalama	17.13	17.44	16.30	16.95 a**
Kütüden	x-ekseni	12.32	11.78	12.79	12.30
	y-ekseni	13.15	13.95	13.97	13.69
	z-ekseni	11.90	11.66	11.54	11.70
	Ortalama	12.46	12.46	12.77	12.56 c**
Ortalaması	Hız	14,84 öd	15.13 öd	14.74 öd	
	x-ekseni ortalaması	15,61	15.64	15.61	15.62 a**
	y-ekseni ortalaması	15,26	15.66	14.68	15.20 a**
	z-ekseni ortalaması	13,64	14.09	13.93	13.89 b**

Altuntas ve ark. (2013), 1.9 mm çaplı bir iğne uç kullanarak muşmula meyvesinin 31.8 mm min⁻¹ yükleme hızındaki delme testinde fizyolojik olgunluk ile olgunlaşma dönemi arasındaki deformasyon değerlerini sırasıyla 15.6 mm ile 20.1 mm aralığında bulmuşlardır. Bu sonuç, meyvenin olgunlaşmasının sertlikte azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Literatür sonuçlarına göre limon meyvelerinin deformasyon değerlerinin kamkat meyvesine göre daha yüksek deformasyon değerine sahip olduğu, buna karşın muşmula meyvelerine göre daha düşük değerde olduğu görülmüştür.

Delme enerjisi

Farklı hız ve eksenlerdeki limon meyvelerinin ortalama delme enerji değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Limon meyvelerinde delme enerjisi değerleri çeşitler arasında farklılık göstermiş ve çeşidin etkisi önemli bulunmuştur (p<0.01). Aydın çeşidinde delme enerjisi değerleri 751.94 mJ ile en yüksek iken, Interdonato çeşidinde 566.19 mJ orta ve Kütüden çeşidinde 358.57 mJ değeri ile en düşük değer elde edilmiştir. Yükleme hızlarının delme enerjisi üzerine etkisi p<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Yükleme hızlarının etkisi incelendiğinde, delme enerjisi değerleri yükleme hızlarının artışına bağlı olarak artış göstermiş, en yüksek değer 60 mm min⁻¹ hızında 575.59 mJ ile, en düşük değer 20 mm min⁻¹ hızında 517.64 mJ

değeriyle elde edilmiştir. Yükleme eksenlerinin delme enerjisi üzerine etkisi $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Yükleme eksenlerinin etkisi incelendiğinde, z- eksenini boyunca yapılan delme enerjisi değeri 510.88 mJ ile en düşük düzeyde bulunurken, y- eksenini en yüksek değerde 625.05 mJ değeriyle ve x- ekseninde ise 540.77 mJ ile iki değer aralığında bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Limon çeşitlerinin farklı hız ve eksenlerde ortalama delme enerjisi değerleri (mJ).
Table 3. Mean puncture energy values of lemon varieties at different speeds and axes (mJ).

Çeşit	Yükleme eksenleri	Yükleme hızları (mm min ⁻¹)			Çeşit Ortalaması
		20	40	60	
Aydın	x-ekseni	594.90	749.81	786.94	710.55
	y- eksenini	844.32	860.33	778.56	827.74
	z- eksenini	691.71	740.63	720.22	717.52
	Ortalama	710.31	783.59	761.91	751.94 a**
Interdonato	x-ekseni	579.34	615.70	532.90	575.98
	y- eksenini	602.95	626.64	580.35	603.31
	z- eksenini	443.16	549.69	565.02	519.29
	Ortalama	541.82	597.34	559.42	566.19 b**
Kütdiken	x-ekseni	283.88	317.30	406.19	335.79
	y- eksenini	353.22	457.82	521.25	444.10
	z- eksenini	265.28	333.34	288.85	295.82
	Ortalama	300.79	369.49	405.43	358.57 c**
Hız					
Ortalaması		517.64 b**	583.47 a**	575.59 a**	
	x- eksenini ortalaması	486.04	560.94	575.34	540.77 b**
	y- eksenini ortalaması	600.16	648.26	626.72	625.05 a**
	z- eksenini ortalaması	466.72	541.22	524.70	510.88 b**

Gürhan ve ark. (2001), Malatya yöresinde yetiştirilen Hacihaliloğlu, Hasanbey ve Çöloğlu kayısı çeşitlerinin bası yükü altındaki mekanik davranışlarını belirlemişlerdir. Kayıslar 3 farklı eksen ve deformasyon hızında yüklenmiş, deformasyon hızındaki artışın maksimum direnci gösteren kuvvet değerinde artışa neden olduğu, buna karşılık deformasyon enerjisi değerlerini düşürdüğünü belirlemişlerdir.

