

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melih Yavuz ÇEVİK

**DOMATESTE OLGUNLUĞUN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLER
ÜZERİNE ETKİSİ**

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

ADANA, 2013

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOMATESTE OLGUNLUĞUN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLER
ÜZERİNE ETKİSİ**

Melih Yavuz ÇEVİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu Tez 22/08/2013 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Ahmet İNCE Doç. Dr. Kubilay VURSAVUŞ Doç. Dr. Serkan SELLİ
DANIŞMAN ÜYE ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tarım Makinaları Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma . Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmemiştir.
Proje No:**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DOMATESTE OLGUNLUĞUN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLER
ÜZERİNE ETKİSİ**

Melih Yavuz ÇEVİK

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

Danışman : Doç. Dr. Ahmet İNCE

Yıl: 2013, Sayfa: 39

Jüri : Doç. Dr. Ahmet İNCE

: Doç. Dr. Kubilay VURSAVUŞ

: Doç. Dr. Serkan SELLİ

Bu çalışmada, domatesin fiziko-mekanik özellikleri üzerine olgunluğunun etkisini belirlemek amacıyla sıkıştırma test düzeneğinde testler yapılmıştır. Denemeler sonunda domateslerin biyolojik akma noktası görülmediğinden kabuk yırtılma noktası için, deformasyon oranı, kuvvet, elastiklik modülü, deformasyon enerjisi, sertlik, penetrasyon enerjisi, gibi bazı mekanik özellik değerleri belirlenmiştir. SPSS istatistik programında Duncan çoklu karşılaştırma testleri yapılmıştır. Elastiklik derecesi kırmızı ve yeşil domatesler için önemli bulunmuştur. Deformasyon oranı farklı olgunluktaki domatesler için önemli olarak tespit edilmiştir. Elastisite modülünde ise kırmızı ve dönüşüm aşamasındaki domateslerde aralarındaki fark önemsizken yeşil domatesler için önemli olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elastisite Modülü, Deformasyon Oranı, Elastiklik Derecesi

ABSTRACT

MSc THESIS

EFFECT OF MATURITY ON PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF TOMATO

Melih Yavuz ÇEVİK

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY**

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ahmet İNCE
Year: 2013, Pages: 39
Jury : Assoc. Prof. Dr. Ahmet İNCE
: Assoc. Prof. Dr. Kubilay VURSAVUŞ
: Assoc. Prof. Dr. Serkan SELLİ

In this study, to determine the effect of the maturity of tomato physico-mechanical properties on compression test, bench tests were performed in a series. Trials to the point of tearing the shell is not detected at the end of the pour point of biological tomatoes, deformation, strength, modulus of elasticity, mechanical properties such as deformation energy, toughness, penetration energy were determined. Duncan's multiple comparison tests were performed using SPSS. Red and green tomatoes were significant for the degree of elasticity. Tomatoes were important for the maturity of different deformation ratio. The modulus of elasticity of the red and turning tomatoes, green tomatoes are also important for the difference between them was not significant.

Keywords: Modulus of Elasticity, Deformation Ratio, Elasticity Ratio

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın konusunu belirleyen ve çalışmanın her aşamasında yardım ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Ahmet İNCE' ye, ayrıca çalışmamda değerli katkılarını esirgemeyerek beni yönlendiren Doç. Dr. Kubilay K. VURSAVUŞ' a, yardımcı olan Tarım Makineleri Bölüm Atölyesi çalışanlarına ve bölüm akademik ve idari personeline, tez jüri üyelerine ve bu çalışmanın yürütülmesinde her zaman yanımda olan ailem, arkadaşlarım ve emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	II
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	IVI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
GİRİŞ	1
1.1. Genel	1
1.2. Biyolojik Malzemelerin Genel Yapısı	2
1.3.Çalışmanın Amacı	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Materyal	13
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Domatesler.....	13
3.1.2. Denemelerde Kullanılan Cihazlar	13
3.1.3. Biyolojik Materyal Test Cihazı.....	15
3.2. Yöntem.....	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1. Fiziksel Özelliklere İlişkin Sonuçlar	23
4.2. Statik Bası Deneylerinin Sonuçları	25
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	33
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Türkiye’ de yıllara göre domates üretim miktarları (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı)	2
Çizelge 4.1. Domateslerin fiziksel özellikleri	23
Çizelge 4.2. Hesaplanan Değerlerin Olgunluk Üzerindeki Etkisine İlişkin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları	30

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Domateslerin Genel Görünüşü.....	13
Şekil 3.2. Renk ölçüm cihazı	14
Şekil 3.3. L*a*b* renk uzayının şematik görünümü (Soysal, 2000)	15
Şekil 3.4. Lloyd materyal test cihazı.....	16
Şekil 3.5. Domates renk kataloğu (BOTSFORD & GOODFELLOW, INC. PH: (503) 653-9930).....	17
Şekil 3.6. Elastiklik derecelerinin hesaplanmasında kullanılan kuvvet- deformasyon grafiğine bir örnek (Vursavuş ve ark. 2012).....	19
Şekil 3.7. Deformasyon enerjisinin belirlenmesi (Aydın ve Çarman, 1997)	21
Şekil 4.1. Kırmızı domateslere ait renk özellikleri	24
Şekil 4.2. Pembe domateslere ait renk özellikleri	24
Şekil 4.3. Yeşil domateslerin renk grafikleri	25
Şekil 4.4. Domateslere ait bazı mekanik özellikler.....	26
Şekil 4.5. Domateslere ait bazı mekanik özellikler.....	27
Şekil 4.6 . Elastisite modülü.....	27
Şekil 4.7. Delme testleri sonucunda hesaplanan domateslere ait ilk sertlik ve ortalama sertlik değerleri.....	28
Şekil 4.8. Domateslere ait sertlik değerleri	28
Şekil 4.9. Delme testi sonuçlarına göre domateslerin penetrasyon enerjileri	29

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Giderek artmakta olan dünya nüfusunun gereksinimlerini karşılayabilmek için yeterli ve kaliteli tarımsal üretimin yapılması bir zorunluluk halini almıştır. Tarımsal ürünlerin ticareti, oluşan talepleri karşılamak için ham, yarı mamul ya da işlenmiş olarak yapılabilmektedir. Hangi şekilde olursa olsun, ülkemiz gibi dış satımı tarıma dayalı ülkeler için pazara istenilen kalitede ürün sunulamaması bir sorun olarak karşımıza çıkmakta ve rekabet şansını azaltmaktadır. Birçok gelişmiş ülke ithal ettiği ürünlerde belirli bir kalitenin sağlanmasını ön koşul olarak getirmektedir. Kaliteli ürün kavramı içerisinde koku, tat, temizlik ve dış görünüme ait özellikler girmektedir. Ürünlerin özellikle zedelenmemiş ve sağlam olarak pazara iletilmesi rekabet şansını artırıcı bir unsur olmaktadır (Yurtlu, 2003).

Türkiye' nin tarımsal ürün dış satımını artırabilmesi ancak üretim ve üretim sonrası işlem basamaklarında standartlara uyulmasıyla olanaklıdır. Üreticiden tüketiciye kadar uzanan zincirde, çeşitli aşamalarda oluşan ürün kayıplarının önlenmesi, bir yandan sınırlı olan tarımsal kaynakların korunmasını sağlarken diğer yandan ihtiyaç fazlası ürünlerin dış pazara sürülmesi ile döviz gelirini artırması bakımından gerekli olmaktadır. Bu bakımdan, tarımsal ürünlerin hasat, taşıma, temizleme, sınıflandırma ve depolama koşullarının geliştirilmesi, ambalajlamaya önem verilmesi ve tüketiciye güven verici niteliklerde ürünün hazırlanması dünya pazarlarında dış satımımızı artırıcı bir rol oynayacaktır (Yurtlu, 2003).

Yıllık 26 milyon ton sebze üretimi gerçekleştiren Türkiye; Çin, Hindistan ve ABD' den sonra dünyam en çok sebze üreten dördüncü ülkesidir. Türkiye' de toplam sebze üretiminin % 20' si örtü altında gerçekleştirilmektedir (Abak ve ark., 2010). Önemli bir üretici olmasına karşın Türkiye' nin yaş sebze dışsatımı ne yazık ki üretim potansiyeli ile doğru orantılı değildir. Son yıllardaki gelişmelere karşın dışsatımın üretime oranı % 4-5 gibi düşük bir oranda kalmaktadır. Türkiye' den dışsatımı yapılan yaş meyve ve sebze grubunda gerek miktar, gerekse değer olarak ilk sırada

domates yer almaktadır; 2010 yılında domates dışsatımının (483.282 ton) domates üretimine (10.985.400 ton) oranı % 4,4 düzeyinde gerçekleşmiştir (Çizelge 1.1.).

Çizelge 1.1. Türkiye’ de yıllara göre domates üretim miktarları (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı)

Yıllar	Domates(Ton)
2001	8 425 000
2002	9 450 000
2003	9 820 000
2004	9 440 000
2005	10 050 000
2006	9 854 877
2007	9 936 552
2008	10 985 355
2009	10 745 572
2010	10 052 000
2011	11 003 433
2012	11 350 000

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). Genel makine malzemelerinden; metaller kristal yapı, plastik malzemelerde zincir molekül sistemi bulunmaktadır. Bu malzemeler amorf yapı özelliği gösterirler. Genelde yapı malzemelerinde amorf yapı bulunmaktadır. Amorf yapı, belirli bir şekle sahip kristal yapı oluşturan malzemelerin yapısıdır (Vursavuş, 1998).

