

## Şeftalilerin Zedelenme Hassasiyeti Üzerine Mekanik Özelliklerin Etkisi

Kubilay VURSAVUŞ<sup>(1)</sup>

Faruk ÖZGÜVEN<sup>(1)</sup>

### Özet

Bu çalışmada, Dixired çeşidi şeftalilerin depolama süresine bağlı mekanik özelliklerindeki (kabuk yırtılma kuvveti, elastisite modülü, deformasyon enerjisi ve deformasyon) değişim deneysel olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mekanik özellikler ile zedelenme hassasiyeti arasındaki ilişki de araştırılmıştır. Bu amaçla, pendulum çarpma test düzeneği ile 4 farklı enerji seviyesinde çarpma denemeleri yapılmıştır. Zedelenme hacimleri, çarpma uygulaması sonrası zedelenmiş şeftali meyveleri üzerinde ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda, depolama süresindeki artış ile kabuk yırtılma kuvveti, elastisite modülü ve deformasyon enerjisi değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle, Dixired şeftali çeşidinin 0°C ve %90 nispi nem düzeyinde depolanması durumunda 14. günün kritik gün olduğu ve bundan sonraki günlerde şeftalilerin çarpma zedelenmelerine karşı daha duyarlı hale geldiği bulunmuştur. Mekanik özellikler ile zedelenme hacmi arasındaki ilişkiler incelendiğinde, en uygun ilişkinin üssel olduğu ve mekanik özelliklere ilişkin matematiksel modeller arasında 0.744'lük belirtme katsayısı ve 0.426'lık standart hata ile zedelenme hacmini en iyi tahmin edebilen mekanik özelliğin kabuk yırtılma kuvveti olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Şeftali, Mekanik Özellik, Depolama Süresi, Zedelenme Hassasiyeti, Kabuk Yırtılma Kuvveti

## Effect of Mechanical Properties on the Bruise Susceptibility of Peaches

### Abstract

In this study, variation in the mechanical properties (bio-rupture force, modulus of elasticity, and failure energy and deformation) depending on duration of storage of Dixired peaches was experimentally investigated. Furthermore, relationship between the mechanical properties and bruise susceptibility was examined. Therefore, Impact treatments were applied to the peaches by pendulum impactor test device at four energy levels. After impact treatments, bruise volume was measured in the bruised peaches. It was determined that bio-rupture force, modulus of elasticity and failure energy decreased with the increase of duration of storage. When Dixired peaches were stored at 0°C and 90% relative humidity, 14 days in storage was a critical day for peaches, and it was found that peaches were very susceptible against impact damage after 14 days. When investigated relationship between mechanical properties and bruise susceptibility, the best suitable mathematical model was found to be exponential. In addition, it was determined that bio-rupture force was the best predictor with coefficient of determination of 0.744 and standard error of estimates of 0.426 between the mathematical models.

**Keywords:** Peach, Mechanical Properties, Duration of Storage, Bruise Susceptibility, Bio-Rupture Force

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 11.03.2003

<sup>(1)</sup> Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 330 Balcalı-Adana

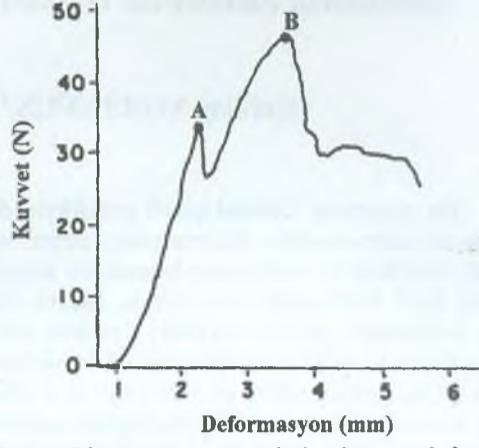
### Giriş

Biyolojik materyal, çeki ve bası gerilmesi altında çelik ve lastikle karşılaştırıldığında biyolojik materyalin çok küçük zorlanmalar karşısında büyük deformasyonlara maruz kaldığı görülmekte ve uygulanan yük kaldırıldığında materyalde kalıcı deformasyon meydana gelmektedir (Öğüt ve Aydın, 1992).