Altuntaş ve ark. (2009), Amasya ve Granny Smith elma çeşitlerinin 3 aylık depolama sonrası raf ömrü süresince fiziko-mekanik özelliklerini belirledikleri çalışmalarında kopma enerjisi değerlerini sırasıyla, Amasya çeşidinde 3502.5- 2633 mJ ve Granny Smith çeşidinde 4324.5 ile 2347.5 mJ arasında bulmuşlardır. Elma çeşitlerinde, raf ömrü süresinin kopma enerjisi değerleri değişimlerine etkisi Amasya çeşidi için önemsizken Granny Smith çeşidi için ise $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Altuntas ve ark. (2013), muşmula meyvesinde fizyolojik ve tam olgunluk dönemleri için 31.8 mm min⁻¹ yüklenme hızı ve 7.9 mm çapa sahip silindirik bir uçla yaptıkları delme testinde x- ekseninde delme kuvveti ve delme enerjisi değerlerini sırasıyla 82.3 N ile 8.1 N ve 593.6 mJ ile 74.0 mJ arasında bulurken, 1.9 mm çaplı bir iğne uç kullanıldığında kuvvet

değerlerini sırasıyla 17.4 ile 1.20 N aralığında ve delme enerjisi değerlerini 127.9 mJ ile 12.6 mJ aralığında bulmuşlardır. Gül ve ark. (2021), 11.1 mm çaplı silindirik bir uç kullanılarak yapılan delme denemelerinde kamkat meyvesinin 20 ve 40 mm min⁻¹ yükleme hızlarındaki delme enerjisi değerlerini 141.46 mJ ile 210.33 mJ aralığında bulmuşlardır.

Bu çalışmada, limon çeşitlerine ait meyvelerin delme enerjisi değerleri 358.57 mJ ile 751.94 mJ aralığında bulunmuştur. Literatür sonuçlarına göre, limon meyvelerinin delme enerjisi değerlerinin kamkat meyvesine göre daha yüksek delme enerjisi değerine sahip olduğu görülmektedir.

Sertlik (Sıklık, hardness)

Limon çeşitlerinin farklı hız ve eksenlerdeki sertlik (sıklık) değerleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Limon çeşitlerinin farklı hız ve eksenlerdeki ortalama sertlik değerleri (N mm⁻¹).
Table 4. Mean hardness values of lemon varieties at different speeds and axes (N mm⁻¹).

Çeşit	Yükleme eksenleri	Yükleme hızları (mm min ⁻¹)			Çeşit Ortalaması
		20	40	60	
Aydın	x-ekseni	5.72	5.85	5.75	5.77
	y-ekseni	6.58	6.85	7.36	6.93
	z-ekseni	6.94	7.11	6.63	6.89
	Ortalama	6.41	6.60	6.58	6.53 a**
Interdonato	x-ekseni	2.96	3.39	3.62	3.32
	y-ekseni	4.41	4.30	4.68	4.46
	z-ekseni	4.06	4.28	4.61	4.32
	Ortalama	3.81	3.99	4.30	4.03 c**
Kütdiken	x-ekseni	3.77	4.60	4.94	4.44
	y-ekseni	4.08	4.74	5.37	4.73
	z-ekseni	3.75	4.90	4.36	4.34
	Ortalama	3.87	4.75	4.89	4.50 b**
Hız					
Ortalaması		4.70 b**	5.11 a**	5.26 a**	
	x-ekseni ortalaması	4,63	4.92	5.12	4.89 b**
	y-ekseni ortalaması	4,91	5.29	5.78	5.33 a**
	z-ekseni ortalaması	4,92	5.43	5.20	5.18 a**