1.2. Biyolojik Malzemelerin Genel Yapısı

Tarımsal ürünler hasat edildikten tüketiciye ulaşana kadar ki zaman içerisinde, mekanik hasarın oluşumuna neden olan bir seri hasat sonrası işlemlere uğramaktadır. Meyve yüzeyinde oluşan renk koyulaşması, aşınma, kesilme veya delinme gibi

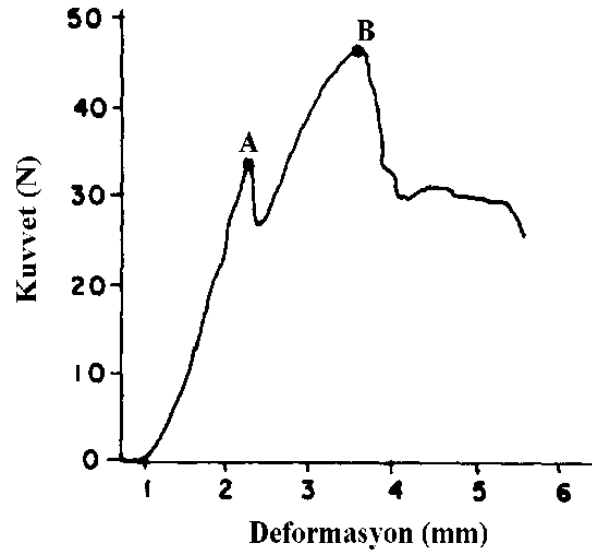
mekanik hasarlar geri dönüşü mümkün olmayan hasar tipleridir ve hasat sonrası işlemler ile artan bir etkiye sahiptir (Özgüven ve ark. 2002).

Ürünün zorlanması, ürünün 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 (Vursavuş ve Özgüven, 2003).

Modern tarımsal üretimde, ürünlerin sadece belirli bir miktarı doğrudan üreticiden tüketiciye ulaşmaktadır. Tarımsal ürünlerin üreticiden tüketiciye ulaşmadan önceki aşaması dağıtım sistemi aşamasıdır. Dağıtımda söz konusu işlemler; paketlenme, taşıma, depolama, pazarlama ve perakende satıştır. Bu ürünler, dağıtım sistemleri içerisinde yer alan paketlenme öncesi ve sonrası işlemler sırasında oluşan çarpma, sıkıştırma ve titreşim durumuna bağlı olarak zedelenmeye maruz kalmaktadır. Bu nedenle, hasat sonrası işlemlerde meyve kalitesini korumaya yönelik çalışmalara yer verilmelidir.

Vursavuş' (1998) un bildirdiğine göre, 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.

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 1.1).



Şekil 1.1. Bir meyve örneğinde kuvvet-deformasyon eğrisi

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) 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.

Biyolojik akma noktası, kuvvet-deformasyon eğrisi üzerinde deformasyonda bir artışın kuvvette ise bir azalışın olduğu ya da değişmediği noktadır (Turgut ve Kara, 1994). Kabuk yırtılma noktası, yüklenmiş materyalin kırıldığı, çatladığı veya bozulduğu noktadır. Kuvvet-deformasyon eğrisinin sürekli azalmaya başlamasıyla anlaşılır. Bu noktada materyalin yük taşıma kapasitesi maksimum seviyededir ve kabuk yırtılma enerjisi bu açıdan önem taşımaktadır. Meyvelerin, elastik sınır altındaki kuvvet deformasyon karakteristikleri zedelenme sırasında meydana gelen tahribatın tahmini açısından önemli olabilmektedir. Elastisite modülü veya Young' s modülü mühendisler tarafından kullanılan bir terim olup ürünün sertlik indeksi şeklinde de tanımlanabilmektedir. Bu tanımlamalar kullanılarak tarımsal ürünlerin

hasat sonrası işlemleri sırasındaki mekanik özellik değişimleri de belirlenebilmektedir (Singh ve Reddy, 2006).

1.3. Çalışmanın Amacı

Biyolojik malzemenin fiziko-mekanik özelliklerinin bilinmesi hasat, taşıma, iletim, sınıflandırma, doldurma, boşaltma, paketleme gibi tarımsal makinaların tasarımında, ürün işleme aşamalarında, iş başarılarının belirlenmesinde, ürün kalite kontrol aşamasında ve tüketiciye sunulması aşamalarında önemlidir.

Bu çalışmada; domateste olgunluğun fiziko-mekanik özellikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla farklı zamanlarda hasat edilen domateslere batıcı uç testi (puncture), gevşeme testi (relaxation), döngü testi (cycling) yapılmıştır. Yapılan bu testlerden elde edilen verilerden yola çıkarak elastisite modülü, kabuk yırtılma kuvveti ve deformasyon oranı, akma noktası, sertlik, gevşeme oranı, absorbe edilen enerji değerleri hesaplanmıştır.

.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sirisomboon ve ark. (2000), japon armudunda doku büyümesi ve meyve olgunlaşması sırasında değerlendirmeler yapmışlardır. Japon armudunda plaka sıkıştırma testinden sonra, deformasyon oranı, elastisite modülü ve gevşeme oranını yorumlamışlardır. Delme testlerinden sonra ise; kopma kuvveti, kopma noktasında ki deformasyon, dayanıklılık, ortalama sertlik, ilk sertlik, elastisite modülü, akma kuvveti, delme gücü ve delme enerjisi yorumlanmıştır. Japon armudu için meyve sertliği % 70 - 80 bulunmuştur. Meyve genişlemiş gibi, gerginliğin azaldığı, elastikliğin arttığı, meyvenin mekanik hasarlara karşı daha eğilimli olduğu, meyve etinin sertliğinin azalmış olduğu bildirilmiştir.

Gürhan ve ark. (2001), Malatya yöresinde yetiştirilen Hacıhaliloğlu, Hasanbey ve Çöloğlu kayısı çeşitlerinin bası yükü altındaki mekanik davranışları incelenmiştir. Kayıslar 3 farklı eksende ve 3 farklı deformasyon hızında yüklenmiştir. Elde edilen sonuçlardan, deformasyon hızı artışının maksimum direnci gösteren kuvvet değerini artırdığı, buna karşılık deformasyon enerjisi değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir.

Desmet ve ark. (2002), domatesin mekanik özelliklerini belirlemede, iki domates çeşidi: Tradiro (daha az duyarlı), Blitz (çok duyarlı) kullanmışlardır. Mekanik özellikleri belirlemede universal test cihazı ve akustik sertlik sensörü kullanılmıştır. Delinme hassasiyeti bir pendulum testi ile bulunmuştur ve Kısmi En Küçük Kareler analizi yoluyla (PLS), (R^2) 0.78 determinasyon katsayısı ile bir ilişki tespit edilmiştir. Meyvenin mekanik özellikleri delme hassasiyetini etkilemiştir. Elde edilen sonuçlara göre; doğrudan bu mekanik özelliklerin incelenebilmesi için delme hassasiyeti daha düşük olan genotiplerin kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Özgüven ve ark. (2002), ele alınan kontrollü değişken parametrelerinin elma, şeftali ve kiraz meyvelerinin biyolojik teknik özellikler ve zedelenme hassasiyetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre; Elma için yapılan varyans analizi sonuçlarında, çeşit x çarpma enerjisi interaksyonu dışındaki tüm değişken ve interaksyonlar zedelenme hacmi ve zedelenme hassasiyeti üzerinde % 1 ve % 5 önem düzeyinde

istatistiksel olarak etkili bulunmuştur. Şeftali için ise, çeşit ve depolama süresi biyolojik-teknik özellikler üzerinde önemli derecede etkili olmuştur. Ayrıca, kirazda depolama süresi artışı; kabuk yırtılma kuvveti, elastisite ve olgunluk indeksi üzerinde istatistiksel olarak etkili bulunmuştur.

Vursavuş ve Özgüven (2003), 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 bağıl 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' ık standart hata ile zedelenme hacmini en iyi tahmin edebilen mekanik özelliğin kabuk yırtılma kuvveti olduğu belirlenmiştir.

Yurtlu ve Erdoğan (2005a), bazı hıyar çeşitlerinde depolama süresinin ürünün mekanik özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla bir sıkıştırma test düzeneği geliştirmişlerdir. Sıkıştırma testi deney ve ölçüm düzeneği; hareketli platform, tutucu, dinamometre, silindirik batıcı uç, amplifikatör, PC kart, veri toplama ve kaydetme programı ile bilgisayardan oluşmaktadır. Çalışmada deneme materyali olarak 147-F1 ve Rawa-F1 hıyar çeşitleri kullanılmıştır. Denemeye alınacak ürünlere, hasat edilen günde (0. gün) ve bu günü izleyen 3., 6., 9. ve 12. günlerde sıkıştırma testi uygulanmıştır. Ürünler % 85 - 90 nem oranında 10 °C depo sıcaklığında depolanarak depo sürelerinin biyolojik malzeme özelliklerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Denemeler sonunda biyolojik akma noktasındaki deformasyon, kuvvet, elastiklik modülü, deformasyon enerjisi, deformasyon hacmi

ve deformasyon duyarlılığı değerleri belirlenmiştir. Bu özelliklere, çeşit ve depo süresi ile bunların ikili etkileşimlerinin etkisinin ortaya konulabilmesi için istatistiksel analiz yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Deformasyon duyarlılığı üzerinde çeşit, istatistiksel olarak etkili bulunmazken depo süresi $P<0.01$ önem seviyesinde etkili olmuştur. Her iki hıyar çeşidi için de depo süresindeki artışla elastiklik modülü artarken deformasyon duyarlılığı azalmıştır.