Materyale kuvvet etkidiğinde, materyalin yapısına ve kuvvetin büyüklüğüne bağlı olarak akma olayı meydana gelmektedir. Biyolojik malzemenin kuvvet-deformasyon eğrisinde de akma "A" ve kabuk yırtılma "B" noktaları görülmektedir (Şekil 1). Biyolojik akma noktasında hücre dokusunun patlaması sonucu meyve suları kabuk ile meyve eti arasında birikmektedir. Zamanla kabuğun solunumu ve meyve sularının oksidasyonu ile renk koyulaşması görülmektedir. Biyolojik akma noktasının altındaki kuvvet değerleri ölçüldüğünde ürüne zarar vermeden uygulanabilecek kuvvet bulunabilmektedir (Öğüt ve Aydın, 1992). Reolojik anlamda, Mohsenin (1980) adlı araştırmacının belirttiği gibi bir meyve dokusu gerçek anlamda materyal biyolojik akma noktasına ulaşana kadar zedelenmemektedir. Bu, kuvvet-deformasyon eğrisi üzerinde belirli bir deformasyon için gereksinim duyulan kuvvetteki ani bir azalma ile hücre kopmasının meydana geldiği noktadır.

Fletcher ve ark., (1965) kuvvet-deformasyon arasındaki ilişkinin malzemenin mekanik özellikleri açısından çok anlamlı bir kriter olduğunu ve bu ilişkinin yükleme miktarı, sıcaklık ve diğer fiziksel özelliklere bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir.

Ürünün zorlanması, ürünü mekanik yapısının, dış mekanik kuvvetlere karşı gösterdiği tepki şeklinde ifade edilmektedir. Tarımsal ürünler, dış kuvvetler altında çekiye, basıya, eğilmeye ve kesilmeye maruz kalmaktadır. Bunlar; ürün sıcaklığına ve nem içeriğine bağlı olarak dinamik ve statik zorlanmaya maruz kalmasına göre ayrı veya bir arada etki etmekte ve tarımsal materyalde hasarlara neden olmaktadır.



Şekil 1. Bir meyve örneğinde kuvvet-deformasyon eğrisi

Tarımsal ürünler, canlı bir organizma olduğundan mekanik zedelenmelere karşı çok duyarlıdır. Bu nedenle, tarımsal ürünlerin hasadı, depoya taşınması, depolanması, ambalajlanması ve pazara iletilmesi süresince ürünlerde oluşan zedelenme pazar değerini düşürmekte, depolama süresince hastalık ve bozulmaya karşı dayanıksız yapmaktadır (Kara ve Turgut, 1988). Bunun için, tarımsal ürünlerin mekanik özelliklerinin bilinmesi ve bu özellikler göz önüne alınarak yukarıda belirtilmiş olan hususların en aza indirilmesi yoluna gidilmelidir.

Mekanik özellikler, bir taraftan makina ve ekipman tasarımında gereksinim duyulan temel mühendislik verilerini oluştururken, diğer yandan tarımsal ürün çeşitlerinin mekanik yüke karşı gösterdikleri direncin belirlenmesine ve buna göre gereken önlemlerin alınmasına yardımcı olmaktadır.

Meyve ve sebzeler, mekanik yük etkisi altında viskoelastik davranış sergilemektedirler. Örneğin bir paketin tabanındaki meyve üzerinde yer alan diğer meyvenin ağırlığı ve meyve paketi yan duvarları ile olan teması uzun süreli bir yükleme kuvveti oluştururken, meyvenin sert bir yüzeye çarpması, çok hızlı bir yükleme koşuludur (Abbott ve Harker., 2002). Meyve, bu iki yükleme şekline oldukça farklı yanıt vermektedir. Meyve ve sebze dokularının viskoelastik yapıda olması nedeniyle, yükleme miktarı kontrol edilmelidir. Optimum yükleme miktarı çeşitli ürünler için farklılık göstermektedir. Şüphesiz, insanlar farklı tekstürel özelliğe sahip ürünleri yerken farklı yükleme miktarı (çiğneme hızı) kullanmaktadırlar

(Harker ve ark., 1997), fakat özel ölçüm aletleri ile yapılan optimum yükleme miktarı insan çiğneme miktarına benzememektedir (Thybo ve ark., 2000).

Tarımsal ürünlerin sertlikleri Şekil 1 de görülen farklı kuvvet-deformasyon seviyelerinde ölçülebilir. Bu durum ölçümün amacına ve kalite niteliğinin tanımına bağlıdır. Sıkıştırma denemeleri, nispeten 60-300 mm/dakika gibi düşük hızlarda gerçekleştirilirken, meyve ve sebzelerin hasat sonrası işlemlerinde oluşan çarpma hızları yaklaşık 400 mm/s veya sadece 8.1 mm (bazen çok daha büyük) lik düşme yüksekliğine eşdeğer bir hızda gerçekleşmektedir.

Tarımsal ürünlerin mekanik özelliklerindeki değişim zedelenme hassasiyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Sıcaklık, nem içeriği, gelişim ve olgunluk safhası gibi materyalin fiziksel ve biyolojik durumu ile ilgili parametreler mekanik özelliklerin değişimine neden olmaktadır. Bunun yanında, statik ve dinamik yükleme koşulları ve miktarları da mekanik özelliklerdeki değişim üzerinde etkili diğer parametrelerdir. Çoğu durumda, sıcaklık tarımsal ürünlerin mekanik özelliklerini ve zedelenmeye karşı hassasiyetini önemli derecede etkilemektedir. Sıcaklık değişimi ile, hücrel materyallerin turgor basıncı ve elastiklik değişmektedir (Sitkei, 1986; Baritelle ve ark., 2000).