Limon meyvelerine uygulanan delme testinde elde edilen sertlik (sıklık) değerleri çeşitler arasında farklılık göstermiş ve çeşit faktörünün sertlik üzerine etkisi çok önemli bulunmuştur (p<0.01). Aydın çeşidinde sertlik değerleri 6.53 N mm⁻¹ ile en yüksek değerde iken, Interdonato çeşidinde 4.03 N mm⁻¹ ve en düşük değer Kütdiken çeşidinde 4.50 N mm⁻¹ değerinde bulunmuştur. Yükleme hızlarının delme kuvveti üzerine etkisi p<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Yükleme hızlarının etkisi incelendiğinde, yükleme hızlarının artışına bağlı olarak sertlik değerlerinin artış gösterdiği görülmüştür. Sertlik değerleri 20 mm min⁻¹ yükleme hızında 4.70 N mm⁻¹ değeriyle en düşük olurken, 40 mm min⁻¹ yükleme hızında sertlik değeri 5.11 N mm⁻¹ orta değer ve 60 mm min⁻¹ yükleme hızında sertlik değeri 5.26 N mm⁻¹ ile en yüksek değer olarak elde edilmiştir. Yükleme

eksenlerinin meyvelerin sertliği üzerine etkisi $p < 0.01$ seviyesinde çok önemli bulunmuştur. Yükleme eksenlerinin etkisi incelendiğinde, x- eksenini boyunca yapılan delme testinde sertlik değeri 4.89 N mm^{-1} ile en düşük değerde bulunurken, y- eksenini 5.33 N mm^{-1} değeriyle en yüksek değerde ve z- eksenini 5.18 N mm^{-1} değeri ile ortada yer almıştır. Celik ve ark. (2007) kivi meyvesinin fizyolojik olgunluk döneminde meyve kabuk ve meyve et kısmındaki sertlik (firmness) değerlerinin sırasıyla 95.05 N ve 78.28 N olarak elde edildiğini açıklamışlardır.

Limon çeşitlerinin farklı hız ve eksenlerdeki delme gücü değerleri Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. Limon çeşitlerinin farklı hız ve eksenlerdeki ortalama delme gücü değerleri (W).

Table 6. Mean puncture power values of lemon varieties at different speeds and axes(W).

Çeşit	Yükleme eksenleri	Yükleme hızları (mm min^{-1})			Çeşit Ortalaması
		20	40	60	
Aydın	x-ekseni	0.0137	0.0282	0.0474	0.0298
	y- eksenini	0.0175	0.0361	0.0545	0.0360
	z- eksenini	0.0162	0.0340	0.0487	0.0330
	Ortalama	0.0158	0.0328	0.0502	0.0329 a**
Interdonato	x-ekseni	0.0096	0.0215	0.0309	0.0207
	y- eksenini	0.0122	0.0244	0.0367	0.0244
	z- eksenini	0.0099	0.0228	0.0360	0.0229
	Ortalama	0.0106	0.0229	0.0345	0.0227 b**
Kütdiken	x-ekseni	0.0077	0.0180	0.0315	0.0191
	y- eksenini	0.0090	0.0219	0.0373	0.0227
	z- eksenini	0.0074	0.0095	0.0083	0.0084
	Ortalama	0.0080	0.0165	0.0257	0.0167 c**
Hız					
Ortalaması		0,0115 c **	0.0240 b**	0.0368 a**	
	x- eksenini ortalaması	0,0103	0.0226	0.0366	0.0232 b**
	y- eksenini ortalaması	0,0129	0.0275	0.0428	0.0277 a**
	z- eksenini ortalaması	0,0112	0.0221	0.0310	0.0214 c**

Limon çeşitlerine ait meyvelerde delme gücü değeri çeşitler arasında farklılık göstermiş, çeşit faktörünün etkisi $p < 0.01$ seviyesinde çok önemli bulunmuştur. Aydın çeşidinde delme gücü değerleri 0.0329 W ile en yüksek değerde iken, Kütdiken çeşidinde 0.0167 W değeri ile en düşük bulunmuştur. Interdonato çeşidinde delme gücü 0.0227 W olmuştur. Yükleme eksenleri ve yükleme hızlarının delme gücüne etkisi $p < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Yükleme hızlarının etkisi incelendiğinde, delme gücü yükleme hızlarının artışına bağlı olarak artış göstermiş, en yüksek değer 0.0368 W ile 60 mm min^{-1} hızında ve en düşük değer 0.0115 W ile 20 mm min^{-1} hızında elde edilmiştir. Yükleme eksenlerine göre, z- eksenini boyunca yapılan delme gücü değeri 0.0214 W ile en düşük düzeyde bulunurken, y- ekseninde 0.0277 W değeri ile en yüksek değerde ortaya çıkmıştır. x- ekseninde ortalama delme gücü değeri 0.0232 W olarak elde edilmiştir (Çizelge 6).