Eraltan (2005), adlı araştırmacı çeşit ve depolama süresinin şeftalinin mekanik özellikleri üzerindeki etkisi araştırmıştır. Denemelerde, Dixired ve Earlyred şeftali çeşitleri kullanılmıştır. Şeftaliler 0°C ve % 90 bağıl nem düzeyinde 28 güne kadar soğuk hava deposunda depolanmıştır. Depolama süresine bağlı olarak şeftali çeşitlerinin mekanik özellikleri biyolojik malzeme test cihazı kullanılarak quasi-statik yöntemle ölçülmüştür. Ölçümlerde kullanılan mekanik özellikler kabuk yırtılma kuvveti, elastisite modülü ve sertlik olarak tanımlanmıştır.

Ölçümler sonucunda, depolama süresindeki artış ile kabuk yırtılma kuvveti, yırtılma enerjisi ve sertlik indeksi değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle, Dixired ve Earlyred şeftali çeşidinin 0°C ve % 90 bağıl nem düzeyinde depolanması durumunda 14. günün kritik gün olduğu ve bundan sonraki günlerde şeftalilerde yumuşamaların meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Vursavuş ve Özgüven (2007), Golden Delicious, Stark Krimson ve Granny Smith elma çeşitlerinin çarpma koşulundaki zedelenme hassasiyetlerini araştırdıkları çalışmada, çarpma denemelerinde ahşap küre kullanılmış ve çarpma işlemi elmaların çiçek-sap eksenine boyunca gerçekleştirilmiştir. Denemeler süresince, 5 farklı (0,2, 0,3, 0,4, 0,5 ve 0,6 J) çarpma enerjisi kullanılmıştır. Elmaların çarpma sonrası zedelenme hacimleri zedelenme çapı ve zedelenme derinliği parametreleri kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca, çarpma enerjisi, absorbe edilen enerji ve temas alanının zedelenme hacmi üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Elmaların çarpma zedelenme hassasiyetleri zedelenme direnç katsayısı ve zedelenme indeksi tanımlamaları kullanılarak ifade edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, çarpma enerjisi, elma yüzeyi tarafından absorbe edilen enerji ve temas alanındaki artışın zedelenme hacmini arttırdığı belirlenmiştir. Denemeler, zedelenme indeksi ve elma zedelenme hacmi arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunu ve zedelenme hassasiyeti ifadesinde

kullanılabileceğini göstermiştir. Çeşitler arasındaki farka ilişkin yapılan varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, çarpma zedelenmesine karşı en hassas elma çeşidinin Granny Smith olduğu belirlenmiştir.

Vursavuş ve İnce (2007), 10 mm çapa ve 15 mm yüksekliğe sahip silindirik elma doku örneklerinin bazı mekanik özellikleri üzerine elma bölgesinin etkisini araştırmışlardır. Bozulma gerilimi, bozulma deformasyonu, elastisite modülü ve doku sertliği değerleri iki elma çeşidi (Golden Delicious ve Fuji) için belirlenmiş ve elma bölgesi ve çeşidin bir fonksiyonu olarak mekanik özelliklerdeki değişimler varyans analizi ve t testi ile ortaya konmuştur. Golden Delicious ve Fuji elma doku örnekleri üzerinde materyal test cihazı kullanılarak sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. Doku örnekleri elmaların sap, karın ve çiçek eksenine boyunca elma bölgelerinden çıkartılmıştır. Ayrıca, elmaların kabuk yırtılma dirençleri 8 mm lik çapa sahip silindirik uç ile statik sıkıştırma testi kullanılarak yapılmıştır. Bu test koşulunda, 10 mm min⁻¹ lık yükleme hızı kullanılmıştır. Bu çalışmanın ikinci aşamasında, elma zedelenme sınır eşikleri elmaların mekanik özellikler, eğrilik yarıçapları ve kütleleri kullanılarak hesaplanmıştır. Elmaların zedelenme sınır eşikleri çiçek-sap eksenine boyunca üç elma bölgesi için tahmin edilmiştir. Yapılan t-testi sonuçlarına göre, bozulma gerilimi, elastisite modülü ve doku sertliği özellikleri için Golden Delicious ve Fuji elma çeşitleri arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Mekanik özellikler ve elma zedelenme sınır eşik değerleri, Golden Delicious ve Fuji elma çeşitlerinin sırasıyla karın ve sap bölgesinden düşürülmesi durumunda çarpma zedelenmelerine karşı daha dirençli olabileceğini göstermiştir.

Ahmadi ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, şeftalide meyve özelliklerinin ezilme hassasiyeti üzerine etkisini araştırmışlardır. Bunun için iki farklı model oluşturulmuştur. Bu modeller de çoklu doğrusal regresyon analiz yöntemleri kullanılmıştır. Birinci model, pik temas kuvveti ve meyve özellikleri (akustik sertlik, meyve sıcaklığı ve eğrilik yarıçapı) bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. İkinci modelde ise pik temas kuvveti yerine darbe enerjisi kullanılmıştır. Şeftaliler üç farklı enerji seviyesinde sarkaç etkisi ile dinamik yüklere maruz kalmıştır. Akustik sertlik, sıcaklık ve eğrilik yarıçapı ve bazı etkileşimleri ile ezilme hassasiyetinin önemli etkileri % 5 olasılık düzeyinde modellerin sırasıyla, 0.97 ve 0.98 bulunmuştur.

Sıcaklık düşürülerek akustik sertlik ve eğrilik yarıçapı artan şeftali meyvelerinde, ezilme zararının azaltılacağı sonucuna varılmıştır.

Bentini ve ark. (2009), patates çeşidinin ve depolama süresinin patateslerin fiziko-mekanik özellikler üzerindeki etkilerini değerlendirdikleri çalışmada, laboratuvar testleri için iki farklı hasat döneminde iki farklı çeşit patates kullanılmıştır. Yumrular 240 günlük bir süre için kontrollü bir depoda (4,5 °C sıcaklık, nem % 80) tutulmuşlardır. Quasi-statik sıkıştırma testleri tüm yumrular üzerinde, Young modülü ve Poisson oranını değerlendirmek için bozuk ve silindirik numuneler üzerinde de yapılmıştır. İki çeşidin mekanik özelliklerinin farklı olduğu kabul edilmiştir fakat her iki çeşit için de young modülü, depolama gün sayısı arttıkça azalmıştır.

Yurtlu ve ark. (2012), Kivi gibi yumuşak dokulu meyvelerde gerilime bağlı enzimatik kahverengileşmenin (mekanik zedelenme), ürün kalitesini sınırlayan en önemli faktörlerden birisi olduğunu bildirmişlerdir. Zedelenmeler, meyvelerin hasat ve hasat sonrası işlemleri süresince etkili olan statik ve dinamik yük etkisi ile oluşmaktadır. Statik koşullarda, zedelenme büyüklüğü yükün uygulanması sırasındaki toplam yükleme enerjisine bağlı zedelenme hacmi ve yükün kaldırılması sırasındaki absorbe edilen enerji ile ifade edilmektedir. Zedelenme hacmi ile absorbe edilen enerji oranı da zedelenme hassasiyeti olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada, *Hayward* çeşidi kivi meyvelerinin statik yük etkisi altında zedelenme hassasiyetleri araştırılmıştır. Kivi meyveleri 0 °C depolama sıcaklığında ve % 90 bağıl nemde 4 ay süre ile depolanmıştır. Statik testlerde 40, 60 ve 80 N' luk yükler uygulanmıştır. Zedelenme hacimleri, statik yükleme sonrası zedelenmiş kivi meyveleri üzerinden ölçülmüştür. Ayrıca, iki plaka arasında kivi meyvelerinin sıkıştırma testlerinde yükleme ve yükün boşaltılması sırasında oluşan eğriler kullanılarak mekanik histerezis ve elastiklik dereceleri hesaplanmış ve zedelenme hacmi ile olan ilişkileri araştırılmıştır. Ölçümler sonucunda, hasattan hemen sonra kivilerin yüksek dayanım özellikleri sergilediği ve 2. aydan sonra hızla yumuşadığı belirlenmiştir. Statik test sonuçlarına göre, 2 aylık depolama sonrası kivilerin statik yük etkisi altında iken zedelenmelere karşı çok hassas olduğu belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

3.1.1 Çalışmada Kullanılan Domatesler

Bu çalışmada; 2013 yılında Silifke yöresinde serada yetiştirilen Jadelo F1 çeşidi domatesler kullanılmıştır. Jadelo F1 çeşidi domatesler, erkenci bir çeşit olup uzun raf ömrüne sahiptir. Serada yetiştirmeye uygundur. Dekardan 10 - 12 ton alınabilen verimli, hibrit bir çeşittir (Anonim, 2013). Tez çalışmasında kullanılan F1 Jadelo türü domateslerin genel görünüşü Şekil 3.1’ de verilmiştir.