Hung ve Prussia (1989), depolama süresince şeftalinin tekstürel yapısının değiştiğini, elastikliğin azaldığını ve şeftalinin daha kırılğan olduğunu belirtmiştir. Bu araştırmacılar, depolama süresine bağlı olarak tekstürel yapıdaki bu değişimin ürün zedelenme hassasiyetini azalttığını çalışmaları sonucunda ortaya koymuşlardır. Tarımsal ürünlerin mekanik özelliklerindeki bu değişim ürünlerde zedelenmenin görüldüğü nokta olan zedelenme sınır yüksekliği (düşme yüksekliği) üzerinde de etkili olmaktadır. (Baritelle ve ark., 2000).

Bu çalışmada, (1) Dixired şeftali çeşidinde depolama süresinin mekanik özellikler üzerindeki etkisi araştırılmış, (2) bu özellikler ile ürün zedelenme hassasiyeti arasında ilişki olup olmadığı belirlenmiş ve (3) şeftalinin zedelenme hassasiyeti tahmininde kullanılabilecek en uygun mekanik özellik tanımlanmaya çalışılmıştır.

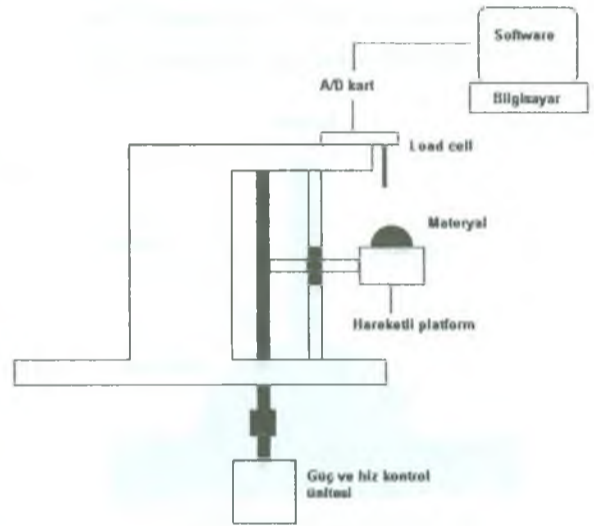
## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Araştırmada kullanılan şeftaliler 31 Mayıs 2002 tarihinde ticari bir şeftali bahçesinden elle hasat edilmiştir. Şeftaliler, 0°C ve %90 nispi nemde; 0, 7, 14, 21 ve 28 gün süreyle depolanmıştır. Deneme öncesi şeftaliler ortam sıcaklığına ulaşana kadar 1h süre bekletilmiştir. Ortalama "Dixired" şeftali ağırlığı ve çapı sırasıyla 102.87 g ve 58.41 mm olarak ölçülmüştür.

### Yöntem

Sıkıştırma denemelerinde (quasi-static) şeftalilerin mekanik özelliklerini belirlemek için, biyolojik malzeme test cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz, Aydın ve Ögüt (2002) tarafından geliştirilmiş cihazın bir benzeridir. Biyolojik malzeme test cihazı; load-cell (yük hücresi) üzerinde bağlantılı sabit silindirik uç, hareketli plaka, güç ve hız kontrol ünitesi ve veri algılama ünitesinden oluşmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Biyolojik malzeme test cihazı

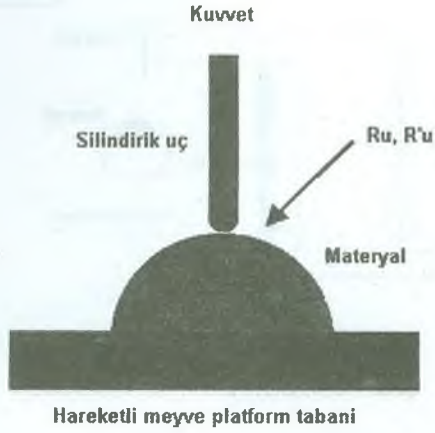
Şekil 2' den de görüldüğü gibi, şeftalinin yarısı hareketli platform üzerine yerleştirilmiş ve 0.00086 m/s hızla load-cell üzerinde sabitlenmiş silindirik uç ile sıkıştırılmıştır. Kuvvet-deformasyon eğrileri veri algılama ünitesi ile kaydedilmiş ve mekanik özellikler bu eğriler kullanılarak ölçülmüştür. Denemeler, ASAE test standartlarında (No. S368.4) belirtilen koşullara uygun olarak gerçekleştirilmiştir (ASAE, 2001). Sıkıştırma denemelerinde 8 mm çapında silindirik

uç kullanılmıştır (Şekil 3). Şeftalilerin eğrilik yarıçapı, eğrilik yarıçapı ölçüm aleti kullanılarak ölçülmüştür (ASAE, 2001). Sıkıştırma denemeleri sonucunda elde edilen kuvvet-deformasyon eğrileri kullanılarak elastisite modülü, kabuk yırtılma kuvveti ve deformasyon enerjisi değerleri belirlenmiştir. Elastisite modülü aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (ASAE, 2001).