Altuntaş ve ark. (2009), Amasya ve Granny Smith elma çeşitlerinin kopma gücü değerlerini sırasıyla, $0.100-0.083 \text{ W}$ ve $0.130-0.060 \text{ W}$ aralığında bulmuşlardır. Elma çeşitlerinde, raf

ömrü süresinin kopma gücü değerlerine etkisi Granny Smith için $p < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Bu çalışmada, limon çeşitlerine ait meyvelerin delme gücü çeşit bazında 0.002 W ile 0.0033 W aralığında bulunmuştur. Literatür sonuçlarına göre, limon meyvelerinin delme gücü değerlerinin elma çeşitlerine göre daha düşük delme gücüne sahip olduğu görülmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, limon meyvesinin çeşit, yükleme hızı ve yükleme eksenlerinin bir fonksiyonu olarak mekanik özellikler incelenmiştir. Çalışmada Aydın, Interdonato ve Kütdiken çeşitlerinde 20, 40 ve 60 mm min^{-1} yükleme hızları ile x-, y- ve z- yükleme eksenleri dikkate alınmıştır. Denemelerde delme kuvveti, deformasyon, delme enerjisi, sertlik ve delme gücü değerleri belirlenmiştir. Delme kuvveti değerlerine çeşitlerin, yükleme eksenlerinin etkileri istatistiksel olarak $p < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Aydın çeşidinde delme kuvveti değerleri en yüksek iken en düşük delme kuvveti değeri Kütdiken çeşidinde bulunmuştur. Deformasyon değerleri açısından çeşitlerin, yükleme eksenlerinin etkileri $p < 0.01$ seviyesinde çok önemliyken, yükleme hızlarının etkisi önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Delme enerjisi değerleri için limon çeşitlerinin, yükleme eksenleri ve hızlarının etkileri $p < 0.01$ seviyesinde çok önemli çıkmıştır. Aydın çeşidinde delme enerjisi değerleri en yüksek, Kütdiken çeşidinde ise en düşük bulunmuştur. Sertlik değeri de en düşük Kütdiken çeşidine, en yüksek Aydın çeşidinde belirlenmiştir. Delme gücü değeri de z- eksenini için en düşük düzeyde ve y- eksenini için en yüksek değerdedir. Yükleme hızlarının etkisi, yükleme hızının artışına bağlı olarak artış göstermiş, en yüksek değer 60 mm min^{-1} hızında bulunmuştur. Delme kuvveti, delme enerjisi ve delme gücü değerleri açısından Aydın çeşidi en yüksek değerler verirken, en düşük değerleri Kütdiken çeşidinde ortaya çıkmıştır. Yükleme hızı açısından delme kuvveti, delme enerjisi ve delme gücü değerleri yükleme hızı arttıkça artış göstermiştir.

Limon meyvelerinin eksenleri ve yükleme hızlarının mekanik özelliklere etkileri önemli bulunmuştur. Çalışmanın bir sonucu olarak mekanik özelliklere ait delme kuvveti, deformasyon, delme enerjisi, sertlik ve delme gücü değerlerinin belirlenmesi; limon meyvelerinin hasat ve hasat sonrası özellikle ürün işleme teknolojilerinde kullanılacak olan ekipman ve sistemlerin projelenmesi, tasarımı, imalatı ve geliştirilmesinde önemli ve belirleyici bir rol oynamakta ve gerekli mühendislik verilerinin elde edilmesi açısından önemlidir.

5. Kaynaklar

- Açıkalın, E.C., Yeşiloğlu, T., Hacıoğlu, Ç., Pekmezci, M., Gözen, B., 2004. Bazı limon çeşitlerinin 1997-2000 yılları arasında Antalya ekolojik koşullarında gösterdikleri verim ve pomolojik özellikler. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2): 115-119.
- Aksüt, B., Polatçı, H. ve Taşova, M., 2023. The effect of pre-treatment and drying temperatures on energy consumption and quality characteristics in drying of lemon (*Citrus limon* L.) slices. *Journal of Thermal Analysis Calorimetry*, 148: 10415–10427 <https://doi.org/10.1007/s10973-023-12362-3>
- Altuntaş, E., Kaya, C., Yıldız, M., Tekelioğlu, O., 2009. Amasya ve Granny Smith elma çeşitlerinin raf ömrü sürecince fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(2): 7-13.
- Altuntas, E., Gul, E.N. ve Bayram, M., 2013. The physical, chemical and mechanical properties of medlar (*Mespilus germanica* L.) during physiological maturity and ripening period. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University (JAFAG)*, 30(1): 33-40.
- Altuntaş, E., Şekeroğlu, A., 2008. Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. *Journal of Food Engineering*, 85(4): 606-612.