Şekil 3.1. Domateslerin Genel Görünüşü

3.1.2 Denemelerde Kullanılan Cihazlar

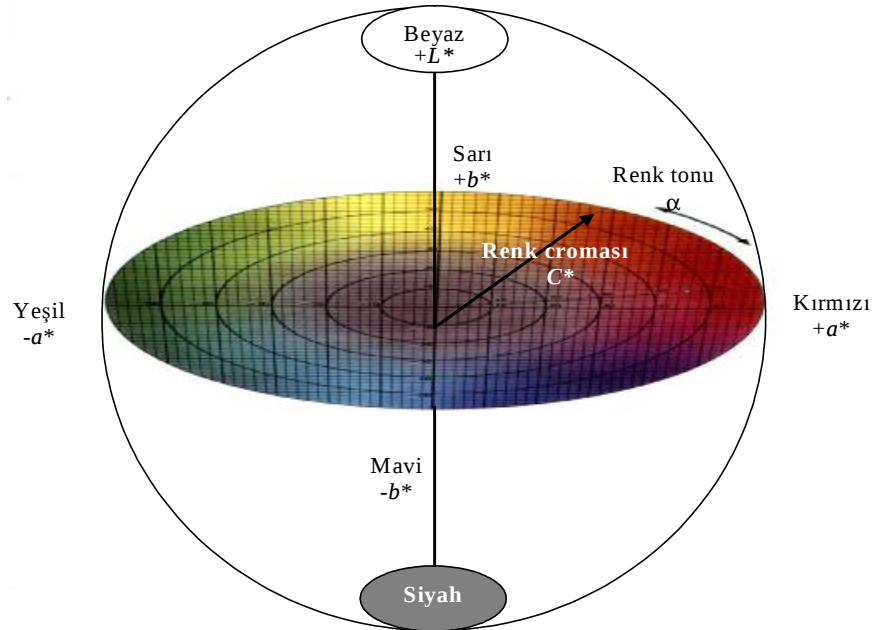
Denemelerde kullanılan domatesler farklı olgunluk dönemlerinde, 30’ ar adet hasat edilmiştir. Hasat edilen domateslerin ilk önce uzunluk, genişlik, kalınlık ve ağırlık gibi fiziksel özellikleri ölçülmüştür. Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde 0 -

150 mm arasında 0.01 mm duyarlılıkta ölçüm yapabilen Vernier Calipper marka bir sayısal kumpas kullanılmıştır.

Domateslerin kabuk rengi (L^* , a^* , b^*) ye göre Minolta CR-100 Chromometer renk ölçüm cihazı (Minolta CR-100, Osaka, Japan) ile ölçülmüştür. Cihazın kalibrasyonunda Minolta beyaz renk standardı kullanılmıştır. L^* rengin parlaklığında meydana gelen değişimleri göstermektedir. L^* değeri 100' e yaklaştıkça maksimum değerini almakta ve bu renge gönderilen ışığın % 100' ünün yansması esasına dayanmaktadır. a^* değeri yeşilden kırmızıya, b^* değeri ise maviden sarıya renk değişimini göstermektedir. a^* m pozitif değerleri kırmızı, negatif değerleri yeşil rengi; b^* nin ise pozitif değerleri sarı, negatif değerleri mavi rengi göstermektedir. Değerlerin artan biçimde negatif veya pozitif olmaları rengin koyulaşması anlamına gelmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Renk ölçüm cihazı



Şekil 3.3. L*a*b* renk uzayının şematik görünümü (Soysal, 2000)

3.1.3 Biyolojik Materyal Test Cihazı

Domateslere uygulanan sıkıştırma testleri (S368.4 ASAE) standardına uygun olarak yürütülmüştür (ASAE, 2001). Sıkıştırma testleri için Lloyd Üniversal Test Cihazı (Lloyd Instrument LRX Plus) kullanılmıştır. Cihaz; hareketli başlık, hareket verme düzeni ve veri aktarma sistemi (yük hücresi, dizüstü bilgisayar ve bağlantıları ile NEXYGEN Plus yazılımı) olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Denemelerde hareketli başlık üzerine % 0.5 hassasiyete sahip 5 kN' luk yük hücresi takılmıştır. Yük hücresine, çift plaka arasında sıkıştırma ve batıcı uç testleri için farklı bağlantılar yapılmıştır. Çift plaka yönteminde 50 mm yarıçaplı hareketli plaka ve batıcı uç testi için ise 2 mm çaplı batıcı uç bağlantısı yapılmıştır. Meyvenin üzerine yerleştirildiği sabit plaka ise 50 mm yarıçapındadır.



Şekil 3.4. Lloyd materyal test cihazı

3.2. Yöntem

Farklı olgunluk zamanlarında seradan hasat edilen domateslerin ilk önce numaralandırılarak uzunluk, genişlik, kalınlık, ağırlık ve hacim ağırlığı gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir.

Daha sonra bu özellikleri belirlenen domateslerin, renk ölçüm cihazı ile renkleri ölçülmüştür. Numaralandırılmış domateslerin her birinin altı farklı bölgesinden ölçüm alınıp, bulunan değerlerin ortalaması alınarak domateslerin renk özellikleri belirlenmiştir. Domateslerin renklerinin belirlenmesinde ABD Tarım Bakanlığı tarafından geliştirilen renk kataloğu kullanılmıştır, Şekil 3.5’ te verilmiştir.

Bu çalışmada; a^* değerleri önemli olduğu için, a^* değerleri kırmızı domatesler için 10 ile 20 arasında, pembe domatesler için 0 ile 10 arasında, yeşil domatesler için 0 ile -10 arasındaki değerleri ifade etmektedir.

Domates Renk Kataloğu

GREEN yeşil olum dönemi (kabuk tamamen yeşil ama fizyolojik olarak olgunlaşabilir.)



BREAKERS renk kırılma dönemi (kabuk yeşil ağırlıklı olmasına rağmen pembemsi ve kırmızımsı noktalar belirmeye başlamış.)



TURNING renk dönüşüm dönemi (kabuk kısmen sarımsı pembemsi fakat yeşil ağırlıklı)



PINK pembe olum (yeşil renk kaybolmuş açık pembe veya kırmızımsı)



LIGHT RED açık kırmızı olum (pembelik kaybolmuş ama koyu kırmızı renge ulaşamamış.)



RED kırmızı olum (tamamen kırmızı)

Şekil 3.5 Domates renk kataloğu (BOTSFORD & GOODFELLOW, INC. PH: (503) 653-9930)

STATİK BASI DENEYLERİ

Fiziksel özellikleri ölçülen domatesler, Lloyd materyal test cihazında fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan deneylerde, domateslerin olgunluğunun fiziko-mekanik özellikler üzerinde etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır.

Çift Plaka Yöntemi: Çift plaka yöntemi kullanılarak yapılan döngü (cycling) ve gevşeme (relaxation) testlerinde domatesler üzerine 20 N' luk yükler uygulanmıştır. 10 mm/min yükleme hızında gerçekleştirilen ölçümlerde 20 N' luk sınır değere geldiğinde aynı yükleme hızında yük domatesler üzerinden kaldırılmıştır. Hasattan hemen sonra bu testler domateslere uygulanmıştır. Her dönemde 30 adet domatesin bir noktasından (karın bölgesi) ölçüm alınmıştır. Şekil' 1 de verilmiş olan kuvvet-deformasyon grafiği üzerinden yapılan okumalar sonrasında gevşeme oranı, absorbe edilen enerji, elastiklik derecesi, deformasyon oranı ve elastisite modülü değerleri hesaplanmıştır.

Elastisite Modülü: Elastisite modülü, malzemenin kuvvet altında elastik şekil değiştirmesinin ölçüsüdür. Birimi Pascal' ın (Pa) Elastisite modülünün hesaplanmasında 3.1 no' lu eşitlik kullanılmıştır (Vursavuş ve Özgüven, 2003).

$$E = \frac{0.338K_u^{3/2}F(1-\mu^2)}{D^{3/2}} \left(\frac{1}{R_u} + \frac{1}{R'_u} + \frac{4}{d_B} \right)^{1/2} \quad (3.1)$$

Burada:

E = Elastisite modülü (Pa),

F = Sıkıştırma kuvveti (N),

μ = 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_B = Batıcı uç çapı (m)

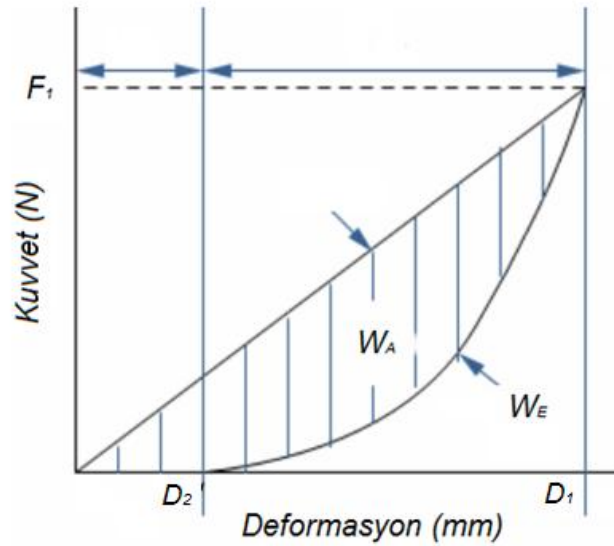
$$\mu = \frac{0.5M + 0.1(100-M)}{100} \quad (3.2)$$

Burada:

μ = Poisson oranı (boyutsuz)

M = Ürün nem içeriği

Elastiklik Derecesi: Yapılan çift plaka döngü testinden elde edilen verilerden yükleme enerjisi, elastik enerji ve plastik enerji parametreleri ölçülmüştür.



Şekil 3.6. Elastiklik derecelerinin hesaplanmasında kullanılan kuvvet-deformasyon grafiğine bir örnek (Vursavuş ve ark. 2012).

$$\text{Yükleme Enerjisi (} W_L: \frac{1}{2} F_1 D_1 \text{)}, \quad (3.3)$$

$$\text{Elastik Enerji (} W_E: \frac{1}{2} F_1 (D_1 - D_2) \text{)} \quad (3.4)$$

Absorbe Edilen (Plastik) Enerji ($W_A = W_L - W_E$) parametreleri belirlenmiştir.