$$E = \frac{0.338K_u^{3/2}F(1-\mu^2)}{D^{3/2}} \left( \frac{1}{R_u} + \frac{1}{R_u'} + \frac{4}{d} \right)^{1/2} \quad (1)$$

Burada:

- E = Elastisite modülü (Pa),
- F = Sıkıştırma kuvveti (N),
- $\mu$  = Poisson oranı (boyutsuz)
- D = Sıkıştırma kuvveti altında oluşan deformasyon (m)
- $K_u$  = Sabit (1.218),
- $R_u$  = Temas noktasında örneğin minimum eğrilik yarıçapı (m),
- $R_u'$  = Maksimum eğrilik yarıçapı (m) ve
- d = Silindirik ucun eğrilik çapı (m) dir.



Şekil 3. Silindirik uç kullanılarak şeftalilerin sıkıştırılması

Kabuk yırtılma kuvveti (N), kuvvet-deformasyon eğrisi üzerindeki yırtılma kuvveti değeri dikkate alınarak ve deformasyon enerjisi (J) de kabuk yırtılma noktasındaki kuvvet-deformasyon eğrisi altında kalan alandan hesaplanmıştır. 1 no lu eşitlikte kullanılan poisson oranı 0.49 olarak alınmıştır (Fridley ve ark., 1968).

Çarpma denemelerinde, Hung ve Prussia (1989) tarafından geliştirilen pendulum çarpma test düzeneğine benzer bir düzenek kullanılmıştır.

Çarpma işlemi, çiçek-sap eksenini boyunca şeftali meyvelerinin yarısı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Meyvenin yarısı üzerine ahşap küre çarptırılarak zedelenme oluşumu sağlanmıştır. Çarpma sırasında meyve tarafından absorbe edilen enerji miktarı çarpma ve sıçrama enerjisi aralarındaki farktan 2 no' lu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Çarpma sonrası kürenin sıçrama yüksekliği doğrudan çarpma test düzeneği üzerinden okunmuştur.

$$E_a = mg(h_1 - h_2) \quad (2)$$

Burada:

- $E_a$  = Meyve tarafından absorbe edilen enerji (J),
- m = Ahşap kürenin kütlesi (kg),
- g = Yerçekimi ivmesi ( $m/s^2$ ),
- $h_1$  = Ahşap kürenin düşme yüksekliği (m) ve
- $h_2$  = Ahşap kürenin sıçrama yüksekliği (m)'dir.

Şeftalilerin zedelenme hassasiyetlerinin ve mekanik özellikler ile zedelenme hassasiyeti arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla yapılan çarpma denemelerinde, 0.1, 0.2, 0.3 ve 0.4 J olmak üzere dört farklı enerji seviyesi kullanılmıştır. Her çarpma denemeleri 6 tekrarlı gerçekleştirilmiş ve 0, 7, 14, 21 ve 28 günlük depolama süreleri için ortalama değerler dikkate alınmıştır. Denemeler boyunca, toplam 120 adet şeftali kullanılmıştır.

Farklı enerji seviyelerinde gerçekleştirilen çarpma denemeleri sonrasında, her şeftali meyvesi üzerinde renk koyulaşması meydana geldikten sonra zedelenme çapı, zedelenme derinliği ve zedelenme genişliği dijital kumpas kullanılarak ölçülmüştür. Toplam zedelenme hacmi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Hung ve Prussia, 1989).

$$V = 1.33\pi DPW/8 \quad (3)$$

Burada:

- V = Zedelenme hacmi ( $mm^3$ ),
- D = Zedelenme çapı (mm),
- P = Zedelenme derinliği (mm) ve
- W = Zedelenme genişliği (mm)'dir.