- Anonim, 2024a. “Tüplü Aydın limon fidanı” Erişim Tarihi: 10.09.2024. [Online] <https://www.e-fidancim.com/Tuplu-Aydin-Limon-Fidani,PR-1865>.
- Anonim, 2024b. Turunçgil tür ve çeşitleri. Erişim Tarihi: 10.09.2024. [Online]. <https://subtropik.cu.edu.tr/cu/turunçgil-tur-ve-cesitleri/limon/kutdiken>
- Baradaran Motie, J., Miraei Ashtiani, S.H., Abbaspour-Fard, M.H. ve Emadi, B., 2014. Modeling physical properties of lemon fruits for separation and classification. *International Food Research Journal*, 21(5): 1901-1909.
- Dağdelen, Ç., 2019. Farklı taşıma frekanslarının limon ve şeftalideki fiziko-mekaniksel özelliklere etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Çanakkale.
- Gül, E. N., Altuntaş, E., Öcalan, O.N., 2021. Nagami çeşidi kamkat meyvelerinin fiziko-mekanik karakteristikleri ile biyoaktif özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 8(4): 1064–1072.
- Gürhan, R., Vatandaş, M., Güner, M., 2001. Kayısının mekanik davranışının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(4): 136- 140.
- Hacıseferoğulları, H., Özcan, M.M., Arslan, D., Ünver, A., 2012. Biochemical compositional and technological characterizations of black and white myrtle (*Myrtus Communis* L.) Fruits. *Journal of Food Science And Technology*, 49: 8288.
- Kabaş, Ö. 2010. Bazı turunçgil meyvelerinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi,” *Horticultural Studies*, 27(1): 33-42.
- Kalyoncu Hİ 2016. Karayemiş (*Prunus laurocerasus*) meyvesinin biyo-teknik özellikleri üzerine hasat dönemlerinin etkisi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 83pp. Yüksek Lisans Tezi, 83 s.
- Khazaei, J., Rasekh, M., Borghei, A.M., 2002. Physical and mechanical properties of almond and its kernel related to cracking and peeling. *An Asae Meeting Presentation*, Paper No. 026153.
- Mohsenin, N.N. 1980. *Physical properties of plants and animal materials*. Gordon and Breach Science publishers, NW, New York.
- Nourain, J., Ying, Y. B., Wang, J. P., Rao, X. Q., Yu, C. G., 2005. Firmness evaluation of melon using its vibration characteristic and finite element analysis. *Journal Of Zhejiang University, Science*, 6(6): 483-490.
- Olaniyan, A. M., Oje, K., 2002. Some aspect of the mechanical properties of shea nut. *Biosystems Engineering*, 81: 413-420.
- Saraçoğlu, T., 2017. Bazı narenciye türlerinin seçilmiş fiziksel ve hidrodinamik özellikleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32: 206-215.
- Singh, K. K., Reddy, B. S., 2006a. Post-harvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit. *Journal of Food Engineering* 73: 112–120.
- Singh, K. K., Reddy, B. S., 2006b. Measurement of mechanical properties of sweet orange. *Journal of Food Science and Technology -Mysore-* 43(4): 442-445.
- Sirisomboon, P., Pornchaloempong, P., & Romphopk, T., 2007. Physical properties of green soybean: criteria for sorting. *Journal of Food Engineering*, 79: 18-22.
- Şahin, G., Altuntaş, E., Polatçı, H., 2020. Mersin (*Myrtus communis* L.) meyvesinin fiziksel, mekanik, renk ve kimyasal özellikleri,” *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(1): 59-68.
- TMMOB, 2019. *Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği*,” Erişim Tarihi: 08.08.2022. [Online] <http://www.tmmob.org.tr/>
- TÜİK, 2021. *Türkiye İstatistik Kurumu*. Erişim Tarihi: 08.08.2022. <http://www.tuik.gov.tr>
- Yadav, P.B., Mate, V.N., 2023. Physical and textural properties of lemon (*Citrus lemon*). *The Pharma Innovation Journal* 2023; 12(6): 2634-2637.
- Yeşiloğlu, T., Yılmaz, B., İncesu, M., Çimen, B., 2017. The Turkish citrus industry, *Chronica Horticulturae*, 57(4): 17-22.