Bu parametreler kullanılarak aşağıdaki eşitlikler yardımıyla domateslerin Elastiklik Dereceleri (DE) ve Mekanik Histerezis değerleri hesaplanmıştır.

$$DE = 1 - \frac{D_2}{D_1} \quad (3.5)$$

$$MH = W_A / W_L \quad (3.6)$$

Burada:

F = Kuvvet (N)

D = Deformasyon (mm)

W_L = Yükleme Enerjisi (N mm)

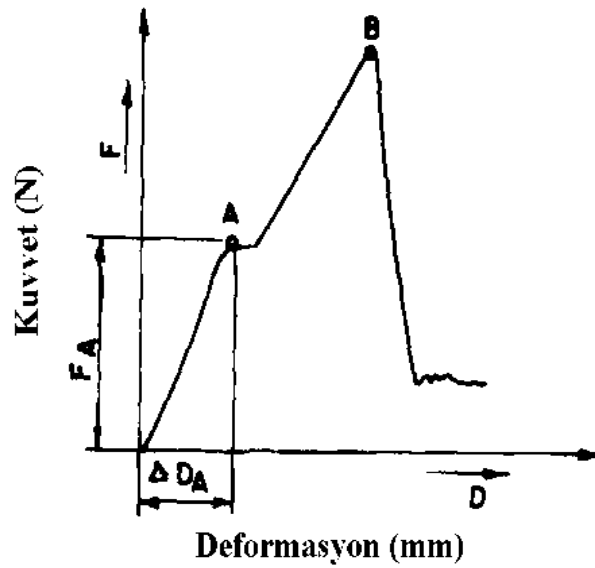
W_E = Elastik Enerji (N mm)

W_A = Plastik Enerji (N mm)

DE = Elastiklik Derecesi

MH = Mekanik Histerezis

Deformasyon Enerjisi: Deformasyon enerjisi, Şekil 3.7' de yer alan gri yardımıyla aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır (Mohsenin, 1980; Aydın ve Çarman, 1997).



Şekil 3.7 Deformasyon enerjisinin belirlenmesi (Aydın ve Çarman, 1997)

$$E_A = \frac{D_Y \cdot F_Y}{2} \quad (3.7)$$

Burada:

E_A = Kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon enerjisi (mJ),

D_Y = Kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon (mm),

F_Y = Kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon kuvveti (N),

Batıcı Uç Yöntemi : Domateslere 2 mm batıcı uç ile yapılan delme testleri sonucunda elde edilen kuvvet-deformasyon grafiklerinden, kabuk yırtılma kuvveti ve kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon parametreleri belirlenmiş ve bu parametreler kullanılarak domateslerin, akma noktası, sertlik ve penetrasyon enerjisi değerleri eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

Biyolojik Akma Kuvveti: Bazı tarımsal ürünlerde (portakal, greyfurt, mandarin, domates ve kiraz vb), elde edilen kuvvet - deformasyon eğrisinde biyolojik akma noktası görülememektedir. Bu durumda sadece kabuk yırtılma noktasındaki kuvvet değerleri dikkate alınmıştır. Akma noktasının görülememe nedeni bu tür tarımsal ürünlerin diğer ürünlere kıyasla daha elastik olmasından

kaynaklanmaktadır. Yani elastik sınır değeri daha üst noktalardadır. Biyolojik akma noktası kuvvet değerlerinin belirlenmesinde 3.8 no' lu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$F_{\text{akma kuvveti}} = F_r / 3 \quad (3.8)$$

Burada;

$F_{\text{akma kuvveti}}$ (N)

F_r : Delme kuvveti (N)

Sertlik: Ürün sertlik indeksinin belirlenmesinde ise aşağıda yer alan eşitlikten yararlanılmıştır (Vursavuş ve Özgüven, 2005).

$$F_{\text{sertlik}} = \frac{F_y}{D_y} (\text{N mm}^{-1}) \quad (3.9)$$

Burada:

F = Kuvvet (N)

D = Deformasyon (mm)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

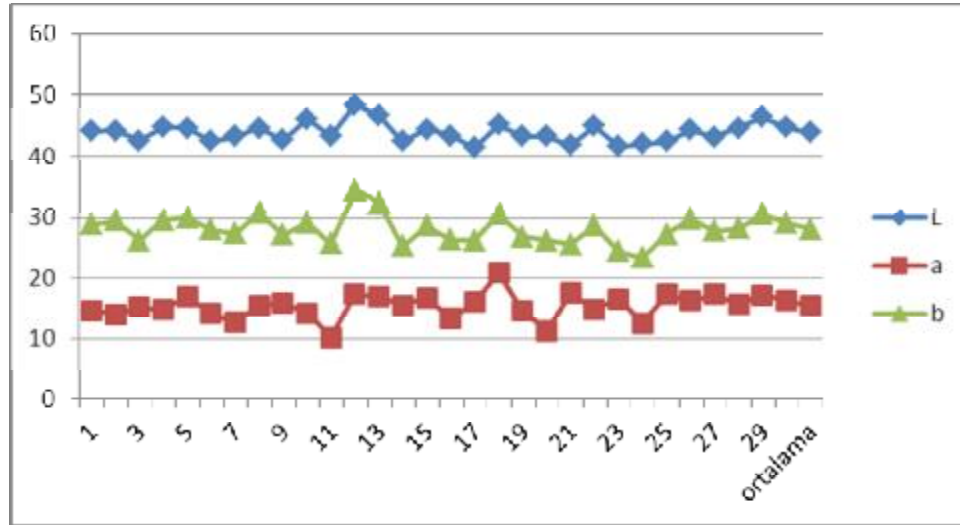
4.1. Fiziksel Özelliklere İlişkin Sonuçlar

Jadelo F1 çeşidi kırmızı domateslerin uzunlukları ortalaması 74,293 mm, genişlikleri 70,936 mm, kalınlıkları 53,897 mm, ağırlıkları 177,614 g, hacim ağırlıkları 153,653 g/lt; pembe domateslerin ortalama uzunlukları 71,097 mm, genişlikleri 67,256 mm, kalınlıkları 52,791 mm, ağırlıkları 177,614 g, hacim ağırlıkları 161,595 g/lt; yeşil domateslerin ise uzunlukları 65,648 mm, genişlikleri 61,568 mm, kalınlıkları 51,193 mm, ağırlıkları 112,792 g, hacim ağırlıkları 107,443 g/lt bulunmuştur. Çizelge 4.1’ de boyut ölçüleri, ğırlıkları ve hacim ağırlıkları verilmiştir.

Çizelge 4.1 Domateslerin fiziksel özellikleri

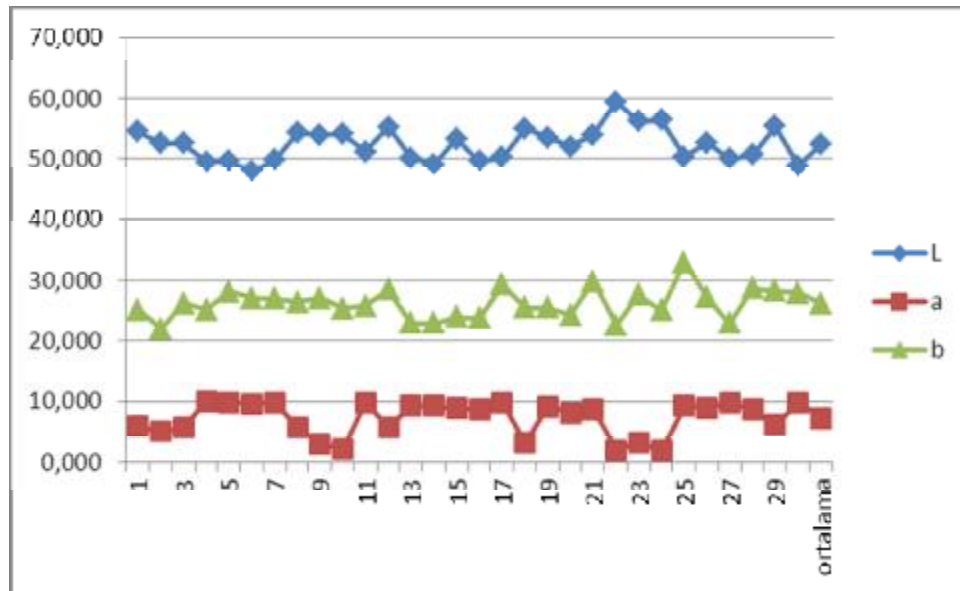
	KIRMIZI	PEMBE	YEŞİL
UZUNLUK (mm)	74,293	71,097	65,648
GENİŞLİK (mm)	70,936	67,256	61,568
KALINLIK (mm)	53,897	52,791	51,193
AĞIRLIK (g)	177,614	154,858	112,792
HACİM AĞIRLIĞI (g/lt)	153,653	161,595	107,443

Domateslerin olgunluklarına göre renk grafikleri kırmızı, pembe ve yeşil sıralamasına göre verilmiştir. Bu çalışma için önemli olan a değerleri ortalaması kırmızı domatesler için 15,377; pembe domatesler için 7,201; yeşil domatesler için ise 7,252 bulunmuştur.