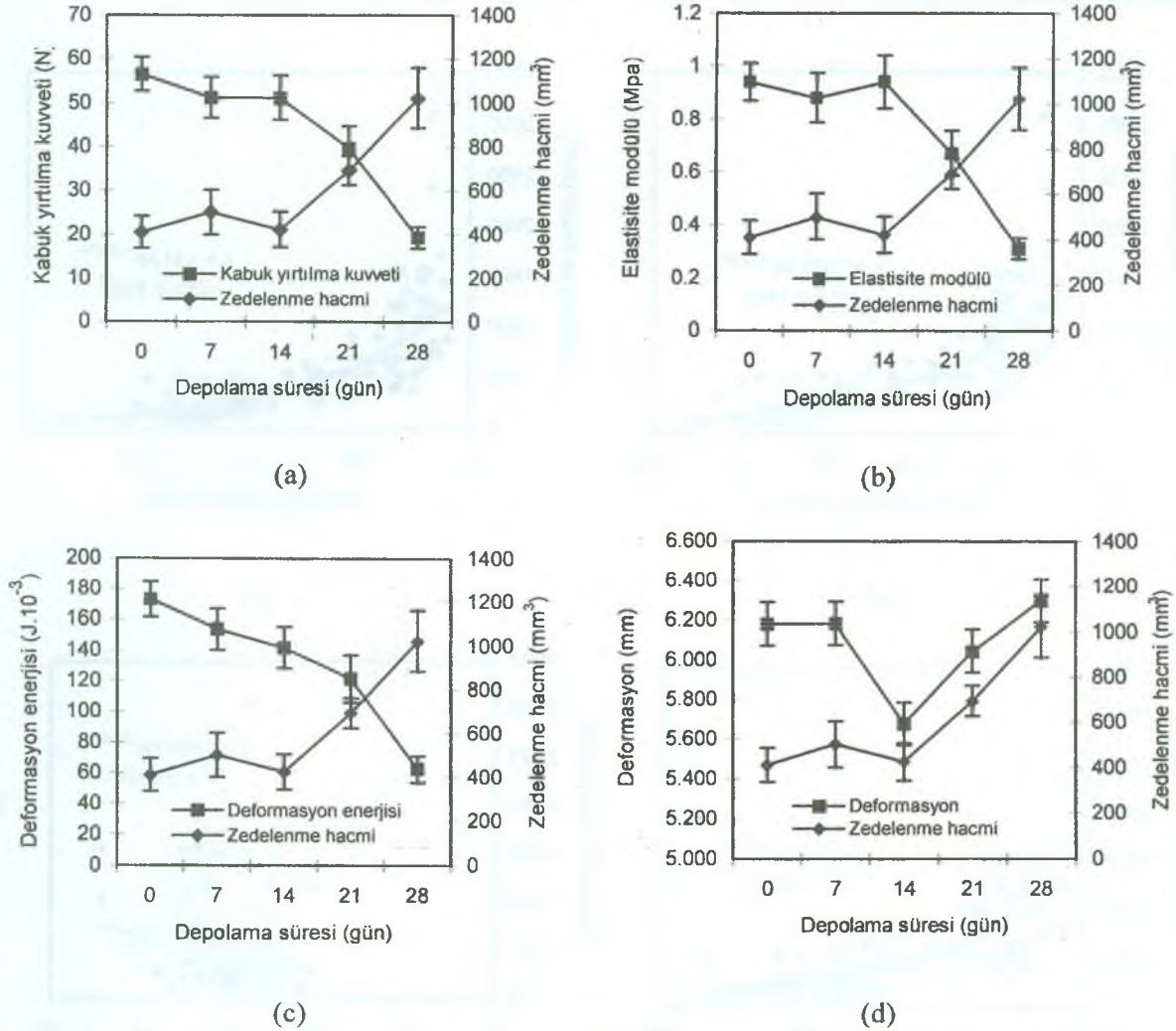
Sıkıştırma ve çarpma denemelerinde aynı örneklerden elde edilen sonuçlar arasında yani sıkıştırma denemelerinde ölçülen ve hesaplanan

biyolojik teknik özellikler ile zedelenme hacmi arasında bir ilişki olup olmadığını belirleyebilmek için *Regresyon Analiz Yöntemi* kullanılmıştır. Bu analiz yönteminde (X:Y); X = Bağımsız değişken (elastisite modülü, kabuk yırtılma kuvveti, deformasyon enerjisi ve deformasyon), Y = Bağımlı değişken (zedelenme hacmi), olarak ele alınmış ve değerlendirmeler  $R^2$ , belirtme katsayısı ve SEE, tahmini standart hata değerleri dikkate alınarak yapılmıştır. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki en iyi ilişki için  $R^2$ 'nin en yüksek, SEE nin ise en düşük değerde olması

gerekmektedir. Depolama süresinin mekanik özellikler üzerindeki etkisi varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılarak belirlenmiştir.

#### Bulgular ve Tartışma

Depolama süresine bağlı olarak şeftalilerin mekanik özellik ve zedelenme hacimindeki değişime ilişkin sonuçlar Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 4' de yer alan her bir nokta 24 değer ortalaması olup standart hata barları ile birlikte çizilmiştir.