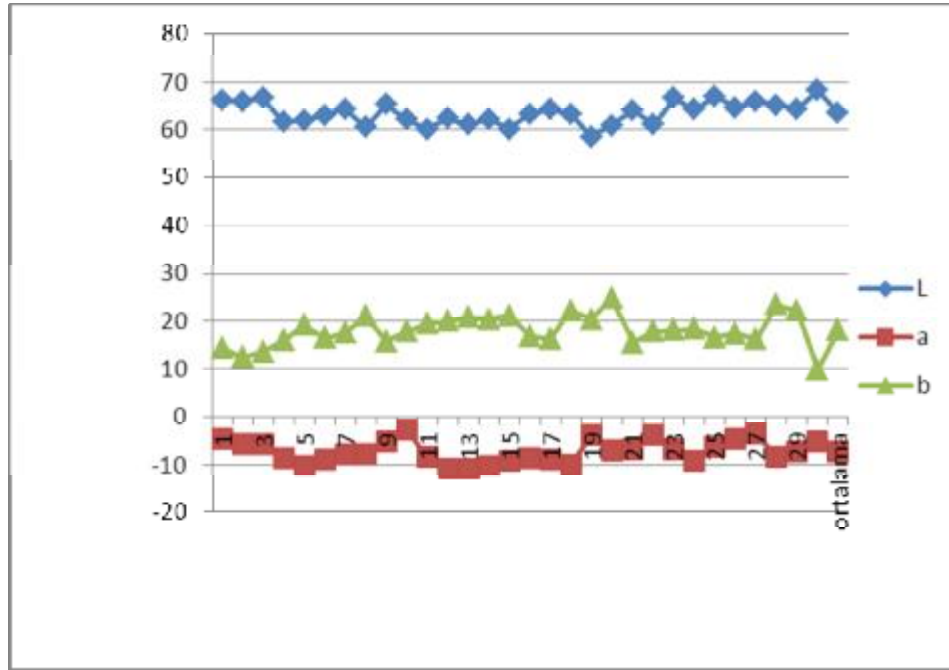
Şekil 4.1. Kırmızı domateslere ait renk özellikleri

Kırmızı domateslerin a değerleri 10 ile 20 arasında değişiklik göstermektedir. Domates renk kataloğuna göre bu gruptaki domateslerin tam olgunluğa ulaştığı görülmüştür. (BOTSFORD & GOODFELLOW, INC. PH: (503) 653-9930)



Şekil 4.2. Pembe domateslere ait renk özellikleri

Pembe domateslerin a değerleri 0 ile 10 arasında değişiklik göstermektedir. Domates renk kataloğuna göre bu gruptaki domateslerin tam olgunluğa ulaşmadığı görülmüştür. (BOTSFORD & GOODFELLOW, INC. PH: (503) 653-9930)

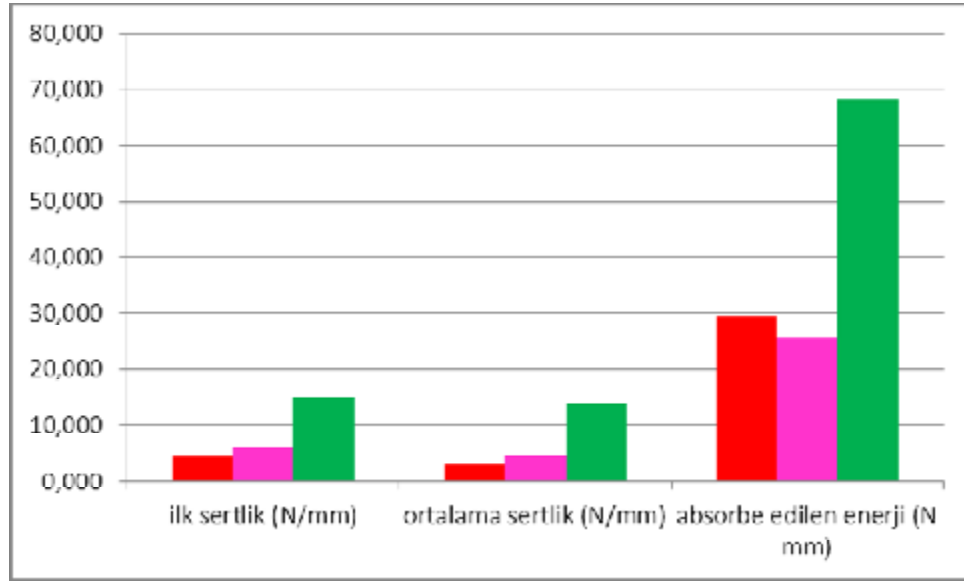


Şekil 4.3. Yeşil domateslerin renk grafikleri

Yeşil domateslerin a değerleri 0 ile 20 arasında değişiklik göstermektedir. Domates renk kataloğuna göre bu gruptaki domateslerin tam olgunlaşmadığı görülmüştür. (BOTSFORD & GOODFELLOW, INC. PH: (503) 653-9930)

4.2. Statik Bası Deneylerinin Sonuçları

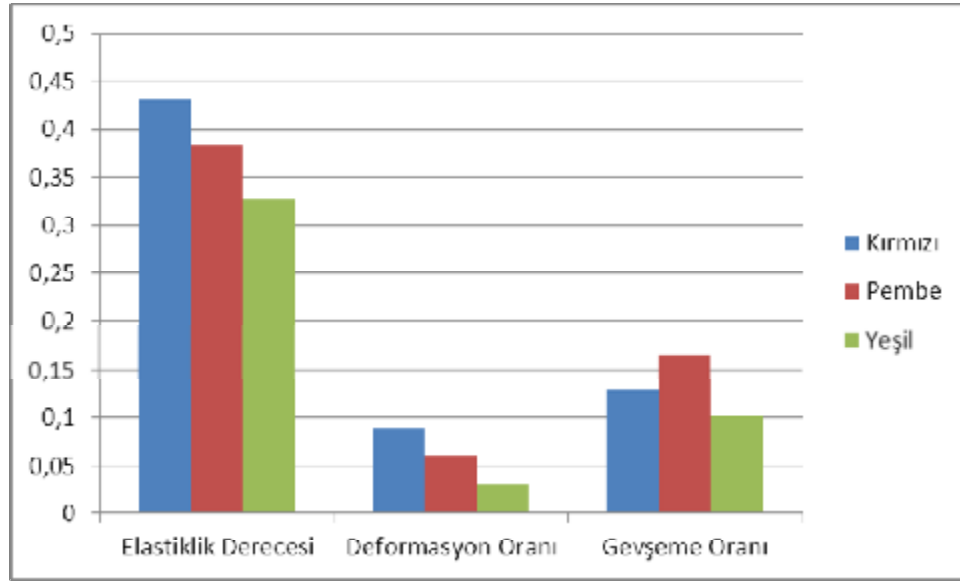
Gevşeme testi (relaxation) ve döngü testlerinden (cycling) elde edilen veriler sonucunda hesaplanan; ilk sertlik, ortalama sertlik, absorbe edilen enerji, elastiklik derecesi, deformasyon oranı, gevşeme oranı ve elastisite modülü Şekil 4.4' de verilmiştir.



Şekil 4.4. Domateslere ait bazı mekanik özellikler

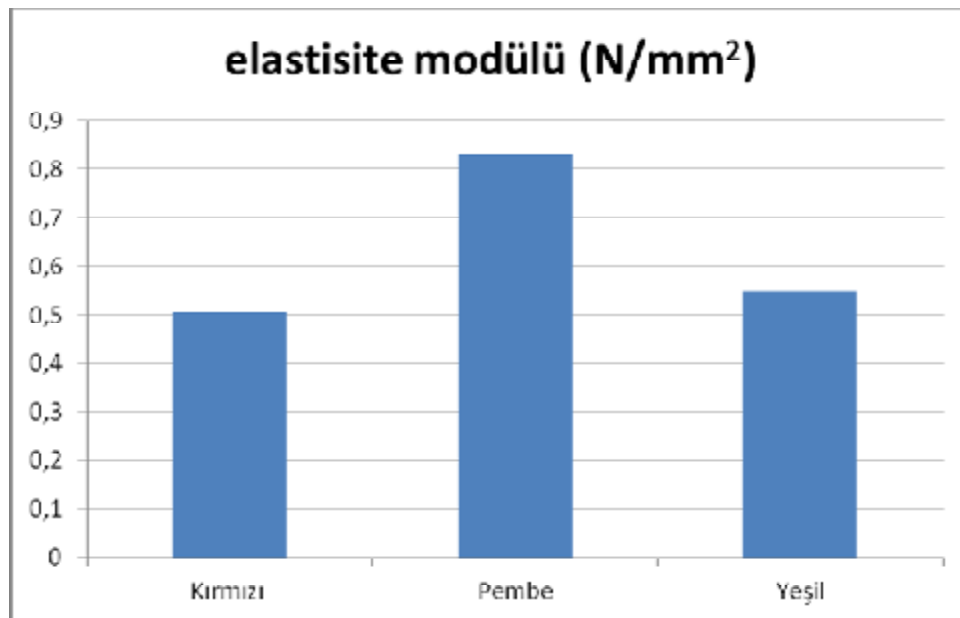
İlk sertlik değerleri ve ortalama sertlik değerleri en yüksek yeşillerde, en düşük ise kırmızı domateslerde görülmüştür. Bunun sebebi ise domatesler olgunlaştıkça ilk sertliklerinin azalmasıdır. Benzer sonuçlar Sirisomboon ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada da tespit edilmiştir. Bu çalışmada da ilk sertlik ve ortalama sertlik değerleri yeşil domateslerden kırmızı domateslere doğru azalma göstermiştir.

Absorbe edilen enerji en fazla yeşil domateslerde hesaplanmışken, Sirisomboon ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada da absorbe edilen enerjinin en fazla kırmızı domateslerde olduğu görülmüştür.