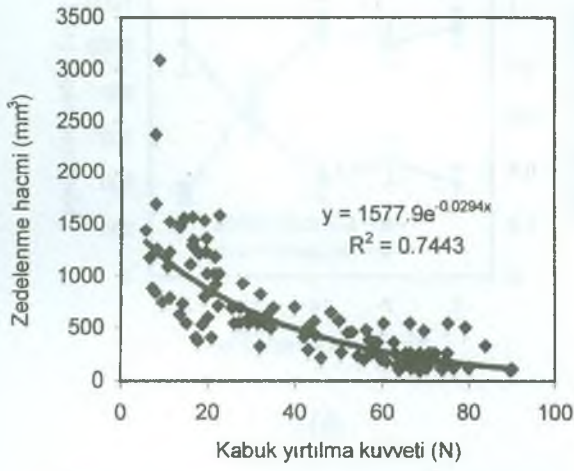
Şekil 4. Depolama süresinin çarpma öncesi mekanik özellikler ve çarpma sonrası zedelenme hacmi üzerindeki etkisi

Şekil 4 (a, b ve c) de görüldüğü gibi; elastisite modülü, kabuk yırtılma kuvveti ve deformasyon enerjisi değerleri, 14. depolama gününe kadar önemli derecede değişim göstermemiştir. 14. günden sonra ise depolama

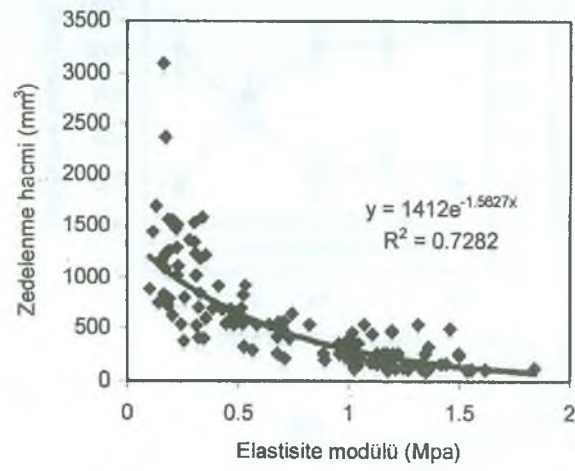
süresi ile birlikte azalmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre depolama süresi, kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon hariç tüm mekanik özellikler üzerinde istatistiksel olarak etkili bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Depolama sürelerinin

mekanik özellikler üzerindeki etkisine ilişkin olarak yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre 0 ve 7. gün değerleri aynı grup içerisinde yer almıştır ( $P < 0.05$ ). 14. günden sonra ise ölçülen değerlerin farklı gruplar içerisinde yer aldığı yapılan istatistiksel analiz sonucunda belirlenmiştir. Bu durum bize, şeftalilerin 14. günden sonraki depolama sürelerinde yumuşamaya başladığını göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar Hung ve Prussia (1989) adlı araştırmacıların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Şeftalilerin mekanik özelliklerindeki bu değişim ve zedelenme hassasiyeti üzerindeki etkisi zedelenme hacmi

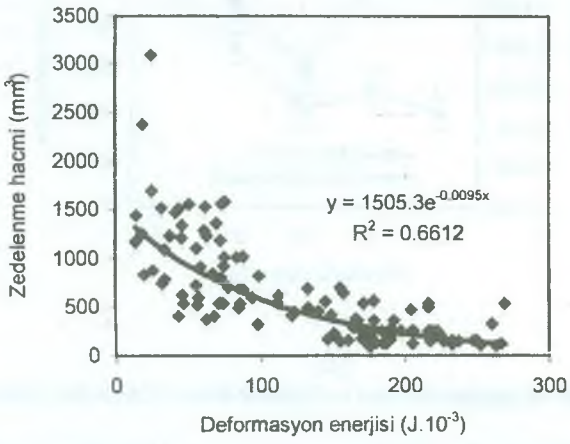
ölçümlerinde de kendini göstermiştir (Şekil 4). Yapılan ölçümler sonucunda, depolama süresinin kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon üzerinde ise bir etkisinin olmadığı görülebilmektedir (Şekil 4-d). Mekanik özelliklerdeki değişimin zedelenme hacmi üzerindeki etkisi doğrusal, üssel ve üs olmak üzere üç farklı matematiksel model kullanılarak test edilmiştir. Matematiksel modeller içerisinde mekanik özellikler ile zedelenme hacimleri arasında en iyi ilişkinin üssel olduğu belirlenmiştir. Mekanik özellikler ile zedelenme hacmi arasındaki ilişkiyi ortaya koyacak model eşitlikler ve  $R^2$  iyilik dereceleri Şekil 5'de verilmiştir.