Şekil 4.5. Domateslere ait bazı mekanik özellikler

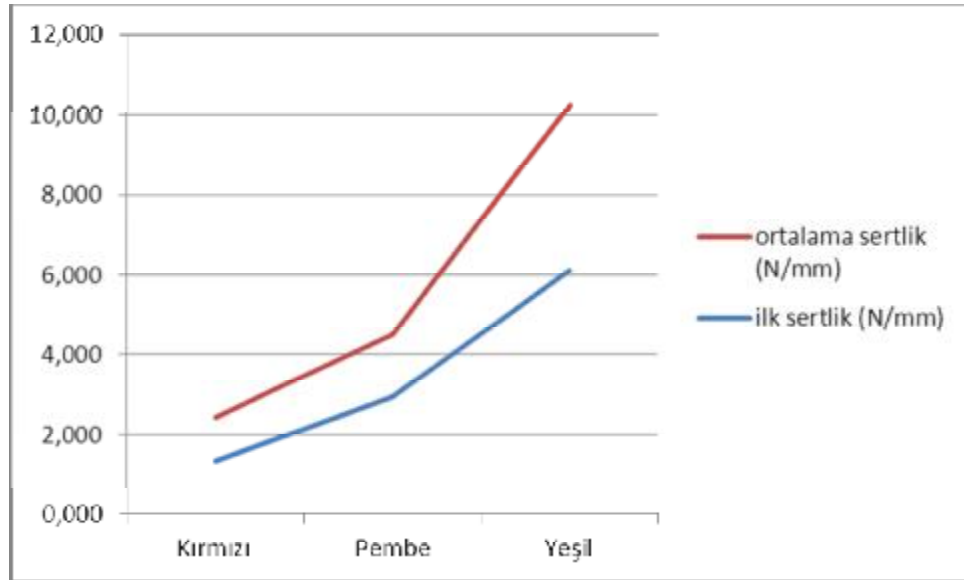
Elastiklik derecesi ve deformasyon oranı en fazla kırmızı domateslerde hesaplanmıştır. Domatesler olgunlaştıkça elastikliği ve deformasyonu artmaktadır. Gevşeme oranı (0,165) ise en fazla pembe domateslerde hesaplanmıştır.



Şekil 4.6 . Elastisite modülü

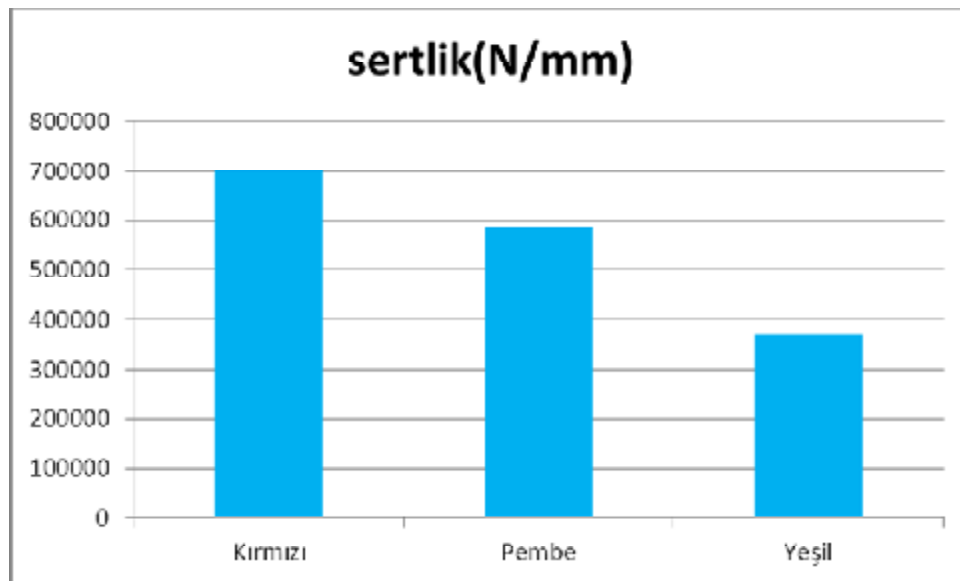
Elastisite modülü değeri kırmızı domateslerde $0,505 \text{ N/mm}^2$, pembe domateslerde $0,829 \text{ N/mm}^2$, yeşil domateslerde ise $0,547 \text{ N/mm}^2$ olarak

hesaplanmıştır. Yurtlu ve Erdoğan (2005b) yaptıkları çalışmada domatesler için elastisite modülünü EF49 çeşidi için 0,18- 0,13 N/mm² arasında, Joker çeşidi için 0,40- 0,14 N/mm² arasında tespit etmişlerdir.



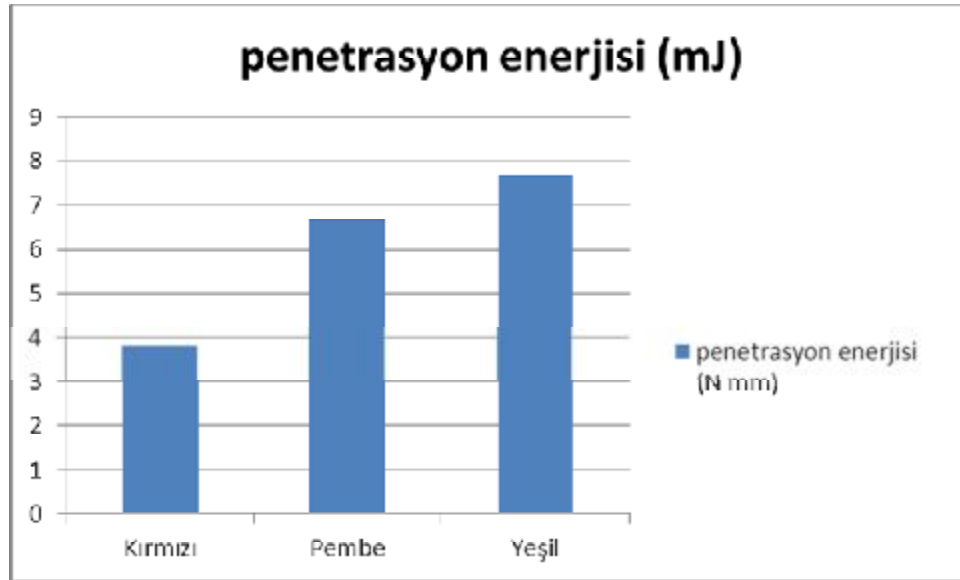
Şekil 4.7. Delme testleri sonucunda hesaplanan domateslere ait ilk sertlik ve ortalama sertlik değerleri

Delme testi sonucunda elde edilen verilerden hesaplanan ilk sertlik, ortalama sertlik üzerine olgunluğun etkili olduğu görülmüştür.



Şekil 4.8. Domateslere ait sertlik değerleri

Yurtlu ve Erdoğan (2005) 'ın yaptıkları çalışmada bildirdiğine göre Olorunda ve Tung (1985) sertliği 0,549 kg/mm bulmuştur. Bu çalışma sonucunda bulunan değerlerle benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.9. Delme testi sonuçlarına göre domateslerin penetrasyon enerjileri

Delme testi sonuçlarına göre domateslerin penetrasyon enerjisi en fazla yeşil domateslerde görülmüştür.

Çizelge 4.2. Hesaplanan Değerlerin Olgunluk Üzerindeki Etkisine İlişkin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

	KIRMIZI	PEMBE	YEŞİL
İLK SERTLİK (N/mm)	4,5133 ^a	5,9709 ^a	15,0797 ^b
ORTALAMA SERTLİK (N/mm)	3,1352 ^a	4,7185 ^b	13,2121 ^c
GEVŞEME ORANI	0,1430 ^b	0,1616 ^b	0,0833 ^a
ELASTİKLİK DERECEŚİ	0,4311 ^b	0,3841 ^{ab}	0,3280 ^a
DEFORMASYON ORANI	0,0894 ^c	0,0580 ^b	0,0247 ^a
ABSORBE EDİLEN ENERJİ (N mm)	0,0444 ^c	0,0262 ^b	0,0104 ^a
DELME TESTİ	SONUCUNDA	HESAPLANAN	VERİLER
	KIRMIZI	PEMBE	YEŞİL
DELME İLK SERTLİK (N/mm)	1,0927 ^a	2,0607 ^b	4,9847 ^c
DELME ORTALAMA SERTLİK (N/mm)	1,1161 ^a	1,4055 ^a	4,0195 ^b
ELASTİSİTE MODÜLÜ (N/mm ²)	0,5580 ^a	0,7027 ^a	2,0096 ^b
AKMA NOKTASI	0,9528 ^a	1,3323 ^b	2,4531 ^c
SERTLİK (N/mm)	487898,8700 ^a	515485,4149 ^a	636322,9099 ^a
PENETRASYON ENERJİSİ (mJ)	4,0310 ^a	6,9431 ^b	8,1835 ^b

Bu çalışmada, yapılan deneyler sonucunda hesaplanan değerlere, SPSS istatistik programında Duncan testi uygulanmış olup; bu sonuçlara göre 0,05 önem düzeyinde, gevşeme ve döngü testlerinden hesaplanan ilk sertlik değerinin kırmızı ve dönüşüm aşamasındaki domatesler arasında farklılık yaratmamasına rağmen, yeşil domatesler için önemli olduğu görülmüştür. Ortalama sertlik değeri için ise üç farklı olgunluk derecesinde aralarındaki farklılığın önemli olduğu görülmüştür. Yeşil domateslerde gevşeme oranı değeri direk olgunlukla bağlantılı olduğunu göstermiştir. Elastiklik derecesi dönüşüm aşamasındaki domateslerde yapılan istatistik sonucuna göre her iki gruba dâhil olabildiğini ortaya koymuştur. Deformasyon oranı ve absorbe edilen enerji değerleri ise her üç farklı olgunluk seviyesi için de aralarındaki farklılığın önemli olduğunu göstermiştir.