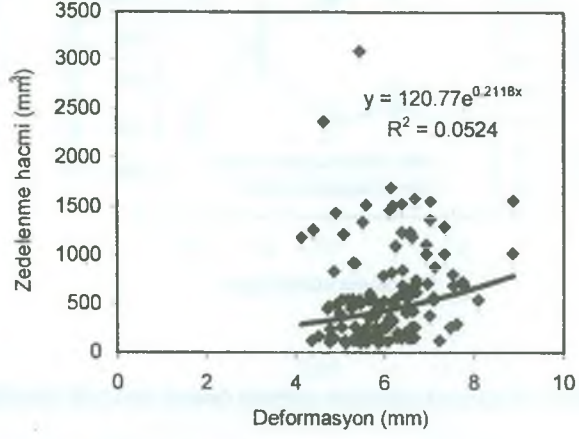
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 5. Şeftalinin mekanik özellikleri ile zedelenme hacmi arasındaki ilişki

Yapılan ölçümler sonucunda, kabuk yırtılma kuvveti, elastisite modülü ve deformasyon enerjisi zedelenme hacmi üzerinde etkili bulunmuş olup  $R^2$  iyilik dereceleri sırasıyla, 0.7443, 0.7282 ve 0.6612 olarak belirlenmiştir (Şekil 5-a, b ve c). Kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon ile zedelenme hacmi arasındaki ilişki ise düşük bir belirtme katsayısı değerine ( $R^2=0.0524$ ) sahip olup aralarında hiçbir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Şekil 5-d). Garcia ve ark. (1995), elma ve armut meyveleri kullanarak yapmış oldukları ölçümler sonucunda da kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon ile zedelenme hacmi arasındaki ilişkinin önemsiz düzeyde olduğunu belirlemişlerdir. Kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon değerleri ile zedelenme hacmi arasındaki ilişki bu yönüyle Garcia ve ark. (1995) tarafından belirlenen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Yöntem bölümünde de belirtildiği gibi, bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arasındaki ilişkilerin ortaya konmasında  $R^2$  iyilik derecelerinin tek başına kullanımı yeterli olmamaktadır. İyilik derecelerinin yanında, tahmini standart hata (SEE) değerlerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Bu nedenle mekanik özellikler ile zedelenme hacmi arasındaki ilişkiyi ortaya koyacak en iyi model eşitliğin ve mekanik özelliğin belirlenmesi amacıyla SPSS istatistiksel paket programı kullanılarak SEE değerleri hesaplanmış ve bunlara ilişkin sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. Kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon ile zedelenme hacmi arasındaki ilişki çok düşük düzeyde kaldığı için, Çizelge 1'de verilen regresyon analizi sonuçları değerlendirilmesinde bu ikili ilişkiye yer verilmemiştir.

Çizelge 1'e ilişkin sonuçlar, Dixired şeftali çeşidi için zedelenme hacmini en iyi tahmin eden mekanik özelliğin kabuk yırtılma kuvveti olduğunu göstermektedir ( $F_{KY}:ZH$ ).

Depolama süresindeki artışa bağlı olarak ölçülen kabuk yırtılma kuvveti değerleri incelendiğinde (Şekil 4-a), 14. günden sonraki depolama sürelerinde kabuk yırtılma kuvveti değerlerinde ani düşüşlerin olduğu görülebilmektedir. Kabuk yırtılma kuvvetindeki bu azalma, şeftalilerin dokusunda yumuşamaların oluştuğunun bir göstergesidir. Dokudaki bu yumuşamaya bağlı olarak ta her bir çarpma enerjisi

seviyesinde meyve tarafından absorbe edilen enerji miktarı daha yüksek çıkmıştır. Absorbe edilen enerji miktarındaki bu artış zedelenme hacminin yükselmesine neden olmuştur.

Çizelge 1. Mekanik Özellikler İle Zedelenme Hacmine İlişkin Regresyon Analizi Sonuçları

Üssel regresyon sonuçları	Mekanik Özellik : Zedelenme Hacmi		
	$F_{KY}:ZH$	$E_M:ZH$	$D_E:ZH$
Tahmini standart hata, SEE	0.426	0.439	0.490
	$F_{ky}:ZH$	$E_M:ZH$	$D_E:ZH$
Belirtme katsayısı, $R^2$	0.744	0.728	0.661

$F_{KY}$ = Kabuk yırtılma kuvveti (N),  $E_M$ : Elastisite modülü (Mpa),  $D_E$ : Deformasyon enerjisi ( $J.10^{-3}$ ), ZH: Zedelenme hacmi ( $mm^3$ )

Şekil 5-a da verilen regresyon eşitliğinde 70 ve 30 N luk kabuk yırtılma kuvveti değerleri yerine konduğunda tahmin edilen zedelenme hacmi değerleri sırasıyla, 201.52  $mm^3$  ve 654.73  $mm^3$  olarak hesaplanabilmektedir. Hung ve Prussia (1989), mekanik özelliklerin zedelenme hassasiyeti üzerindeki etkilerini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada zedelenme hassasiyeti ile mekanik özellikler arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunu bulmuş ve sırasıyla 0.64 ve 0.62 lik belirtme katsayıları ile zedelenme hassasiyetinin deformasyon gerilimi ve kabuk yırtılma kuvveti kullanılarak tahmin edilebileceğini belirlemişlerdir.

### Sonuç

Dixired şeftali çeşidinde, biyolojik malzeme test cihazı kullanılarak ölçülmüş olan mekanik özelliklerin (kabuk yırtılma kuvveti, elastisite modülü ve deformasyon enerjisi) depolama sürelerindeki artışa bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Özellikle 14. günden sonraki depolama sürelerinde ani azalmaların meydana geldiği görülmüştür. Bu nedenle Dixired şeftali çeşidinin 0°C ve %90 nispi nem düzeyinde depolanması durumunda 14. günün kritik gün olduğu ve bundan sonraki sürelerde şeftalilerin çarpma zedelenmelerine karşı daha duyarlı hale geldiği söylenebilir. Mekanik özellikler ile zedelenme hacmi arasındaki ilişkilerde incelenmiş olup, yapılan regresyon analizleri sonucunda her

üç mekanik özellik içinde en iyi ilişkinin üssel olduğu belirlenmiştir. Mekanik özelliklere ilişkin matematiksel modeller içerisinde 0.744 lük belirtme katsayısı ve 0.426 lük standart hata ile zedelenme hacmini en iyi tahmin edebilen mekanik özelliğin kabuk yırtılma kuvveti olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yapılan ölçümler ve regresyon analizi sonucunda kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon ile zedelenme hacmi arasında bir ilişkinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

#### Teşekkür

Bu çalışmada, deneme materyali olarak şeftalilerin kullanımına olanak sağlayan Ç.Ü. Rektörlüğü Pozantı Tarımsal Araştırma Merkezine teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- Abbott, J.A., Harker, F.R., 2002. Texture. Research Note. The Horticulture and Food Research Institute of New Zealand.
- ASAE, 2001. Compression Test of Food Materials of Convex Shape. ASAE S368.4, American Society of Agricultural Engineers.
- Aydın, C., Ögüt, M., 2002. Some physico-mechanic properties of terebinth (*Pistacia terebinthus* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*, (53): 97-11.
- Baritelle, A.L., Hyde, G.M., Varith, J., 2000. Turgor and Temperature Effects on Apple Tissue Failure Stress and Strain. Biological Systems Engineering Dept., Washington State University Research Project Note, pp: 18.
- Fletcher, S.W., Mohsenin, N.N., Hammerle, J.R., Tukey, L.D., 1965. Mechanical Behavior of Selected Fruits and Vegetables Under Fast Rates of Loading. *Transactions of the ASAE* 8(3):324-326.
- Fridley, R.B., Bradley, R.A., Rumsey, J.W., Adrian, P.A., 1968. Some Aspects of Elastic Behavior of Selected Fruits. *Transactions of the ASAE*, 9(1): 46-49
- Garcia, J.L., Ruiz-Altisent, M., Barreiro, P., 1995. Factors Influencing Mechanical Properties and Bruise Susceptibility of Apples and Pears. *Journal of Agriculture Engineering Research*, (61): 11-18.
- Harker, F.R., Redgwell, R.J., Hallet, I.C., Murray, S.H., 1997. Texture of Fresh Fruit. *Hort. Rev.* 20: 121-224.
- Hungh, Y.C., Prussia, S.E., 1989. Effect of Maturity and Storage Time on the Bruise Susceptibility of Peaches (CV. Red Globe). *Transactions of the ASAE*, 32(4): 1377-1382.
- Kara, M., Turgut, N., 1988. Erzurum Yöresinde Yetiştirilen Patates Çeşitlerinin Önemli Bazı Mekanik Özelliklerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. *Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*: 302-313, Erzurum.
- Mohsenin, N.N., 1980. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*(Third Printing). Gordon and Breach Publ., New York.
- Ögüt, H., Aydın, C., 1992. Konya Ekolojik Şartlarında Yetiştirilen Bazı Elma Çeşitlerinin Poisson Oranı ve Elastikiyet Modüllerinin Belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2(3): 39-53, Konya
- Sitkei, G., 1986. *Mechanics of Agricultural Materials*. Akademiai Kiado, Budapest.
- Thybo, A.K., Nielsen, M., Martens, M., 2000. Influence of Uniaxial compression Rate on Rheological Parameters and Sensory Texture Prediction of Cooked Potatoes. *Journal of Texture Studies* 31: 25-40.