Delme testi sonuçlarından hesaplanan ilk sertlik (4,9847) ve ortalama sertlik (4,0195) değerleri diğer olgunluktaki domateslere göre yeşil domateslerde yüksek çıkmıştır. Penetrasyon enerji değerleri kırmızıdan yeşile doğru artış göstermiştir. Akma noktası sırasıyla kırmızı domatesler için 0,9528, dönüşüm aşamasındaki domatesler için 1,3323, yeşil domatesler için 2,4531 önem düzeyinde bulunmuştur. Buda akma noktası değerlerinin arasındaki farklılığın önemli olduğunu ortaya koymuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma fiziko-mekanik özelliklerin (kabuk yırtılma noktasındaki kuvveti, kabuk yırtılma noktasındaki enerji ve sertlik indeksi) araştırılması üzerine kurulmuştur.

Gevşeme, döngü, delme testleri sonucunda domateslerin (kırmızı, dönüşüm aşaması, yeşil) ilk sertlik, ortalama sertlik, absorbe edilen enerji, elastisite derecesi, deformasyon oranı, gevşeme oranı ve elastisite modülünün farklı olgunluk dönemleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Ayrıca ürünlerin ağırlıkları, hacim ağırlıkları gibi fiziksel özelliklerinin farklı hasat dönemlerinden etkilendiği saptanmıştır.

- Ø Elastiklik modülü; kırmızı ve yeşil domatesler arasında önemli bir farklılık yarattığı görülmüştür. Döngü ve gevşeme testlerinin sonuçlarından hesaplanan, ilk sertliğin; kırmızı ve pembe domateslerde farklılık yaratmadığı ancak yeşil domateslerde önemli olduğu bulunmuştur.
- Ø Ortalama sertlik; farklı olgunluk seviyelerindeki domateslerde önemli olduğu belirlenmiştir.
- Ø Gevşeme oranı; kırmızı ve pembe domatesler arasında önemsiz iken, yeşil domateslerde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Ø Elastiklik derecesi; kırmızı ve yeşil domatesler arasında önemli bulunmuştur.
- Ø Deformasyon oranı; farklı olgunlukta domateslerde önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. En az deformasyon yeşil domateslerde görülürken, deformasyonun en fazla kırmızı domateslerde olduğu saptanmıştır.
- Ø Absorbe edilen enerji; miktarları üç farklı olgunluk döneminde önemli bulunmuştur.
- Ø Delme testi verilerinden hesaplanan ilk sertlik değeri farklı olgunluk dönemlerinde önemli bulunurken; ortalama sertlik değeri kırmızı ve pembe domateslerde önemsiz, yeşil domatesler için önemli olarak tespit edilmiştir.
- Ø Elastisite modülü; kırmızı ve dönüşüm aşamasındaki domatesler arasında önemsizken yeşil domatesler için önemli olduğu saptanmıştır.

- Ø Biyolojik verim; farklı olgunluk seviyeleri için önemli bulunmuştur.
- Ø Sertlik (toughness); farklı olgunluk dönemlerindeki domatesler için önemsiz olarak belirlenmiştir.

Ayrıca domatesler olgunlaştıkça meyve etinde yumuşama olduğu bunun da taşıma, kasalama, paketlenme gibi işlemler sırasında maddi zarar doğurabileceği, ihracatı olumsuz etkileyebileceği söylenebilir. Bu doğrultuda domateslerin olgunluk safhaları ile ilgili teknik özelliklerin bilinmesine yönelik çalışmaların artması, hasat ve sonrası işlemlerde ürün kalitesinin korunması, ayrıca bu işlemler için kullanılacak ya da tasarlanabilecek tarımsal araç ve makinaların belirleyicisi olması yönünden önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- ABAK K., DÜZYAMAN E., ŞENİZ V., GÜLEN H., PEKŞEN A., KAYMAK H. Ç., 2010. Sebze Üretimini Geliştirme Yöntem ve Hedefleri. Ziraat Mühendisleri Odası 7. Teknik Kongresi, 10 Mart 2013, http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/c05147f3029c97c_ek.pdf.
- AHMADI, E., GHASSEMZADEH, H. R., SADEGHİ, M., MOGHADDAM, M., NESHAT, S.Z., 2010. The Effect of Impact and Fruit Properties on the Bruising of Peach. *Journal of Food Engineering*, 97(1):110-117.
- ASAE, 2001. Compression Test of Food Materials of Convex Shape. ASAE S368.4, American Society of Agricultural Engineers.
- AYDIN, C., ÇARMAN, K., 1997. Şeftalide Çarpma Enerjisine Bağlı Olarak Zedelenmenin Belirlenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*:254-264.
- BENTINI, M., CAPRARA, C., MARTELLI, R., 2009. Physico-mechanical Properties of Potato Tubers During Cold Storage. *Biosystems Engineering*, 104(1):25-32.
- DESMET, M., LAMMERTYN, J., VERLİNDEN, B.,E., NICOLAI, B., M. 2002. Mechanical Properties of Tomatoes as Related to Puncture Injury Susceptibility. *Journal of Texture Studies*, 33:415-429.
- ERALTAN F. M., 2005. Şeftalinin Mekanik Özellikleri Üzerine Çeşit ve Depolama Süresi Etkilerinin Araştırılması. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- 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.
- GÜRHAN, R., VATANDAŞ, M., GÜNER, M., 2001. Kayısının Mekanik Davranışının Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(4):136-140.
- MOHSENIN, N. N., 1980. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Vol. 1 Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties. Gordon and Breach Publ., 1 pp.xv + 734 pp.

- ÖĞÜT, H., AYDIN, C., 1992. Konya Ekolojik Şartlarında Yetiştirilen Bazı Elma Çeşitlerinin Poisson Oranı ve Elastikiyet Modüllerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2(3):39-53.
- ÖZGÜVEN, F., VURSAVUŞ, K., 1998. Çok Tabakalı Meyve Paketlerinde Oluşan Zedelenmenin Belirlenmesinde Enerji Modelinin Kullanılması. Ç.Ü. Z. F. Dergisi, 13(4):137-146.
- ÖZGÜVEN, F., KÜDEN, A., VURSAVUŞ, K., 2002. Seçilmiş Bazı Bahçe Ürünlerinin Biyolojik – Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Bu Özellikler İle Ürün Zedelenme Hassasiyeti Arasındaki İlişkilerin Araştırılması. Ç.Ü. Araştırma Fonu 2002.BAP.22.
- SINGH, K.K., REDDY, B.S., 2006. Post-harvest Physico-mechanical Properties of Orange Peel and Fruit. Journal of Food Engineering, 73(2):112-120.
- SIRISOMBOON, P., TANAKA, M., AKINAGA, T., KOJIMA, T. 2000. Evaluation of the Textural Properties of Japanese Pear. Journal of Texture Studies, 31:665-677.
- SIRISOMBOON, P., TANAKA, M., KOJIMA, T. 2012. Evaluation of Tomato Textural Mechanical Properties. Journal of Food Engineering, 111:618-624.
- SOYSAL, Y., 2000. İşletme Ölçeğinde Çeşitli Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kurutulmasına Yönelik Bir Araştırma. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana.
- TURGUT, N., KARA, M., 1994. Makina Tasarımı Yönünden Tarımsal Ürünlerin Fiziko-mekanik Özellikleri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fak. Tarım Makinaları Ders Notları, Erzurum.
- VURSAVUŞ, K., ÖZGÜVEN, F., 1999. Determination of the Some Mechanical Properties and Susceptibility to Bruising Damage of Apples. 7th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, 26-27 May:570-575.
- VURSAVUŞ, K., ÖZGÜVEN, F., 2001. Elmaların Hasat Sonrası Zedelenmelerine İlişkin Çarpma Parametrelerinin ve Zedelenme Hacmi Belirleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı: 535-542, Şanlıurfa.

- VURSAVUŞ, K., ÖZGÜVEN, F., 2003. Determining the Strength Properties of the Dixired Peach Variety. Turk. J. Agric. For., 27:155-160.
- VURSAVUŞ, K., ÖZGÜVEN, F., 2007. Golden Delicious, Stark Krimson ve Granny Smith Elma Çeşitlerinin Çarpma Zedelenme Hassasiyetinin Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 5-6 Eylül:268-278.
- YURTLU, Y. B., 2003. Meyve ve Sebzelerde Bazı Mekanik Özelliklerin ve Zedelenmeye Karşı Duyarlılığın Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- YURTLU, Y. B., ERDOĞAN D., 2005a. Depolama Süresinin Bazı Hıyar Çeşitlerinde Mekanik Özelliklere Olan Etkisinin Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 11(3):251-256.
- YURTLU, Y. B., ERDOĞAN, D., 2005b. Domates Çeşitlerinde Depolama Süresinin Bazı Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 11(2):201-206.
- YURTLU, Y. B., VURSAVUŞ, K. K., YEŞİLOĞLU, E., ÖZTÜRK, B., USTA, B., 2012. Hayward Kivi Meyvesinin Statik Yük Altındaki Zedelenme Hassasiyetinin Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s.418-431.

ÖZGEÇMİŞ

01.01.1985 tarihinde Mersin' in Tarsus ilçesinde doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini burada tamamladı. 2008-2009 döneminde Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Anabilim Dalından mezun oldu. 2012- 2013 döneminden itibaren Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı.