

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

MEYVE VE SEBZELERDE BAZI MEKANİK ÖZELLİKLERİN VE
ZEDELENMEYE KARŞI DUYARLILIĞIN BELİRLENMESİ

Yeşim Benal YURTLU

737403

TARIM MAKİNELERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2003

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

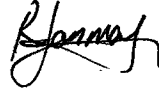
Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Doğan ERDOĞAN danışmanlığında **Yeşim Benal YURTLU** tarafından hazırlanan bu çalışma 20/01/ 2003 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarım Makineleri Anabilim Dalı'nda **Doktora tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan :Prof. Dr. Doğan ERDOĞAN



Prof. Dr. Ruhsar YANMAZ



Prof. Dr. Faruk ÖZGÜVEN



Prof. Dr. Ramazan ÖZTÜRK



Prof. Dr. Ali İhsan ACAR



Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.



Prof. Dr. Metin OLGUN
Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

MEYVE VE SEBZELERDE BAZI MEKANİK ÖZELLİKLERİN VE ZEDELENMEYE KARŞI DUYARLILIĞIN BELİRLENMESİ

Yeşim Benal YURTLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Doğan ERDOĞAN

Bu çalışmada, meyve ve sebzelerin bazı mekanik özelliklerinin ve zedelenmeye karşı duyarlılıklarının belirlenmesi amacıyla bir sıkıştırma test ve ölçüm düzeneği ile bir çarpma test düzeneği geliştirilmiştir. Sıkıştırma test ve ölçüm düzeneği; hareketli platform, tutucu, dinamometre, silindirik batıcı uç, amplifikatör, PC kart, veri toplama ve kaydetme programı ile bilgisayardan oluşmaktadır. Sıkıştırma testlerinde kullanılan küresel sonlu silindirik batıcı ucun çapı 8 mm olup, yükleme hızı tüm ürünler için 7 mm/dak olarak belirlenmiştir. Yapılan sıkıştırma testleri sonucu her ürün için ayrı ayrı kuvvet-deformasyon eğrisi oluşturularak, biyolojik akma noktası veya kabuk yırtılma noktası için bu değerler belirlenmiştir. Çarpma testleri için kol boyu 50 cm olan bir sarkaç kullanılmıştır. Çarpma testleri, yalnızca armut ve elma çeşitleri için, ürünlerin 10 cm, 15 cm ve 20 cm'den metal yüzeye doğru serbest bırakılmasıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, deneme materyali olarak 147-F1 ve Rawa-F1 hıyar çeşitleri, EF-49 ve Joker domates çeşitleri, Williams ve Ankara armut çeşitleri ile Starkspur Golden Delicious ve Starking elma çeşitleri kullanılmıştır. Denemeye alınan ürünler tür özelliklerine göre farklı depo koşulu ve sürelerinde depolanarak, depo sürelerinin biyolojik malzeme özelliklerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Denemeler sonunda ürünlerin elastiklik modülü, deformasyon enerjisi, deformasyon hacmi, sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı değerleri;, ayrıca çarpma testi uygulanan ürünler için çarpma sonucu oluşan zedelenme hacmi, absorbe edilen enerji miktarı ve çarpma zedelenmesi duyarlılığı değerleri belirlenmiştir. Bu özelliklere çeşit, depo süresi ve düşme yüksekliklerinin etkileri ile bunların ikili ve üçlü etkileşimlerinin ortaya konulabilmesi için istatistiksel analiz yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Genel olarak çeşit, depo süresi ve düşme yüksekliği, ölçüm ve hesaplama değerlerini belirgin olarak etkilemektedir.

2002, 96 Sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Biyolojik malzeme, meyve, sebze, mekanik özellikler, elastiklik modülü, zedelenme, zedelenme duyarlılığı

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

DETERMINATION OF SOME MECHANICAL PROPERTIES AND SUSCEPTIBILITY TO BRUISING DAMAGE OF FRUITS AND VEGETABLES

Yeşim Benal YURTLU

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Doğan ERDOĞAN

In this study, a compression test-measurement and impact test system were developed to determine some mechanical properties and bruise susceptibility of fruits and vegetables. The compression test-measurement system composes of moving platform, holder, dynamometer, cylindrical die with spherical end, amplifier, PC card, software and computer. The cylindrical die was 8 mm and the loading rate of 7 mm/min was used during all the tests. The compressive force-deformation characteristics of each fruit or vegetable were determined with a view to obtaining information on the biological yield point or rupture point force and deformation for them. A pendulum with 50 cm arm length was used for impact tests. Impact tests were performed only for pear and apple cultivars. Each fruit was dropped from 10 cm, 15 cm and 20 cm heights onto a metal surface.

147-F1 and Rawa-F1 cucumber cultivars, EF-49 and Joker tomato cultivars, Williams and Ankara pear cultivars and Starkspur Golden Delicious and Starking apple cultivars were used in the tests. To investigate the effects of storage time on the properties of the biological materials, samples according to the species were stored in different conditions and periods. Modulus of elasticity, deformation energy, deformation volume and compression bruise susceptibility were determined at the end of the tests. In addition, bruising volume, absorbed energy and impact bruise susceptibility were determined for the pear and apple cultivars. The statistical analysis was performed to determine the effects of the cultivar, storage time, drop height and their interactions on these properties. In generally, cultivar, storage time, and drop height affected all the measurement parameters significantly.

2002, 96 Pages

Key Words: Biological material, fruit, vegetable, mechanical properties, modulus of elasticity, bruise, bruise susceptibility

TEŞEKKÜR

Bana bu konuda alıŐma olanağı sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Doğan ERDOĞAN'a, çalıŐmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm Tez İzleme Komitesi üyeleri hocalarım Sayın Prof. Dr. Ruhsar YANMAZ ve Sayın Prof. Dr. Ali İhsan ACAR'a teŐekkürlerimi sunarım. Araştırma materyalini ve depolama koŐullarını temin eden Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölüm Başkanlığı ve bölüm personeline, Sayın Doç. Dr. Köksal Demir'e, deney düzeneklerinin oluŐturulmasında emeği geçen AÜZF Tarım Makineleri Bölümü atölye teknisyenleri Sayın Necmi YILMAZ ve Sayın İsmail Aydoğan'a, elektrik teknisyeni Sayın Fikret SÖYLER'e, yoğun ve yorucu geçen denemeler sırasında bana yardımcı olan çalışma arkadaşlarım AraÇ. Gör. Arzu ERMAN ve AraÇ. Gör. Yasemin SABAHOĞLU'na, çizim ve yazım aŐamasına katkı sağlayan Yüksek Lisans öğrencilerimiz B. Zihni DİNÇEL ve Volkan OVALI'ya, ayrıca çalıŐmamın her aşamasında beni destekleyen KurtuluŐ ÖZTEKİN ve Emek BARAN'a teşekkür ederim.

Yeşim Benal YURTLU
Ankara, Ocak 2003

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Biyolojik Malzemenin Özellikleri.....	2
1.2. Reoloji ve Reolojik Özellikler.....	2
1.2.1. Biyolojik malzemelerin karakteristikleri.....	3
1.2.2. İdeal malzemeler ve özellikleri.....	7
1.2.3. Malzemelerin zamana bağlı davranışı (Viskoelastiklik).....	9
1.2.4. Stürünme.....	10
1.2.5. Geri dönüşüm.....	10
1.2.6. Gevşeme.....	11
1.2.7. Doğrusallık.....	11
1.3. Reoloji Uygulamaları.....	12
1.3.1. Kuvvet-deformasyon ilişkileri.....	13
1.3.2. Gerilim-şekil değiştirme ilişkileri.....	13
1.4. Deneme Ürünlerine Ait İstatistikler.....	14
1.5. Yapılan Çalışmanın Amacı.....	14
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	31
3.1. Materyal.....	31
3.1.1. Deneme materyali.....	31
3.1.2. Sıkıştırma test ve ölçüm düzeneği.....	32
3.1.2.1. Çeki- bası dinamometresi.....	34
3.1.2.2. Amplifikatör.....	35
3.1.2.3. Veri ölçümleme kartı.....	35
3.1.3. Çarpma test düzeneği.....	35

3.1.4. Diğer ölçme aletleri.....	36
3.2. Yöntem.....	37
3.2.1. Sıkıştırma testi.....	37
3.2.1.1. Kalibrasyon.....	38
3.2.1.2. Silindirik batıcı uç çapı, ilerleme hızı, veri alma aralığı ve sayısı.....	39
3.2.2. Çarpma testi.....	40
3.2.3. Diğer ölçümler.....	41
3.2.4. Deneysel yöntem.....	42
3.2.5. Sıkıştırma testi sonuçlarını değerlendirme yöntemi.....	43
3.2.6. Çarpma testi sonuçlarını değerlendirme yöntemi.....	46
3.2.7. İstatistik analiz.....	48
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	49
4.1. Hıyar İçin Yapılan Ölçüm ve Hesaplama Sonuçları.....	49
4.2. Domates İçin Yapılan Ölçüm ve Hesaplama Sonuçları.....	54
4.3. Armut İçin Yapılan Ölçüm ve Hesaplama Sonuçları.....	59
4.3.1. Sıkıştırma testi sonuçları.....	59
4.3.2. Çarpma testi sonuçları.....	66
4.4. Elma İçin Yapılan Ölçüm ve Hesaplama Sonuçları.....	71
4.4.1. Sıkıştırma testi sonuçları.....	71
4.4.2. Çarpma testi sonuçları.....	76
4.5. Tartışma.....	81
5. SONUÇ.....	89
5.1. Öneriler.....	91
KAYNAKLAR.....	93
ÖZGEÇMİŞ.....	97

SİMGELER DİZİNİ

C_{φ}	Çarpma zedelenmesi duyarlılığı (ml/J)
C_s	Sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı (ml/J)
C_1	Veri kaydedici program kayıt değeri
C_2	Ağırlığın etki ettirdiği kuvvet (N)
d	Silindirik batıcı uç çapı, Zedelenme çapı (mm)
D_0	İlk çap (mm)
E	Elastiklik modülü (N/mm , N/mm^2)
E_A	Deformasyon enerjisi (Nmm)
E_{abs}	Absorbe edilen enerji (J)
F	Kuvvet (N)
F_A	A noktasındaki deformasyon kuvveti (N)
g	Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
h	Temas düzlemi altındaki zedelenme yüksekliği (mm)
$h_{düşme}$	Düşme yüksekliği (m)
$h_{sıçrama}$	Sıçrama yüksekliği(m)
L_0	İlk boy (mm)
m_a	Teste tabi tutulan ürünün kütlesi (kg)
R	Meyvenin yarıçapı (mm)
t	Zaman (dak)
V	İlerleme hızı (mm/dak)
V_A	Deformasyon hacmi (mm^3)
V_z	Zedelenme hacmi (mm^3)
V_1	Temas düzlemi altındaki zedelenme hacmi (mm^3)
V_2	Temas düzlemi üzerindeki zedelenme hacmi (mm^3)
ΔD	İkinci çap ile ilk çap arasındaki fark (mm), Deformasyon(mm)
ΔD_A	A noktasındaki deformasyon (mm)
ΔL	İlk boy ile ikinci boy arasındaki fark (mm)
μ	Poisson oranı
σ	Gerilim (N)
ε	Üzama oranı ya da şekil değiştirme (mm)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Reoloji.....	3
Şekil 1. 2. Biyolojik malzemeler için kuvvet-deformasyon eğrisi.....	5
Şekil 1. 3. Bir tarımsal türün için olası kuvvet-deformasyon eğrisi.....	5
Şekil 1. 4. Temel tanımlamalara ilişkin açıklamalar.....	6
Şekil 1. 5. Yükleme-yükü kaldırma ile farklı cisimlerin davranışı.....	8
Şekil 1. 6. Sürünmenin aşamaları.....	10
Şekil 1. 7. Zamanla geri dönüşümün oluşumu.....	11
Şekil 1. 8. Gevşemenin oluşumu.....	12
Şekil 1. 9. Biyolojik malzemelere uygulanabilen farklı mekanik sıkıştırma biçimleri.....	13
Şekil 2. 1. Hedef plaka, yük algılayıcı, destek çatı, amplifikatör ve sayıcıdan oluşan çarpma test düzeneği.....	17
Şekil 2. 2. Otomatik meyve basınç test cihazının şematik görünüşü.....	19
Şekil 2. 3. Bütün domates meyvesi için düz plakalar arasında yükleme ile oluşan tipik kuvvet deformasyon eğrisi	20
Şekil 2. 4. Turşuluk hıyarda bası direnci-deformasyon değişimi.....	23
Şekil 2. 5. Şeftali için çarpma test düzeneğinin şematik görünüşü.....	24
Şekil 2. 6. Biyolojik malzeme test cihazı.....	26
Şekil 2. 7. Basınç test cihazı.....	30
Şekil 3. 1. Sıkıştırma test düzeneğinde kullanılan tutucu.....	33
Şekil 3. 2. Sıkıştırma test düzeneğinde kullanılan silindirik batıcı uç.....	33
Şekil 3. 3. Sıkıştırma test ve ölçüm düzeneğinin şematik görünüşü.....	34
Şekil 3. 4. Sıkıştırma test ve ölçüm düzeneğinin genel görünüşü.....	34
Şekil 3. 5. Çarpma test düzeneğinin şematik görünüşü.....	36
Şekil 3. 6. Test örneği hazırlamada kullanılan alet	37
Şekil 3. 7. Düzenek ile oluşan yükleme şekli	39
Şekil 3. 8. Kalibrasyon düzeneği.....	39
Şekil 3. 9. Zedelenme çapı ve zedelenme derinliği ölçüm yöntemi.....	40
Şekil 3. 10. Poisson oranının belirlenmesi.....	41

Şekil 3. 11. Zedelenme hacminin belirlenmesinde kullanılan idealize edilmiş zedelenme şekli üzerinde gösterilen tanımlamalar.....	46
Şekil 4. 1. Hıyar çeşitleri için biyolojik akma noktasındaki deformasyon-depo süresi değişimi.....	50
Şekil 4. 2. Hıyar çeşitleri için biyolojik akma noktasındaki kuvvet-depo süresi değişimi.....	50
Şekil 4. 3. Hıyar çeşitleri için elastiklik modülü-depo süresi değişimi.....	51
Şekil 4. 4. Hıyar çeşitleri için deformasyon enerjisi-depo süresi değişimi.....	52
Şekil 4. 5. Hıyar çeşitleri için deformasyon hacmi-depo süresi değişimi.....	52
Şekil 4. 6. Hıyar çeşitleri için sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı-depo süresi değişimi.....	53
Şekil 4. 7. Domates çeşitleri için kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon-depo süresi değişimi.....	56
Şekil 4. 8. Domates çeşitleri için kabuk yırtılma noktasındaki kuvvet-depo süresi değişimi.....	56
Şekil 4. 9. Domates çeşitleri için elastiklik modülü-depo süresi değişimi.....	57
Şekil 4. 10. Domates çeşitleri için deformasyon enerjisi-depo süresi değişimi.....	57
Şekil 4. 11. Domates çeşitleri için deformasyon hacmi-depo süresi değişimi.....	58
Şekil 4. 12. Domates çeşitleri için sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı-depo süresi değişimi.....	58
Şekil 4. 13. Armut çeşitleri için biyolojik akma noktasındaki deformasyon-depo süresi değişimi.....	61
Şekil 4. 14. Armut çeşitleri için biyolojik akma noktasındaki kuvvet-depo süresi değişimi.....	62
Şekil 4. 15. Armut çeşitleri için elastiklik modülü-depo süresi değişimi.....	62
Şekil 4. 16. Armut çeşitleri için deformasyon enerjisi-depo süresi değişimi.....	63
Şekil 4. 17. Armut çeşitleri için deformasyon hacmi-depo süresi değişimi.....	63
Şekil 4. 18. Armut çeşitleri için sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı-depo süresi değişimi.....	64
Şekil 4. 19. Armut çeşitleri için çarpma testi sonucu oluşan zedelenme hacmi-depo süresi değişimi.....	66
Şekil 4. 20. Armut çeşitleri için çarpma testi sonucu absorbe edilen enerji-depo	

süresi değişimi.....	67
Şekil 4. 21. Armut çeşitleri için çarpma zedelenmesi duyarlılığı-depo süresi değişimi.....	67
Şekil 4. 22. Elma çeşitleri için biyolojik akma noktasındaki deformasyon-depo süresi değişimi.....	71
Şekil 4. 23. Elma çeşitleri için biyolojik akma noktasındaki kuvvet-depo süresi değişimi.....	72
Şekil 4. 24. Elma çeşitleri için elastiklik modülü-depo süresi değişimi.....	72
Şekil 4. 25. Elma çeşitleri için deformasyon enerjisi-depo süresi değişimi.....	73
Şekil 4. 26. Elma çeşitleri için deformasyon hacmi-depo süresi değişimi.....	73
Şekil 4. 27. Elma çeşitleri için sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı-depo süresi değişimi.....	74
Şekil 4. 28. Elma çeşitleri için çarpma testi sonucu oluşan zedelenme hacmi-depo süresi değişimi.....	76
Şekil 4. 29. Elma çeşitleri için çarpma testi sonucu absorbe edilen enerji-depo süresi değişimi.....	77
Şekil 4. 30. Elma çeşitleri için çarpma zedelenmesi duyarlılığı-depo süresi değişimi.....	77
Şekil 4. 31. Hıyar için elastiklik modülü değerleri.....	81
Şekil 4. 32. Domates için kabuk yırtılma noktasındaki kuvvet değerleri.....	82
Şekil 4. 33. Armut için sıkıştırma testi sonucunda ölçülen kuvvet değerleri.....	84
Şekil 4. 34. Armut için zedelenme hacmi değerleri.....	84
Şekil 4. 35. Elma için elastiklik modülü değerleri.....	87
Şekil 4. 36. Elma için sıkıştırma testi ile bulunan zedelenme duyarlılığı değerleri.....	87
Şekil 4. 37. Elma için çarpma testi ile bulunan zedelenme duyarlılığı değerleri....	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. 1. Denemeye alınan meyve ve sebzelerin ülkemizde üretimine ve dışsatımına ilişkin değerler.....	14
Çizelge 4. 1. Deneş ölçüm ve hesaplama değerlerine hıyar çeşidi ve depo süresinin etkisi.....	53
Çizelge 4. 2. Hıyar çeşitleri için deneş ölçüm ve hesaplama değer ortalamaları, standart hataları ile Duncan testi sonuçları.....	55
Çizelge 4. 3. Deneş ölçüm ve hesaplama değerlerine domates çeşidi ve depo süresinin etkisi.....	59
Çizelge 4. 4. Domates çeşitleri için deneş ölçüm ve hesaplama değer ortalamaları, standart hataları ile Duncan testi sonuçları.....	60
Çizelge 4. 5. Sıkıştırma testi ölçüm ve hesaplama değerlerine armut çeşidi ve depo süresinin etkisi.....	64
Çizelge 4. 6. Armut çeşitleri için sıkıştırma testi ölçüm ve hesaplama değer ortalamaları, standart hataları ile Duncan testi sonuçları.....	65
Çizelge 4. 7. Çarpma testi ölçüm ve hesaplama değerlerine armut çeşidi, depo süresi ve düşme yüksekliğinin etkisi.....	68
Çizelge 4. 8. Armut çeşitleri için çarpma testi ölçüm ve hesaplama değer ortalamaları, standart hataları ile Duncan testi sonuçları.....	69
Çizelge 4. 9. Sıkıştırma testi ölçüm ve hesaplama değerlerine elma çeşidi ve depo süresinin etkisi.....	74
Çizelge 4. 10. Elma çeşitleri için sıkıştırma testi ölçüm ve hesaplama değer ortalamaları, standart hataları ile Duncan testi sonuçları.....	75
Çizelge 4. 11. Çarpma testi ölçüm ve hesaplama değerlerine elma çeşidi, depo süresi ve düşme yüksekliğinin etkisi.....	78
Çizelge 4. 12. Elma çeşitleri için çarpma testi ölçüm ve hesaplama değer ortalamaları, standart hataları ile Duncan testi sonuçları.....	79

1. GİRİŞ

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 mamül ya da işlenmiş olarak yapılabilmektedir. Hangi şekilde olursa olsun, ülkemiz gibi dışsatımı tarıma dayalı ülkeler için pazara istenilen kalitede ürün sunulmaması 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.

Türkiye'nin tarımsal ürün dışsatımını 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 gelirlerini 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 dışsatımımızı artırıcı bir rol oynayacaktır.

Tarım mühendisliğinin temel görevlerinden biri, tarımsal üretimin nitelik ve nicelik bakımından geliştirilmesinde kullanılacak en ileri teknikleri ortaya koymak, uygulamak, ekonomik analizler yapmak ve değerlendirmektir. Bu tekniklerin ortaya konulması sırasında göz önüne alınacak ana verilerden biri tarımsal ürünün kendisidir. Bu açıdan tarımsal ürünlerin, bir başka anlatımla biyolojik malzemenin teknik özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Biyolojik malzemenin teknik özelliklerinin bilinmesi, hasat, taşıma, iletim, sınıflandırma, doldurma, boşaltma, paketleme gibi tarımsal araç ve makinelerin tasarımında, iş başarılarının belirlenmesinde, ürün işleme, ürün kalite

kontrolü aşamalarında ve son olarak tüketiciye sunulan ürünün kalitesinin iyileştirilmesinde önem taşımakta ve belirleyici olmaktadır.

1.1. Biyolojik Malzemenin Özellikleri

Biyolojik malzemenin özelliklerini aşağıdaki şekilde sınıflandırmak olanaklıdır (Alayunt 2000):

Fiziksel Özellikler

- Temel ölçüler: Şekil, boyut, kütle, hacim, yoğunluk, yüzey alanı, yığın özellikleri.
- Mekanik özellikler: Statik ve dinamik yük altında davranışlar (kopma direnci, kopma enerjisi, elastiklik vb), akıcılık özelliği, aerodinamik ve hidrodinamik özellikler.
- Termik özellikler: Özgül ısı, ısı iletkenliği, ısısız genişleme, ısı yayını vb özellikler.
- Optik özellikler: Renk, dış görünüş, yansıma-geçirgenlik-soğurma özelliği.
- Elektriksel özellikler: İletkenlik, kapasitans, empedans, dielektrik özellikleri vb.

Kimyasal Özellikler

Asit miktarı, şeker miktarı, su miktarı, pH değeri, vitamin.

Biyolojik Özellikler

Olgunlaşma derecesi, mum tabakası, doku özellikleri, asimilasyon, solunum, tat, biyokimyasal maddelere karşı davranış.

1.2. Reoloji ve Reolojik Özellikler

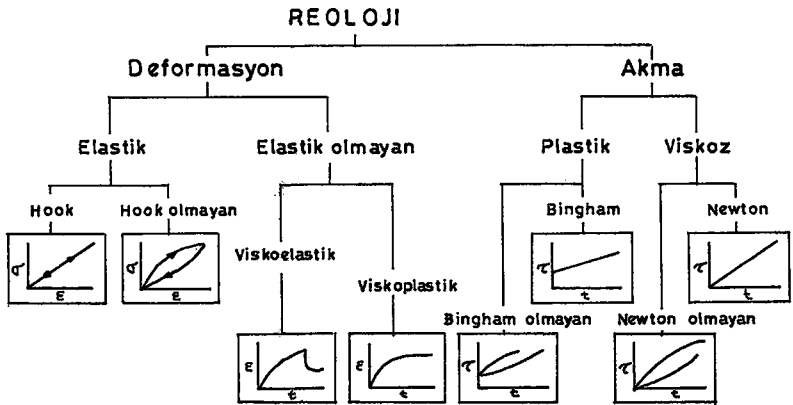
Biyolojik malzemeler, ekim ya da dikimden tüketiciye sunulduğu ana kadar geçen süre içerisinde, hemen hemen tüm işlem basamaklarında mekanik etkilere maruz kalırlar. Bu etkiler, statik (gerilme ve basınç) kuvvetler ya da dinamik kuvvetler biçimindedir. Uygulanan kuvvetin etkisi altında biyolojik malzemenin gösterdiği davranışlara,

mekanik özellikler denilmektedir. Uygulanan kuvvet, malzemede deformasyon ve akma davranışına neden olabilir. Malzemelerin verdiği tepkide temel olarak etkili olan; büyüklük, kuvvetin yapısı ya da uygulanma şeklidir. Bununla beraber, birçok biyolojik malzemenin deformasyon ve akma davranışı, sadece kuvvetin yapısına değil aynı zamanda kuvvetin uygulanma süresine bağlıdır. Malzemelerde deformasyon ve akma davranışına neden olan kuvvetin değerinin yanında, yükleme hızı ya da zaman da etkili oluyorsa, bu mekanik özellikler reolojik özellikler, bu davranışı gösteren malzemeler ise reolojik malzemeler olarak adlandırılmaktadır (Mohsenin 1980, Sitkei 1986) (Şekil 1.1).

Reolojik özelliklere ek olarak, kuvvet etkisi altında malzeme hareketleriyle ilgili başka mekanik özellikler de vardır. Bunlar, havanın aerodinamik direnç katsayısı, sürtünme katsayısı, yığın materyalin akış karakteristikleri olarak sayılabilir.

1.2.1. Biyolojik malzemelerin karakteristikleri

Biyolojik malzemeler canlı olduklarından bileşimleri, nem içerikleri ve yapısal özellikleri, yetiştirme ve olgunlaşma dönemlerinde hatta depoda buldukları dönemde bile değişmektedir. Yapıları; gelişme dönemi boyunca nem içeriği, sıcaklık, oksijen miktarı gibi faktörlere duyarlıdır. Gözle görüldüğü gibi, biyolojik malzemelerin mekanik özellikleri birçok faktöre bağlıdır. Bu ilişkilerin birçoğu halen bilinmemektedir. Bunun



Şekil 1. 1. Reoloji (Mohsenin 1980)

nedeni, biyolojik malzemelerin çok karmaşık yapılı biomekanik sistemlere sahip olmalarıdır. Bunların davranışları; örneğin çelikte olduğu gibi, basit fiziksel sabitlerle karakterize edilememektedir.

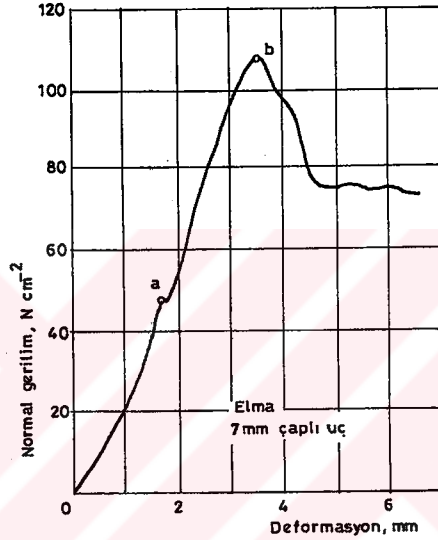
Hasat sonrası, biyolojik malzemede, biyolojik ve kimyasal değişimler gözlenmektedir. Zedelenen bölgelerdeki meyve suyunun oksidasyonu sonucu, bu bölgelerde renk koyulaşması görülebilmektedir. Biyolojik malzeme aynı zamanda canlılığını sürdürmekte olduğundan, zedelenen meyvelerde su kaybı hızlanmakta, solunum ısısı artmaktadır. Buna bağlı olarak ürün, kısa sürede özelliğini kaybetmektedir (Sinn ve Özgüven 1989).

Karmaşık yapılarının bir sonucu olarak, biyolojik malzemelerin mekaniği ile ilgili çalışmalarda bazı kabullenmelerin yapılması zorunlu olmaktadır. Elde edilen sonuçlar sadece verilen koşullar altında geçerlidir. Yapılan çalışmalarda teorik yaklaşımlar yetersiz olduğundan ampirik yöntemleri kullanmak gerekmektedir ve deneysel araştırmalar önem kazanmaktadır. Test sonuçlarıyla hesaplama yaparken sonuçları etkileyebilecek malzeme özelliklerinin kaydedilmiş olması önem taşımaktadır (Sitkei 1986).

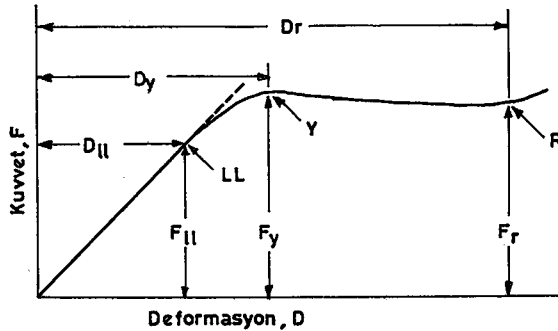
Reolojiye ilişkin çalışmalarda, genel elastik cisimlerin mekaniğinde karşılaşılmayan yapı ve tanımlamalara gereksinim duyulmaktadır. Bunlar şu şekilde açıklanabilmektedir (Sitkei 1986):

Biyolojik akma noktası: Kuvvet-deformasyon eğrisi üzerinde deformasyonda artış olurken kuvvetin azaldığı ya da değişmediği noktadır (Şekil 1.2, a noktası). Biyolojik akma noktası, eğrinin başlangıç bölgesindeki gibi düz bir hat olmaktan saptığı doğrusallık limitinden sonraki herhangi bir noktada ortaya çıkabilir (Şekil 1.3, Y noktası). Meyve ve sebzelerin bir kısmında bu nokta bulunmaz. Bu nokta, küçük hacimli hücre içi kopmaların olduğunu göstermektedir. Biyolojik malzemelerde bu nokta, ürünün zedelenebilirliğine duyarlılığını belirlemede önemli bir rol oynamaktadır ve yüklenme, biyolojik akma noktasına ulaşmazsa hücre sistemi zarar görmeyecektir.

Akma noktasındaki bası kuvveti ölçüldüğünde ürüne zarar vermeden uygulanabilecek kuvvet bulunmuş olmaktadır. Bu noktanın yeri, ürünün mukavemetine, meyve etinin sertliğine, olgunluğa ve depolama süresine bağlı olarak değişim göstermektedir. (Sinn ve Özgüven 1989).



Şekil 1. 2. Biyolojik malzemeler için kuvvet-deformasyon eğrisi (a. Biyolojik akma noktası, b. Kopma noktası) (Sitkei 1986)



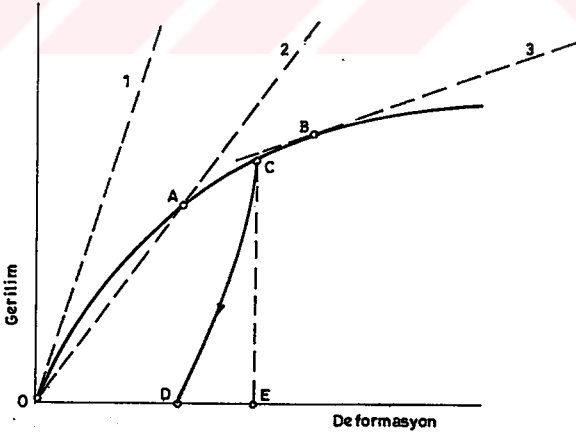
Şekil 1. 3. Bir tarımsal ürün için olası kuvvet-deformasyon eğrisi (LL: lineer limit, Y: biyolojik akma noktası, R: kabuk yırtılma noktası) (Mohsenin 1980)

Kopma noktası: Yüklendiği ürünün kırıldığı, çatladığı ya da bozulduğu noktadır. Kuvvet-deformasyon eğrisinde deformasyonun artmasıyla kuvvetin hızla ve belirgin bir şekilde düştüğü noktadır (Şekil 1.2 ve Şekil 1.3). Bu nokta, ürünün belirli bir hacminin bozulduğunu göstermektedir. Yumuşak, kopması zor malzemelerde bu durum ancak belirgin bir plastik deformasyondan sonra görülmektedir.

Rijitlik: Bir malzemenin rijitliği, kuvvet-deformasyon eğrisinin hemen hemen doğrusal olan başlangıç bölgesinin tanjantı ile ifade edilmektedir. Bu değer aslında elastiklik modülüdür. Eğrinin başlangıç kısmı doğrusal değilse, 0 noktasında teğet olan başlangıç tanjant modülü (1), A noktasında kesen tanjant modülü (2) ya da verilen bir nokta için (örneğin B noktasında teğet olan) tanjant modülü (3) değerleri kullanılabilir (Şekil 1.4).

Dayanıklılık: Bir malzemede kopmaya neden olacak iş gereksinimi olarak tanımlanmaktadır. Kuvvet-deformasyon eğrisinin altında kalan alanla karakterize edilir.

Sertlik: Bir malzemenin ona girmeye çalışan bir uca olan direnci olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 1. 4. Temel tanımlamalara ilişkin açıklamalar (Sitkei 1986)

Deformasyon işi: Elastiklik sınırları içinde bir malzemenin enerji depolama yeteneğinin bir ölçüsüdür. Deformasyon elastik kabul edilirse, deformasyon işi, kuvvet-deformasyon eğrisinin altında kalan alandır. Deformasyon elastik değilse, yüklemeyükü kaldırma çevriminde (Şekil 1.4) yükü kaldırma eğrisi (CD) altında kalan alan deformasyon işini vermektedir.

Mekanik histerisiz: Bir malzemeyi yükleme ve yükü kaldırma sonucunda malzeme tarafından absorbe edilen enerjidir. Yükleme ile oluşan deformasyon eğrisi ile yükün kaldırılmasıyla oluşan eğri arasındaki alanla ifade edilmektedir. Mekanik histerisiz aynı zamanda malzemenin sönmülme kapasitesini de göstermektedir.

Enerji geri dönüşümü: Yükleme sırasında verilen enerjinin ortaya çıkan enerjiye oranıdır.

1.2.2. İdeal malzemeler ve özellikleri

Yapılan çalışmaları kolaylaştırmak için, belirli temel özelliklere göre malzemeleri gruplara ayırmak gerekmektedir. Bir malzemenin reolojik davranışlarıyla karakterize edilen üç temel özellik bulunmaktadır. Bunlar; elastiklik, plastiklik ve viskozitedir. Bu özellikleri gösteren üç ideal cisim ise Hook cismi, St. Venant cismi ve Newton sıvısı olarak adlandırılmaktadır. Gerçek malzemeler hiçbir zaman elastik, plastik ya da viskoz olmayıp bu üç ideal cisim, gerçek malzemeleri değerlendirmek için karşılaştırma amacıyla kullanılmaktadır.

İdeal bir elastik cismin davranışı Şekil 1.5.a'da görülmektedir. Burada gerilim, deformasyon ile doğru orantılıdır. Gerilim kaldırıldığında malzeme eski şekline kavuşmaktadır. Yükleme ile yükün kaldırılması aynı doğru üzerinde gerçekleşmektedir. Bu davranış doğrusal elastiklik olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1.5.b'de doğrusal olmayan elastiklik görülmektedir. Burada yükün kaldırılması ile malzeme eski haline kavuşmaktadır, fakat ilişki doğrusal değildir. Tarımsal materyallerin birçoğu, sıkıştırma testlerinde deformasyon küçük olsa bile Hook cismi özelliklerini göstermez. Yükleme-yükün kaldırılması çevriminin sonunda her zaman belirli bir miktar kalıcı deformasyon

oluşmaktadır (Şekil 1.5.c). Elastik cisimler için çekme ya da sıkıştırma durumunda elastiklik modülü şöyle tanımlanmaktadır (Sitkei 1986):

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}, \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Burada;

E : Elastiklik modülü (N/mm),

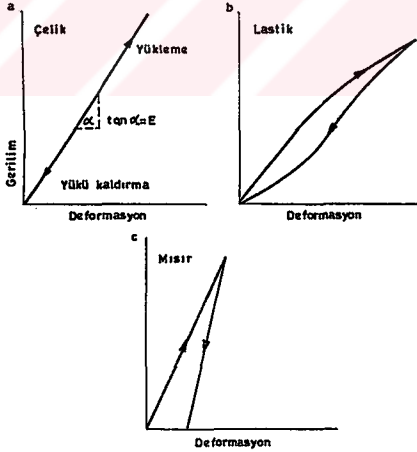
σ : Gerilim (N),

ϵ : Uzama oranı ya da şekil değiştirme (mm),

ΔL : İlk boy ile ikinci boy arasındaki fark (mm),

L_0 : İlk boy (mm)'dur.

İdeal plastik cismin davranışı, sürtünme etkisi altındaki cismin davranışına benzemektedir. Bir yüzey üzerinde bulunan cisim kendisine uygulanan kuvvet sonucu, sürtünme kuvvetini yendiğinde hareket eder. Kuvvet uygulanmadığında hareket aniden



Şekil 1. 5. Yükleme-yükü kaldırma ile farklı cisimlerin davranışı (Sitkei 1986)

durur ve cisim başlangıçtaki yerine dönmez, bulunduğu yerde kalır. İdeal bir viskoz sıvı ise, gerilme uygulandığında hemen akmaya başlar.

1.2.3. Malzemelerin zamana bağlı davranışı (Viskoelastiklik)

Gerçek malzemelerin davranışları, ideal malzemelerin davranışlarından her zaman az ya da çok sapma göstermektedir. Bu durum özellikle tarımsal materyal için geçerli olmaktadır. Biyolojik malzemeler için gerilim-deformasyon ilişkisi aynı zamanda deformasyon oranına bağlıdır. Bu durum, ilişkinin sadece iki faktör (gerilme-deformasyon) arasında değil, üç faktör (gerilme-deformasyon-zaman) arasında olması gerektiği anlamına gelmektedir. Zamana bağlı etkiler gösteren malzemeler, viskoelastik olarak adlandırılmaktadır. Bu malzemeler kısmen katıların, kısmen de sıvıların özelliklerine sahiptirler.

Bazı malzemeler için, düşük yüklerde, gerilme-deformasyon oranı sadece zamanın fonksiyonu olup gerilmenin büyüklüğüne bağlı değildir. Bu malzemeler doğrusal viskoelastik malzemeler olarak adlandırılmaktadır. Birçok tarımsal materyal için gerilme-deformasyon oranı, zamana ek olarak gerilmenin büyüklüğüne de bağlı olmaktadır. Yükleme ile oluşan deformasyonun büyük bir kısmı yükün kaldırılması ile tekrar eski haline dönmektedir. Bu durumda doğrusal olmayan viskoelastiklik söz konusudur. Doğrusal olmayan viskoelastiklik teorisi henüz ayrıntılı olarak ortaya konamamıştır. Dolayısıyla gerekli durumlarda varsayımlara dayandırılmakta ve doğrusal viskoelastiklik teorisine yaklaştırılmaktadır.

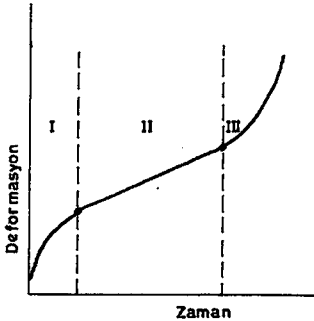
Viskoelastik malzemelerin zamana bağlı davranışları, değişkenleri gerilim, deformasyon ve zaman olan temel eşitliklerle tanımlanabilmektedir. Viskoelastik malzemeler için esas oluşturan eşitlikler, reolojik modeller aracılığıyla ve yürütülen deneysel verilerle elde edilen ampirik ilişkiler yardımıyla ifade edilebilir. Bu reolojik modellerin geçerlik alanları da deneylerle saptanmak zorundadır. Son zamanlarda, değişik frekanslarda devirli yükleme gibi belirli dinamik metotlar kullanılmaktadır. Çünkü bunların zaman gereksinimleri belirgin oranda azdır ve bunlar aynı zamanda tekrarlı yüklemeler altında malzemede görülen değişimlerin incelenmesine olanak sağlarlar.

1.2.4. Sürünme

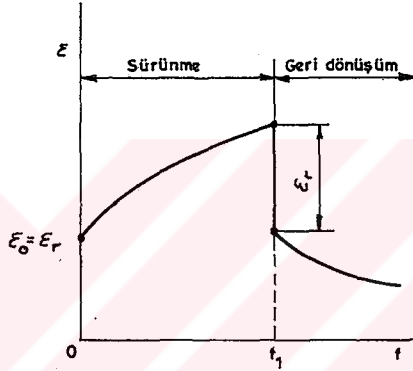
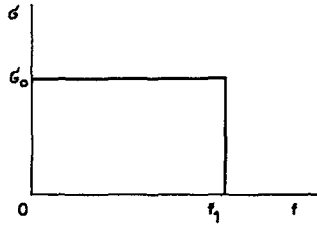
Sürünme denilince, sabit bir gerilimin etkisi altında olan bir malzemenin sürekli deformasyonu anlaşılmaktadır. Genel olarak sürünme işleminin üç karakteristik aşaması bulunmaktadır (Şekil 1.6). Sürünmenin ilk aşamasında deformasyon oranı azalmaktadır ve bu kısım asıl sürünme olarak adlandırılmaktadır. İkinci aşamada deformasyon oranı neredeyse doğrusal olarak artmaktadır. Üçüncü aşamada ise deformasyon oranı artmakta ve işlem kopma ile son bulmaktadır. Her bir sürünme kısmı için zaman aralığı malzemenin yapısına ve gerilmeye bağlı olmaktadır.

1.2.5. Geri dönüşüm

Sürünme denemesinin belirli bir anında yük kaldırıldığında elastik deformasyon aynı anda tam olarak ortadan kalkar, malzeme eski haline kavuşur. Sürünme deformasyonu zamanın fonksiyonu olarak azalır, zamana bağlı geri dönüşüm işlemi ortaya çıkar (Şekil 1.7). Sürünme deformasyonu, geri dönüşüm sırasında uzun bir zaman sonra bile tamamen yok olmaz, kalan değer kalıntı deformasyondur. Geri dönüşümün boyutu malzemelere göre farklılık gösterebilmektedir ve bunda malzemenin yapısının yanı sıra, yük de önemli bir rol oynamaktadır. Tarımsal materyaller için geri dönüşüm, yükün artmasıyla azalmaktadır. Geri dönüşüm ayrıca sıcaklık artışıyla da azalmaktadır. Bu özellik örneğin peletleme gibi işlemlerde avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 1. 6. Sürünmenin aşamaları (Sitkei 1986)



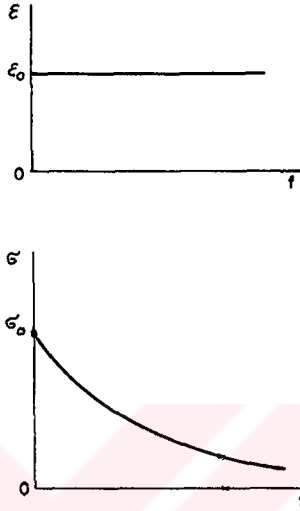
Şekil 1. 7. Zamanla geri dönüşümün oluşumu (Sitkei 1986)

1.2.6. Gevşeme

Viskoelastik malzemelerin bir diğer karakteristik özelliği sabit deformasyon altında gerilimin zamanla sürekli olarak azalmasıdır (Şekil 1.8). Gerilimin azalma oranı ve büyüklüğü malzemenin yapısına ve deformasyon miktarına bağlıdır. Genel olarak azalan gerilim bir limit değerine yönelmektedir. Gerilim oranının azalması, gevşeme zamanı ile ifade edilmektedir. Örneğin, gerilimin ilk değerinden itibaren % 37'ye kadar düşüşün olduğu süre gevşeme zamanıdır.

1.2.7. Doğrusallık

Gerilim-deformasyon oranı gerilimden bağımsız olduğunda viskoelastik malzemelerin davranışı doğrusal olmaktadır. Bazı tarımsal materyaller, özellikle düşük yük altında ve



Şekil 1. 8. Gevşemenin oluşumu (Sitkei 1986)

kısa süre etki eden yüklemeler için (örneğin çarpma sırasında) doğrusal viskoelastik olarak davranmaktadırlar. Daha büyük ya da uzun süreli yüklenme durumunda çoğu tarımsal materyal doğrusal davranıştan sapmaktadır. Doğrusal olmayan malzemelerin tanımlanması çok daha karmaşıktır.

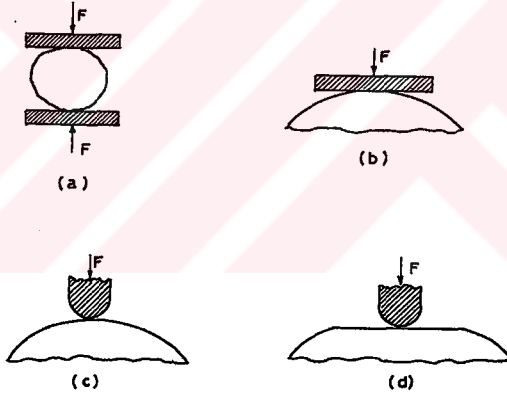
1.3. Reoloji Uygulamaları

Biyolojik malzemelerin mekanik özelliklerini araştırmak için çok çeşitli deneyler yapılmaktadır. Bunlar, sıkıştırma, kesme, eğme vb denemelerle kuvvet-deformasyon ilişkilerini belirlemeyi ve viskoelastik özellikleri karakterize etmeyi amaçlayan çalışmalardır. Bu araştırmalar sırasında mekanik özellikleri etkileyen koşullar, malzemede değişkenliklere neden olmaktadır. Bu karakteristiklerin en önemlileri; nem içeriği, sıcaklık, ürün tipi, olgunlaşma derecesi vb olarak sıralanabilir. Araştırmalar, malzemelerin doğal şekillerinde ya da bunlardan örnekler hazırlanarak yürütülebilmektedir. Çoğu tarımsal materyal doğal şekillerinde (örneğin kabuklu tüm meyve olarak) kullanılacağı için, denemeler olabildiğince bu biçimlerinde ya da buna

yakın koşullarda yapılmalıdır. Şekillerin değerlendirilmesini kolaylaştırmak için bazı durumlarda test örneği hazırlanması daha uygun olabilmektedir.

1.3.1. Kuvvet-deformasyon ilişkileri

Tarımsal materyallere ilişkin yürütülen çalışmalar genellikle kuvvet-deformasyon ilişkilerini belirlemeye yönelik olmaktadır. Bu ilişkileri belirlemek için kuvvet silindirik uç, küresel ezici ya da düz plaka ile uygulanabilmektedir. Kuvvet-deformasyon değerleri yardımıyla, üzerinde çalışılan malzemenin elastiklik modülü hesaplanabilmektedir. Meyve ve sebzelerin kuvvet-deformasyon verilerinin elde edilmesi amacıyla geliştirilen sıkıştırma deney cihazlarında örnekler farklı yöntemlerle yüklenmekte ve hesaplamalar farklı eşitliklerle yapılmaktadır (Şekil 1.9).



Şekil 1. 9. Biyolojik malzemelere uygulanabilen farklı mekanik sıkıştırma biçimleri (Alayunt 2000)

1.3.2. Gerilim-şekil değiştirme ilişkileri

Yükleme yapılan malzemenin ilk boyu ve enine kesit alanı bilinirse gerilim-şekil değiştirme ilişkisi ortaya konulabilir. Bu durum silindirik malzemelerin aksenal yüklenmeleri için geçerli olmaktadır. Bitki gövdeleri hemen hemen silindirik sayılabilmektedir. Birçok tarımsal ürün ise küre ya da elipsoide benzer. Ürünün iç

yapısı homojen olarak kabul edilebilirse, ¼r¼nden silindirik ¼rnekler alınıp ¼zerinde alışılıbilir. Ancak bu t¼m bir ¼r¼n¼n davranışını değerlendirmek için her zaman uygun olmayabilir. Birçok durumda, t¼m bir ¼r¼n¼n dayanımı ile ilgili davranışlarda kabuk ¼nemli bir rol oynamaktadır. Test ¼rnekleri ile çalışarak kabuğun etkisi araştırılamamaktadır. Ayrıca bazı ¼r¼nlerden (domates, ahududu vb) test ¼rneęi hazırlanamamaktadır (Sitkei 1986).

1.4. Deneme ¼r¼nlerine Ait İstatistikler

Denemeye alınan biyolojik malzemeler, ¼lkemizde ¼nemli oranda ¼retimi yapılan tarımsal ¼r¼nler grubunda yer almaktadır. Bu durumu ortaya koymasından açısından denemeye alınan meyve ve sebzelerin ¼lkemizde ¼retimine ve dışsatımına ilişkin değerler izelge 1.1'de verilmiştir (Anonim 2000a).

Çizelge 1.1. Denemeye alınan meyve ve sebzelerin ¼lkemizde ¼retimine ve dışsatımına ilişkin değerler (Anonim 2000a)

	Hıyar	Domates	Armut	Elma
T¼rkiye genelinde ¼retim (ton)	1825000	8890000	380000	2400000
Ankara ilinde ¼retim (ton)	34946	177061	23515	34075
Dışsatım (ton)	8072	119899	117	12897
Dışsatım (dolar)	3596587	37501843	35695	5394497

1.5. Yapılan alışmanın Amacı

Bu alışmada;

- Oluşturulacak test ve ¼lim d¼zenekleriyle bazı meyve ve sebzelerin (147-F1 ve Rawa-F1 hıyar eşitleri, EF-49 ve Joker domates eşitleri, Williams ve Ankara armut eşitleri ile Starkspur Golden Delicious ve Starking elma eşitleri için) elastiklik mod¼l¼, deformasyon enerjisi, deformasyon hacmi gibi mekanik ¼zelliklerinin belirlenmesi,

- Bu ürünlerin sıkıştırma ve çarpma zedelenmesi duyarlılıklarının belirlenmesi,
- Çeşit, depo süresi ve çarpma testi uygulanan ürünler için düşme yüksekliğinin bu özellikler üzerindeki etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Fridley ve Adrian (1966), makalelerinde, hasat ve hasat sonrasında oluşan meyve zedelenmesinin doğrudan meyvenin mekanik özellikleriyle ilgili olduğunu değinmişlerdir. Ürünlerin mekanik özelliklerini belirlemek için meyvelerin dışbükey yanaklarına çarpma ve sıkıştırma testleri uygulamışlardır. Çalışmada çarpma ve sıkıştırma testleri ile çarpma hızının, çoklu çarpmanın, meyve olgunluğunun ve meyve örneği kalınlığının etkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Her iki testte de 5/16 inç (7.9375 mm) çaplı düz uç kullanmışlardır. Sıkıştırma testlerini Dillon ve Riehle olmak üzere iki farklı test cihazı ile yapmışlardır. Her tür için bir ya da birden fazla çeşit ile denemeleri yürütmüşlerdir. Yaptıkları denemeler sonunda, şeftalinin mekanik hasat sistemleri için en yüksek potansiyele sahip olduğu yorumunun yapılabileceğini belirtmişlerdir. Denemeye aldıkları ürünler arasında mekanik hasada en az yatkın ürünün elma olduğuna değinmişlerdir. Ayrıca meyvenin mekanik özellikleri üzerinde, olgunluk derecesinin önemli bir etkisinin olduğu sonucuna varmışlardır.

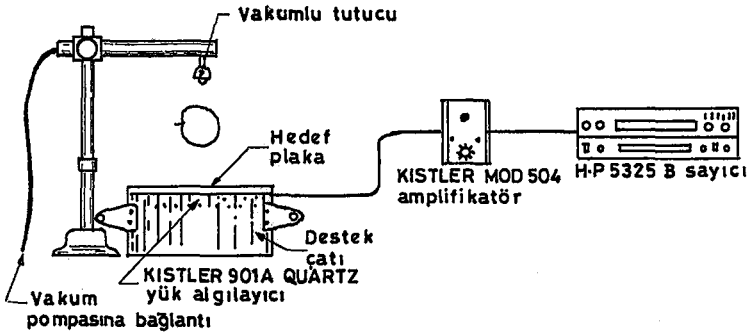
Finney ve Hall (1967), çalışmalarında, patatesin elastik özelliklerini belirlemek için geliştirdikleri yöntemle patates yumrularının elastiklik modülü ve Poisson oranı değerlerini ortaya koymuşlardır. Olgun patates için türünden çıkarılan test örneğinin elastiklik modülünü 543 psi (3.74 N/mm²), tüm ürün üzerine yapılan ölçüm sonucu elastiklik modülünü 11300 psi (77.857 N/mm²) ve Poisson oranını 0.492 olarak bulmuşlardır. Ayrıca, sıkıştırma koşullarının oluşturulmadığı durumlarda, elastiklik çözümlenmelerinde matematik hesaplamalarda Poisson oranının 0.50 olarak kabul edilmesinin oldukça yeterli ve uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Holt ve Schoorl (1977), elmada zedelenmeyi belirlemek için, çarpma ve düşük hızda sıkıştırma denemelerinin her ikisinde de absorbe edilen enerjinin iyi bir ölçü olduğunu ortaya koymuşlardır. Zedelenme hacmi ile zedelenme enerjisi arasındaki ilişkiyi her iki koşul için de araştırmışlardır. Çarpma testinde, bir çelik küre, elmaya çarpıtılmıştır. Çarpışmadan sonra, tekrar eden çarpışmaları engellemek için mermi yakalanmıştır. Elma tarafından absorbe edilen enerjiyi, çelik kürenin kütlesi, çarpma hızı ve sıçrama hızından hesaplamışlardır. Statik testlerde ise Instron üniversal test makinesinde sabit

düşük hızda (0.004 m/s), geniş bir düz plakayla bir yükleme hücreesine (load cell) monte edilmiş yarım elma sıkıştırılmıştır.

Schoorl ve Holt (1978), Jonathan, Delicious ve Granny Smith elma çeşitlerinin zedelenme dayanımı üzerinde, depolama süresi ve sıcaklığının etkisini araştırmak için, zedelenme hacmi-absorbe edilen enerji ilişkisini kullanmışlardır. Bu çalışmayla, absorbe edilen enerji-zedelenme hacmi ile ölçülen zedelenme direncinin, iletim ve paketlenme sistemleri hesaplamalarında yararlı bir parametre olduğunu ortaya koymuşlardır.

Diener et al. (1979), çalışmalarında elma, şeftali gibi meyvelerin zedelenme direnci özelliklerinin hasattan sonraki taşıma ve iletimin her aşamasında, mekanik hasadınsa belirli aşamalarında önemli olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmalarında bir meyve çarpma test düzeneği geliştirmişlerdir (Şekil 2.1). Düzenek çarpışma sonrasında sıçrama süresini ölçmek suretiyle sıçrama yüksekliğini belirlemede, böylece çarpma enerjisi hesaplanmaktadır. Zedelenme hacmi, zedelenen bölgenin çap ve derinliğinden belirlenmektedir. Çalışmada ayrıca Instron test cihazı ile kuvvet-deformasyon eğrileri elde edilmiştir. Denemelerde Golden Delicious elma çeşidi ile Sunhigh şeftali çeşidi kullanılmıştır. Testler elma çeşidi için 11.1 mm çaplı uç, şeftali çeşidi için ise 9.5 mm

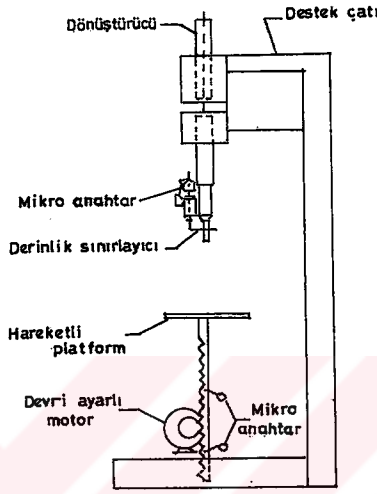


Şekil 2. 1. Hedef plaka, yük algılayıcı, destek çatı, amplifikatör ve sayıcıdan oluşan çarpma test düzeneği (Diener et al. 1979)

çaplı uç ile 25.4 cm/dak ilerleme hızında yürütülmüştür. Amacı böyle bir düzeneği ve yöntemi geliştirmek olan çalışmada yapılan denemelerle, meyve sıçramasından ölçülen kayıp katsayısının, meyvenin olgunluğu ile değişmediği ve bu değer in meyve zedelenme direncini ölçmek için iyi bir parametre olmadığı sonucuna varılmıştır. Kullanılan düşme aralığında (10.16 cm, 17.78 cm, 25.40 cm ve 34.29 cm) elma için düşme yüksekliği ile zedelenme hacmi arasında yaklaşık doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Elma olgunlaştıkça aynı çarpma enerjisi uygulandığında, zedelenme hacminin açık bir şekilde azaldığı, yani zedelenme direncinin arttığı görülmüştür.

Schoorl ve Holt (1980), elmanın zedelenme direncini ölçmede kullanılabilir kolay ve basit bir yöntem tanımlamışlardır. Yöntem, ml/J birimli zedelenme direnç katsayısının hesaplanmasında absorbe edilen enerji ile zedelenme hacmi arasındaki kuvvetli doğrusal korelasyona dayanmaktadır. Zedelenme direnç katsayısının doğru bir şekilde hesaplanması için 10 adet elma belirli bir yükseklikten düşürülmüştür. Her düşme sonucu absorbe edilen enerjiyi; ölçülen düşme yüksekliği, sıçrama yüksekliği (gözlemlenerek belirlenmektedir) ve elmanın kütesinden hesaplamışlardır. Her elma üzerindeki zedelenme hacmi; elmanın çapı, zedelenme çapı ve zedelenme derinliğinden hesaplanmıştır. Makalelerinde zedelenme direnç katsayısının; paketlenme, hasat sonrası iletim ve dağıtım sistemlerinin değerlendirilmesinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Granny Smith elma çeşidi için yapılan test ve ölçümler sonucunda; 12 test ortalaması olarak zedelenme direnç katsayısı 9.02 ml/J, standart sapma 1.62 ve standart hata 0.47 bulunmuştur.

Chesson ve Moore (1985), çalışmalarında, bir otomatik meyve basınç test ve kayıt cihazı geliştirmişler ve bu cihazı Effegi ve Instron test cihazlarıyla karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma için Golden ve Red Delicious elma çeşitleri üzerinde denemeler yapmışlardır. Geliştirilen cihaz (kısaca ARFPT olarak adlandırmışlardır) en fazla 110.8 N meyve sertliği ölçmeye olanak sağlamaktadır. Üzerinde kullanılan silindirik uçlar 0.79 cm ve 1.11 cm çaplı olup hareketli platform 35-80 cm/dak hız aralığında ilerleyecek şekilde ayarlanabilmektedir. Platform her iki yönde de 6.4 cm yol alabilmektedir. Geliştirilen cihazın şematik görünüşü Şekil 2.2'de verilmiştir.

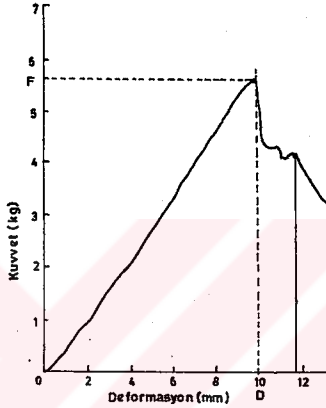


Şekil 2. 2. Otomatik meyve basınç test cihazının şematik görünüşü (Chesson ve Moore 1985)

Sonuçta bu basınç test cihazı tiplerinin ölçülen elma sertlik değerlerini etkilemediğini, olgunluğun ise bu değerleri belirgin olarak etkilediğini belirtmişlerdir. Diğer iki cihazla karşılaştırıldığında ARFPT'nin 0.05 düzeyinde doğrulukla çalıştığını ortaya koymuşlardır.

Olorunda ve Tung (1985), yeşil, renk dönüşüm ve kırmızı olumdaki domatesler için kabuk yırtılma noktasında veri olarak sıkıştırma kuvvet-deformasyon karakteristiklerini ortaya koymuşlardır. Daha sonra, titreşimin, sıkıştırma yükünün ve taşıyıcı tipinin mekanik zedelenmeye neden olan etkilerini incelemek için, bir taşıma simülasyonu gerçekleştirmişlerdir. Kuvvet-deformasyon çalışmaları, olgunluğun artmasının domatesin biyolojik dayanım noktası, dayanıklılık ve sertlik değerlerinde belirgin bir azalmaya neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Taşıma simülasyonu çalışması, mekanik zedelenmenin belirgin bir şekilde domatesin olgunluk durumu, taşıyıcı tipi, titreşim ve sıkıştırma yükünden etkilendiğini göstermiştir. Kuvvet-deformasyon eğrileri,

her bir domates için Instron üniversal test makinesinde (Model 1122) düz plaka arasında, 50 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir. Tek bir domatesin düz plakalar arasında sıkıştırılması sonucu elde edilen tipik bir kuvvet-deformasyon eğrisi Şekil 2.3'de görülmektedir. Reento domates çeşidi ile yapılan testler sonucu kırmızı olum durumundaki domates meyveleri için kuvvet-deformasyon karakteristikleri; biyolojik



Şekil 2. 3. Bütün domates meyvesi için düz plakalar arasında yükleme ile oluşan tipik kuvvet-deformasyon eğrisi (F. Biyolojik dayanım noktası kuvveti, D. Deformasyon) (Olorunda ve Tung 1985)

dayanım noktasındaki kuvvet 5.08 kg, deformasyon 9.30 mm, dayanıklılık 24.4 kg/mm, sertlik 0.547 kg/mm olarak belirlenmiştir.

Hughes et al. (1985), çalışmalarında, çeşitli çarpma test düzenekleri üzerinde durmuşlardır. Bunlar iki temel düşme testi şeklinde olabilmektedir. Birincisinde test, örnek belirli bir yükseklikten plaka veya çubuk üzerine bırakılarak, ikincisinde elle tutulan ya da bir kum torbası, düz yüzey gibi bir düzenekle desteklenen örneğin üzerine civata veya çelik bilye gibi parçaların düşürülmesiyle gerçekleştirilmektedir. Ayrıca sallanan kutu, tepsi, döner disk, mekanik çekiç ve sarkaç kullanılarak yapılan çarpma düzeneklerine ve bunların özelliklerine değinmişlerdir. Sarkaçların bu amaçla kullanılma şekillerini açıkladıktan sonra, patatesin dinamik testle doku duyarlılığını belirlemek için geliştirdikleri, taşınabilir sarkaç düzeneginin parçalarını ve çalışma şeklini açıklamışlardır. Bu düzenek çarpışma sırasında absorbe edilen enerjiyi, örneğin

deformasyonunu, geri dönüşü olmayan deformasyonu, ucun patates yumrusunu deforme edene kadar geçen zamanı ve bunun yumruyla temas ettiği ilk noktaya dönmesine kadar geçen süreyi ölçmektedir.

Topping ve Luton (1986), elmaların çarpma zedelenmesine olan duyarlılıklarını karşılaştırmaya çalışmışlardır. İngiliz elma çeşitlerinden 19 adedinin duyarlılıklarını karşılaştırmışlardır. Zedelenen bölgenin çap ve hacminin çarpışma enerjisiyle arttığını, fakat bu artışın çeşide bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında, çeşit ve işlem farklılıklarıyla yıldan yıla değişen zedelenme duyarlılığını ölçmek için, hızlı fakat gerçekçi, tekrarlanabilir bir yöntem geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çarpma testini bir sarkaç ile gerçekleştirmişlerdir. Çarpma ünitesi 22 mm çaplı 95.5 g ağırlığında düz bir başlıktan oluşmaktadır. Denemeler sonunda test edilen elma çeşitlerini duyarlı, orta duyarlı ve dayanıklı olmak üzere üç grup altında toplamışlardır.

Chen et al. (1987), çalışmalarında, Chojuro, Twentieth Century, Tsu Li ve Ya Li Armutu çeşitlerine sıkıştırma ve çarpma testleri uygulamışlardır. Armutları 0 °C'de depolayarak aylık periyotlarla 5 ay süreyle ölçüm yapmışlardır. Ayrıca, her ölçüm alma döneminde belirli sayıda armut 20 °C sıcaklığındaki olgunlaştırma odasına alınarak 2. ve 4. günlerde de ölçüm yapmışlardır. Sıkıştırma testini Instron üniversal test makinesinde (Model 1122), 19 mm çaplı küresel uç ile 10 mm/dak ilerleme hızında gerçekleştirmişlerdir. Bu test ile ölçülen maksimum sıkıştırma kuvveti değeri (1.5 mm deformasyonda) en yüksek Chojuro çeşidi için belirlenmiş olup hasat edilen günde 32 N dolayındadır. En düşük değer Twentieth Century çeşidi için ölçülmüştür. Aynı koşullar için bu değer yaklaşık 24 N'dur. Çarpma testi 43.2 g ağırlığında 19 mm çaplı küresel ucun 6 cm ve 10 cm düşme yüksekliklerinden meyve üzerine bırakılmasıyla yürütülmüştür. Yapılan ölçüm ve değerlendirmeler sonucunda Chojuro çeşidinin en sert ve mekanik zedelenmeye en dayanıklı çeşit olduğu belirlenmiştir. Hasat döneminde Tsu Li ve Ya Li armut çeşitleri mekanik zedelenmeye karşı Chojuro kadar dayanıklı iken depolama süresiyle birlikte zedelenmeye daha duyarlı hale gelmişlerdir. Twentieth Century armudu sıkıştırma ve çarpma zedelenmesine en hassas olan çeşittir. Chojuro ve Twentieth Century çeşitleri Tsu Li ve Ya Li çeşitlerine göre olgunlaştırma odasında

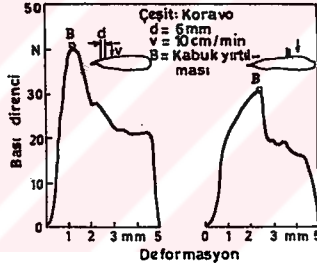
artan bekleme süresiyle daha yumuşak ve zedelenmeye karşı daha dayanıklı hale gelmişlerdir.

Klein (1987), Yeni Zelanda'nın dışsıtımında önemli yeri olan elma çeşitlerinden Gala ve Granny Smith çeşidi elmaların çarpma zedelenmesi duyarlılıklarının, hasat tarihlerine bağılı olarak erkenden geç hasat zamanına doğru gittikçe arttığını, 1 °C'de depolama süresiyle ise azaldığını tespit etmiştir. Depolama periyodunun, zedelenme duyarlılığı üzerinde hasat zamanına göre daha etkili olduğunu belirtmiştir. Çarpma zedelenmesi; zedelenme derinliği, zedelenme çapı, zedelenme hacmi ya da zedelenme bölgesi ağırlığı ile değerlendirilmiştir. Ayrıca incelediği 22 Yeni Zelanda elma çeşidinin zedelenme duyarlılıklarının farklılık göstermesine karşın, bu farklılık üzerinde meyve yoğunluğu, meyve eti sertliği ya da epidermal ve kortical meyve dokularındaki polifenoloksidaz (PPO) enzimi aktivitesi ve polifenol (fenolik bileşenler) içeriğinin etkili olmadığını belirtmiştir.

Kara ve Turgut (1988), araştırmalarıyla Erzurum'da yaygın biçimde üretimi yapılan bazı patates çeşitlerinin (Isola, Granula, Famosa, Marfona, Pasinler ve Narman) tarımsal mekanizasyon açısından önemli bazı mekanik özelliklerini belirlemeye ve bu özelliklerin depolama süresiyle ve depo koşullarıyla değişimini ortaya koymaya çalışmışlardır. Patates sertliğinin nicel bir ifadesi olan elastiklik modülünü belirlemek için yapılan sıkıştırma testleri, Alwetron sıkıştırma deney cihazında gerçekleştirilmiştir. Sıkıştırma testleri, tüm patatesin 8 mm çaplı batıcı uçla, çapı 32 mm boyu 12.5 mm olan patates örneğinin 8 mm çaplı batıcı uçla, çapı 15 mm boyu 30 mm olan patates örneğinin radyal ve ekstenel olarak düz iki plaka arasında sıkıştırılması olmak üzere dört şekilde yapılmıştır. Üç farklı depolama şeklinde, ürünleri ilki hasat zamanında olmak üzere 40 günlük periyotlarda altı dönemde denemeye almışlardır. Sıkıştırma deneylerinden her bir çeşit için kuvvet-deformasyon eğrisi, kopma kuvveti, kopma deformasyonu, kopma enerjisi ve elastiklik modülünü belirlemişlerdir. Değişik deney kombinasyonlarında elastiklik modüllerini 1.23-5.88 MPa arasında, depolama süresiyle azalan şekilde ölçmüşlerdir.

Lichtensteiger et al. (1988), domates ve biyolojik olmayan küresel viskoelastik materyallerden çarpmaya ilişkin veri almak ve analiz etmek için bir mikrobilgisayar ve dijital osiloskop kullanmışlardır. Çarpan kürelerin yer değiştirmesini, hızını ve ivmesini belirlemek için basit bir model kullanmışlardır. Çarpma sistemini, analitik işlemleri ve test objelerini değerlendirmede, hareket halindeki cismin hızı, geri kazanım ve enerji korunumu kavramlarını kullanmışlardır. Kuvvet-zaman eğrisinden kolayca ölçülen ya da gözlemlenen parametreler kürenin özellikleriyle ilişkilendirilmiştir.

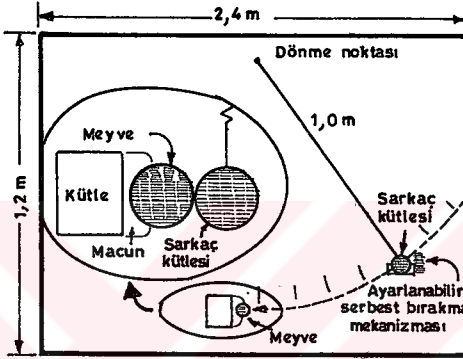
Tunçer ve Özgüven (1989)'de sebzelelerin biyolojik-teknik özelliklerine değinilirken turşuluk hıyar için meyve sertliğine ilişkin Şekil 2.4'deki grafik verilmiştir. Koravo hıyar çeşidinde meyvenin ortasından, 6 mm çaplı silindirik uçla 100 mm/dak hızla yapılan yükleme sonucunda kabuk yırtılma noktasında ölçülen kuvvet 30 N dolaylarındadır.



Şekil 2.4. Turşuluk hıyarda bası direnci-deformasyon değişimi (Tunçer ve Özgüven 1989)

Hung ve Prussia (1989), çalışmalarında, olgunluk ve depolama süresinin şeftalinin zedelenme duyarlılığına olan etkilerini araştırmışlardır. Çeşit olarak Red Globe üzerinde çalışmışlardır. Şeftalileri üç olgunluk grubuna ayırmışlar ve üç enerji seviyesinde sarkaç çarpma düzeneğinde denemeye almadan önce 4 °C'de depolamışlardır. Çarpma düzeneğinin şematik görünüşü Şekil 2.5'de görülmektedir. Zedelenme hacmini ve duyarlılığı zedelenen şeftali üzerinden ölçmüşlerdir. Mekanik özellik ölçümlerini ise Instron üniversal test makinesini (Model 1122) kullanarak yapmışlardır. Depolanan şeftalilerden 0, 4, 7, 11, 14, 21 ve 28. günlerde değer almışlardır. Depolanan şeftalilerde çarpma testleri sonucunda zedelenme hacmi ve zedelenme duyarlılığı değerlerinde 14.

güne kadar belirgin bir değişim görülmezken, bu günden sonraki depolama süresiyle her iki değerde artış olduğunu belirlemişlerdir. En olgun durumdaki şeftalilerin en az olgun olanlara göre zedelenmeye karşı daha duyarlı olduğunu ve zedelenme hacimlerinin de daha büyük olduğunu ortaya koymuşlardır. Buna karşın az ve orta derecede olgun şeftaliler arasında bir fark olmadığını belirtmişlerdir.



Şekil 2. 5. Şeftali için çarpma test düzeneğinin şematik görüntüsü (Hung ve Prussia 1989)

Aydın (1989), yaptığı çalışmada, Amasya elma çeşidinin fiziko-mekanik özelliklerini belirlemeye çalışmıştır. Elmanın kuvvet-zaman grafiğini oluşturmak için 'biyolojik malzeme test cihazı' adını verdiği bir test düzeneği imal etmiştir. Denemeleri hareketli platformun 62 mm/dak ilerleme hızında silindirik kalıpla gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda Amasya elmasının Poisson oranını 0.39 olarak bulmuştur. Elastiklik modülünün bölgelere göre değiştiğine değinmiş, biyolojik akma noktası için çiçek bölgesinde bu değeri 0.945 N/mm^2 , karın bölgesinde 3.13 N/mm^2 ve sap bölgesinde 0.70 N/mm^2 olarak bulmuştur.

Sober et al. (1990), elmada zedelenme tahmini için bir paketleme hattı simülasyon modeli oluşturmuşlardır. Bu paketleme hattına yerleştirilen özel bir küre ile çarpışmalar kaydedilmiş, daha sonra bunlar analiz edilmiştir. Bu verilere göre; laboratuvar koşullarında simüle edilen çarpma denemeleri, farklı yüzeyler kullanılarak Paula Red ve Golden Delicious elma çeşitleri için gerçekleştirilmiştir. Elmalar farklı yüksekliklerden

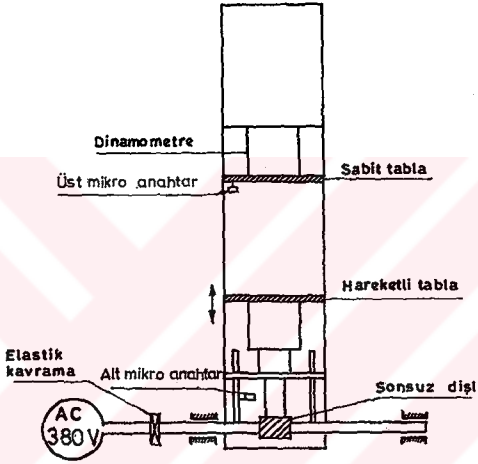
bu yüzeylere düşürülmüş ve sonuçta oluşan zedelenmeler ölçülmüştür. Araştırma sonucunda, kabuk altında renk koyulaşmasına dönüştürülecek zedelenme için en düşük çarpma sınır değeri Paula Red çeşidi için $40 \times 9.81 \text{ m/s}^2$, Golden Delicious çeşidi için $30 \times 9.81 \text{ m/s}^2$ olarak bulmuşlardır. Bu durum Paula Red için hasattan 1 gün sonra, Golden Delicious için hasattan 3 gün sonra gerçekleşmiştir. Her bir elma çeşidinde ortalama zedelenme çapını belirlemek için bir çoklu doğrusal regresyon modeli formüle edilmiştir. Hasattan sonra 1. günde, 3. günde ve 12. günde yaptıkları ölçümler sonucunda zedelenme duyarlılığının Paula Red çeşidi için hasattan 1 gün sonra, Golden Delicious çeşidi içinse hasattan 3 gün sonra en yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Güzel ve Sinn (1990), Washington-Navel çeşidi portakalla Instron test cihazıyla sıkıştırma testleri yapmışlar ve deneme planına göre kuvvet-deformasyon davranışlarını ortaya koymuşlardır. Portakalları çiçek, sap ve yanak bölgesinde, 6 ve 8 mm çaplı düz sonlu silindirik uç ve 6.2 ve 8 mm çaplı küresel sonlu silindirik uçla 0.5, 1, 2, 5, 10 ve 20 cm/dak olmak üzere altı yükleme hızında sıkıştırma testine tabi tutmuşlardır. Çalışma sonuçlarında, portakal için biyolojik akma ve kabuk yırtılma noktalarının kuvvet-deformasyon eğrisinde aynı noktada çıktığını belirtmişlerdir. Denemeler sonucunda deformasyonun, yükleme hızına bağlı olduğunu (yüksek hızlarda deformasyonun yüksek olduğunu) meyve pozisyonundan ise bağımsız olduğunu ortaya koymuşlardır. Kabuk yırtılma noktasında ölçülen kuvvetin yükleme hızıyla arttığını, meyvenin yanak bölgesinde en düşük değerde olduğunu belirtmişlerdir. Bunun, meyvelerin paketlenme hattında kutulara, özellikle de kutunun alt kısımlarına, yanak olarak yerleştirilmemesi gerektiği anlamına geldiğine değinmişlerdir.

Pang et al. (1992), çalışmalarında, Granny Smith elma çeşidini materyal olarak seçmişlerdir. Elma çiftleri arasında serbest çarpışma gerçekleştirmek suretiyle denemeleri yürütmüşlerdir. Zedelenme genellikle iki meyvenin birinde daha çok miktarda ortaya çıkmıştır. Bazı durumlarda sadece bir elmada, nadiren de iki elmada eşit zedelenme görülmüştür. Sonuçta iki meyvede oluşan toplam zedelenme hacminin absorbe edilen enerjiyle doğrusal bir ilişkisinin olduğunu belirlemişlerdir.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Öğüt ve Aydın (1992), geliştirdikleri 'biyolojik malzeme test cihazı' ile 62 mm/dak yükleme hızında 2.2 mm çaplı silindirik kalıpla yaptıkları sıkıştırma testleri sonucu elastiklik modülünü sap, karın ve çiçek bölgesine ve çeşitlere göre 1.11-3.05 N/mm² arasında bulmuşlardır. 'Biyolojik malzeme test cihazı' Şekil 2. 6'de görülmektedir. Poisson oranını Amasya elma çeşidi için 0.39, Golden çeşidi için 0.382 ve Starking çeşidi için 0.375 olarak bulmuşlardır.



Şekil 2. 6. Biyolojik malzeme test cihazı (Öğüt ve Aydın 1992)

Aydın ve Öğüt (1992), çalışmalarında, Konya ekolojik şartlarında yetiştirilmiş Golden, Starking ve Amasya elma çeşitlerinin kuvvet-deformasyon eğrilerini çizerek mekanik kuvvetlere karşı gösterdikleri tepkileri belirlemişlerdir. Elde ettikleri kuvvet-zaman grafiklerinden Amasya elma çeşidi için deformasyon hacmi/şekil değiştirme enerjisi değerini 2.88 ml/J olarak bulmuşlardır. Bu değer in bölgelere ve çeşide göre değiştiğini belirtmişlerdir.

Garcia et al. (1995), elma ve armut türleri için sulamanın, nem içeriğinin, hasat zamanı ve depolamanın meyve sertliği, kabuk özellikleri ve zedelenme duyarlılığına etkilerini belirlemeye ve meyvenin fiziksel özellikleri ile zedelenme arasındaki ilişkileri ortaya

koymaya çalışmışlardır. Bu amaçla kullandıkları örnek çeşitleri ile deneme planlarına göre farklı kombinasyonlar oluşturmuşlardır. Tüm meyvelere Instron üniversal test makinesi ile penetrasyon testi (kabuk soyulmuş durumdayken 8 mm çaplı batıcı uç ile 20 mm/dak hızda uygulanan standart Magness-Taylor yöntemi), aynı test cihazıyla kabuk delme testi (0.5 mm çaplı batıcı çubuk, 20 mm/dak hız), çarpma testi (özel bir düzeneğe, 50.8 g, 20 mm çaplı kürenin 8 cm düşme yüksekliğinden meyvelere çarpması ile gerçekleştirilmiştir) uygulanmıştır. Sonuçta sulama takviminin meyve sertliğini etkilediğini bulmuşlardır, normal olarak sulanan ağaçlar sulanmayan ağaçlardan daha sert meyve vermektedir. Testten 16 h önceki meyve etrafındaki nem oranı, meyvenin fiziksel özelliklerini ve zedelenme duyarlılığını etkilemekte, turgor basıncı yüksek meyveler zedelenmeye daha duyarlı olmaktadır. Meyveler hasat zamanında, depoda bekletildikten sonraki hallerine göre zedelenmeye karşı daha duyarlıdır. Bu durum meyve turgor basıncındaki azalma ile açıklanabilmektedir. Erken toplanan meyveler, daha sonra toplanan meyvelere göre zedelenmeye daha az duyarlıdır. Bu durum meyve sertliğindeki azalma ile açıklanabilir. Araştırma sonuçları meyvenin turgor hali ile sertliğinin meyve zedelenme duyarlılığını bağımsız olarak etkilediğini göstermektedir. Bunların etkileri meyvenin olgunlaşması sırasında birleşmektedir.

Abbott ve Lu (1996), elmanın anizotropik mekanik özellikleri üzerinde bir araştırma yapmışlardır. Çalışmada; Delicious, Golden Delicious ve Rome Beauty çeşitlerinde kabuk yırtılma noktasındaki gerilim, deformasyon, şekil değiştirme enerjisi ve elastiklik modülü gibi mekanik özellikleri ölçmeyi ve bu özellikler üzerinde olgunluk, örnek yön ve pozisyonunun etkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla test elmalarını iç bölgelerden de olmak üzere değişik yerlerinden denemelere tabi tutmuşlardır. Sıkıştırma testi için başlık hızı 25.4 mm/dak'ya ayarlanmış Instron üniversal test makinesini kullanmışlardır. Sonuçta, ele alınan faktörlerin ölçülen mekanik özellikleri belirgin bir şekilde etkilediğini bulmuşlardır. Elmaların anizotropik özelliklerinin orta bölgede, baş ve dip kısımlarına göre daha belirgin olduğunu belirtmişlerdir. Elastiklik modülünü, denemeye alınan çeşitlere ve bölgelere göre yaklaşık 3.5-6.3 N/mm² değerleri arasında bulmuşlardır.

Gonzalez (1997), domates gibi karmaşık sistemlerin mekanik davranışlarını daha iyi anlamak için teste alınan örneğin iç yapısında ne gibi değişimlerin olduğunu belirlenmesinin önemine dikkat çekmiştir. Bu amaçla, farklı sıkıştırma düzeylerinde domatesin iç yapısının belirlenmesine ilişkin çalışmada manyetik rezonans görüntüleme tekniğini kullanmıştır. İleriki çalışmalarda gerilim dağılımı modelleri ve mekanik test düzeneği tasarımları üzerinde çalışmaların yoğunlaştırılması gerektiğini belirtmiştir.

Menesatti et al. (1998), çalışmalarında, mekanik çarpma sonucu oluşan zedelenmenin değerlendirilmesine yönelik bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar standart koşullarda ölçüm yapmak için gerçeğe uygun bir çarpma ekipmanı geliştirmişlerdir. Armut ve kayısıda çarpma zedelenmesi oluşturmak için ürünleri 300-600 mm yükseklikten çelik düz bir plaka üzerine düşürmüşlerdir. Oluşan zedelenmeleri bilgisayarlı görüntü işleme sistemi ile ölçmüşlerdir. İstatistiksel model için çoklu doğrusal analiz yöntemini uygulamışlardır. Bu yöntem, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında ilişki kurmaktadır. Zedelenme bölgesi denemeye alınan iki meyve çeşidinde de farklı olmuştur. Armut için dış yüzeyde görünür şekilde ve meyve kabuğu altında olan kahverengileşme, kayısı içinse mezokarpa içinde endokarpa yakın yerde olmuştur. Her iki meyve türü için de ticari olarak önemli olan, büyük hacimli zedelenmeler yaklaşık 350-400 mm düşme yüksekliklerinde elde edilmiştir.

Aydın ve Çarman (1998), çalışmalarında, iki farklı elma çeşidinde sarkaç kol yardımıyla elmanın elmaya çarptırılmasında farklı çarpma enerjilerine bağlı olarak çarpışma katsayıları ve zedelenme hacimlerini belirlemişlerdir. Çarpışma katsayılarını 0.35-0.52, zedelenme hacimlerini 0.48-5.16 cm³ arasında bulmuşlardır. Çarpma enerjisinin artmasının çarpışma katsayısının azalmasına, zedelenme hacminin ise artmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

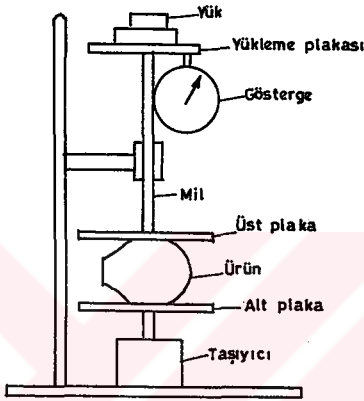
Vursavuş ve Özgüven (1999), yaptıkları çalışmada, elmanın bazı mekanik özelliklerini belirlemeye çalışmışlardır. Sıkıştırma testi için Instron test cihazı 4300 serisini kullanmışlardır. Testleri 8 mm çaplı uçla 6 mm/dak yükleme hızında gerçekleştirmişlerdir. Sonuçta çeşidin, $P < 0.01$ önem seviyesinde, elastiklik modülü ve

deformasyon enerjisi üzerinde etkili, deformasyon hacmi üzerinde ise etkisiz olduğunu belirtmişlerdir. Golden Delicious, Red Delicious, Granny Smith ve Braeburn elma çeşitleri üzerinde yaptıkları deneme sonuçlarına göre Braeburn elma çeşidinin 4.88 N/mm² ile en yüksek elastiklik modülü, Granny Smith elma çeşidinin 2.37 N/mm² ile en düşük elastiklik modülüne sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Zedelenme ile ilgili olarak yaptıkları çarpma test sonuçlarına göre, zedelenmenin elastiklik modülündeki azalma ile arttığını belirtmişlerdir. Belirledikleri zedelenme direnç katsayısı değerlerine göre, Granny Smith elma çeşidinin Braeburn elma çeşidi ile karşılaştırıldığında zedelenmeye daha duyarlı olduğunu bulmuşlardır.

Vursavuş ve Özgüven (2000), çoklu doğrusal regresyon analizi yöntemini kullanarak Golden Delicious ve Granny Smith elma çeşitlerinde bağımsız değişken olarak ele aldıkları meyve kütlesi, meyve çapı, meyve yüksekliği, meyve hacmi, çarpma öncesi meyvenin potansiyel enerjisi ve meyve düşme yüksekliği gibi fiziko-geometrik özelliklerin, bağımlı değişken olarak ölçtükları maksimum zedelenme çapı ve maksimum zedelenme derinliği üzerinde etkilerinin olup olmadığını istatistiksel olarak araştırmışlardır. Çalışmada türünleri 30 ve 60 cm'den metal yüzey üzerine düşürerek çarpma testlerini gerçekleştirmişlerdir. Araştırma sonucunda Golden Delicious elma çeşidinde, maksimum zedelenme çapı bağımlı değişkeni üzerinde en etkili olan bağımsız değişkenlerin; meyve kütlesi, çarpma öncesi meyve potansiyel enerjisi ve meyve düşme yüksekliği olduğunu; maksimum zedelenme derinliği bağımlı değişkeni üzerinde etkili bağımsız değişkenin meyve kütlesi olduğunu belirlemişlerdir. Granny Smith elma çeşidinde, maksimum zedelenme çapı bağımlı değişkeni üzerinde en etkili bağımsız değişkenin meyve düşme yüksekliği olduğunu, maksimum zedelenme derinliği bağımlı değişkeni üzerinde de en etkili bağımsız değişkenlerin meyve kütlesi ve meyve düşme yüksekliği olduğunu istatistiksel olarak belirlemişlerdir. Denemelerde, zedelenme direnç katsayısını Golden Delicious elma çeşidi için 5.7 ml/J, Granny Smith elma çeşidi için 8.4 ml/J olarak ölçmüşlerdir.

Gezer et al. (2000), elma, üzüm, erik ve kayısı meyveleri ile hıyar, biber, patlıcan ve domates sebzelerinin boyut özellikleri, kütle, kopma direnci, kütle/kopma direnci, suda eriyebilir kuru madde miktarı, meyve eti sertliği ve elastiklik modülü değerlerini

belirlemeye çalışmışlardır. Elastiklik modülünün belirlenmesinde Şekil 2.7’de verilen test düzeneğini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, bazı ürünlere ilişkin çeşit belirtilmeden, ürünlerin fiziko-mekanik özellikleri verilmiştir. Elastiklik modülü değerlerini hıyar için 632 kPa (0.632 N/mm²), domates için 1006 kPa (1.006 N/mm²) olarak belirlemişlerdir.



Şekil 2. 7. Basınç test cihazı (Gezer et al. 2000)

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme materyali

Çalışmada materyal olarak hıyar, domates, armut ve elma türlerine ait ikişer çeşit kullanılmıştır. Deneme yapılan türlere ait çeşitler şunlardır; hıyar için 147-F1 ve Rawa-F1, domates için EF-49 ve Joker, armut için Williams ve Ankara, elma için Starkspur Golden Delicious ve Starking.

Denemeye alınan hıyar çeşitlerinden 147-F1 (Hızır-F1), TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Narenciye ve Seracılık Araştırma Enstitüsü tarafından ıslah edilmiş ve 2000 yılında kayıt altına alınmış, sırk, sera yetiştiriciliğine uygun hibrit bir çeşittir. Rawa-F1, 1997 yılında toplu ticari tohumluk üretim izni alan, sırk, serada yetiştiriciliğe uygun hibrit bir çeşittir (Anonim 2002).

Domates çeşitlerinden EF-49, bodur tipte, büyük ve güçlü bitkili orta erkenci bir hibrit çeşiddir. Meyveleri 200-230 g ağırlıkta olup mükemmel sert ve verimli bir çeşittir. Yarı sırk yetiştiriciliğe de uygundur (Anonim 1997). Joker, Golden West Overseas kuruluşunca üretim izni alınmış kuvvetli büyüyen, bodur hibrit bir çeşittir. Meyveleri 220-240 g ağırlıkta olup sofralık tüketime uygun, verimli bir çeşittir (Anonim 2000b).

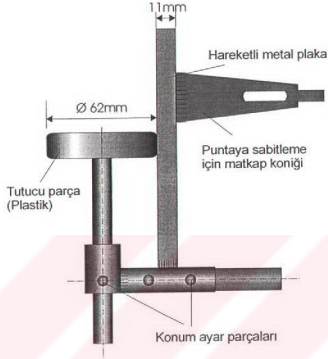
Williams armudu, yüksek kalitede yazlık bir çeşittir. İngiltere orijinlidir. Ağustos başı ile Eylül ayları arasında olgunlaşmaktadır. Meyvesi orta iri-iri, sap tarafına doğru çekik, karın tarafı geniş; sapı kalın, orta uzun, çoğunlukla meyve ile birleştiği yerde bir tarafı kabarık; kabuğu ince, bir yanı genellikle yeşilimtrak sarı, bazen güneş yanı kızartılı; eti sarımtrak beyaz, sulu, tatlı, ağızda erir, kumsuz ve güzel aromalıdır. Ankara armudu, meyve kalitesi yüksek, kışlık bir çeşittir. Orijini Anadolu'dur. Eylül sonunda toplanırsa Nisan ayına kadar saklanabilir. Meyvesi orta irilikte, oturaklı, düzgün yüzülü; sapı kısa, kalın; kabuğu ince, düzgün, ağızda erir, yeme durumundan önce koyu yeşil, yeme olumu zamanında yeşil; eti sulu, güzel kokulu, kumsuzdur (Özbek 1978).

Denemeye alınan Starkspur Golden Delicious elma çeşidi, ABD orijinli olup Eylül'ün ikinci haftasında toplanır. Meyveleri soğuk depoda Mart ayına kadar saklanabilir. Meyvesi iri, altın sarısı renkte, düzgün şekilli, çok iyi kalitelidir. Starking elma çeşidi, ABD orijinli olup Eylül'ün ikinci haftasında toplanır. Nisan ayına kadar soğuk hava depolarında saklanabilir. Meyvesi iri, koyu kırmızı renkte, çiçek tarafında beş çıkıntısı olup, uzunca şekilli, çok iyi kalitelidir (Anonim 1991).

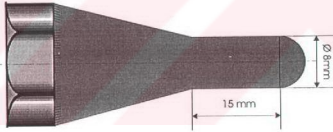
3.1.2. Sıkıştırma test ve ölçüm düzeneği

Sıkıştırma testlerini yapabilmek için bir düzenek tasarlanmış ve bu düzenek Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölüm Atölyesi'nde imal edilmiştir. Düzeneğin hareketi için Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölüm Atölyesi'nde bulunan TOS TRENCIN SN 55 model torna tezgahından yararlanılmıştır. Torna üzerindeki gezer punta, tornanın kalemını otomatik olarak hareket ettiren tablaya sabitlenmiştir. Bu hareketli platform, yatay düzlemde hareket edebilecek yapıdadır. Bu nedenle, meyve ve sebzelerin test düzeneğine yerleştirilip denemeye alınması için geliştirilen bir tutucu kullanılmıştır. Hareketli platformda gezer puntanın ucuna sabitlenen tutucu; hareketli plaka, tutucu parça, meyve ve sebzelerin gerektiğinde silindirik batıcı uca göre konumunu değiştirmeyi sağlamak için sağa-sola ve yukarı-aşağı ayarlama yapmaya olanak sağlayan parçalardan oluşmaktadır (Şekil 3.1). Hareketli platformun karşısında bulunan tornanın aynasına, kuvvet algılayıcı çeki-bası dinamometresi bir ucundan sabitlenmiştir. Dinamometrenin diğer ucuna basıya çalışacak sabit uç, civata ve somunla bağlanmıştır. Çapı 8 mm olan uç, silindirik olup küresel olarak sonlanmaktadır (Şekil 3.2).

Düzeneğin hareketli platformu tornanın elektrik motoru tarafından hareketlendirilmekte, ilerleme hızı, tornanın esas işlevlerini yerine getirebilmesi için birçok kademede, yaklaşık 7-170 mm/dak arasında değiştirilebilmektedir.

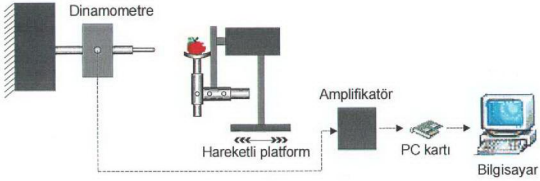


Şekil 3. 1. Sıkıştırma test düzeneğinde kullanılan tutucu

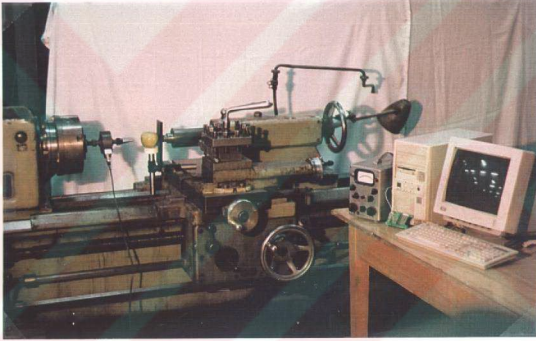


Şekil 3. 2. Sıkıştırma test düzeneğinde kullanılan silindirik batıcı uç

Tornanın aynasına bir ucundan sabitlenmiş olan çeki-bası dinamometresinin çıkışı, bir amplifikatöre bağlanmıştır. Amplifikatörün, bilgisayara takılmış olan PC kartına girişi yapılarak bağlantı tamamlanmıştır. Sıkıştırma test ve ölçüm düzeneğinin şematik görünüşü Şekil 3.3'de, genel görünüşü ise Şekil 3.4'de verilmektedir.



Şekil 3. 3. Sıkıştırma test ve ölçüm düzeneğinin şematik görünüşü



Şekil 3. 4. Sıkıştırma test ve ölçüm düzeneğinin genel görünüşü

3.1.2.1. Çeki- bası dinamometresi

Özel olarak hazırlanmış deney düzeneğinde yapılan sıkıştırma testlerinde, test örneği üzerinde silindirik batıcı uç tarafından oluşturulan bası kuvveti değerlerini, silindirik batıcı ucun sabitlendiği bir çeki-bası dinamometresi algılamaktadır. Ölçme alanı 0-1000 kp olan dinamometre, indüktif esaslı bir algılama sistemine sahiptir. Bu algılama sistemi ile algılanan kuvvet değerleri, elektriksel gerilimlere dönüştürülmektedir.

3.1.2.2. Amplifikatör

Çeki-bası dinamometresinin elektriksel gerilimlere dönüştürdüğü kuvvet değerleri oldukça zayıf sinyaller şeklindedir. Bu zayıf sinyallerin kaydedilmesi için güçlendirilmesi amacıyla ölçme sistemine bir amplifikatör (analog yükseltici) eklenmiştir. Dinamometrenin algıladığı zayıf sinyaller, özel bir ara kablo yardımıyla amplifikatöre iletilmektedir. Cihaz 12 V-DC besleme gerilimi ile çalışmaktadır.

3.1.2.3. Veri ölçümleme kartı

Veri ölçümleme kartı (PC kart), amplifikatörde yükseltip düzenlenerek çıkan analog sinyalleri, dijital sinyallere çevirerek bilgisayarın bu sinyalleri değerlendirebilmesini sağlamaktadır. Kullanılan PC kart, PCL-711 REV.A1 (Your-PC-Multi-Lab) ve PCLD-7115 REV.A1 Wiring Terminal Board for PCL-711'dir. Gelen verilerin bilgisayara aktarılması Datalogger adlı veri toplama ve kaydetme programıyla gerçekleştirilmiştir. Program Turbo-pascal dilinde hazırlanmıştır. Veri ölçümleme kartı tarafından alınan dijital sinyallere dönüştürülen veriler yazılım yardımıyla bilgisayar belleğinde dosyalanmaktadır. Program, cihazın belleğinden çağırdığı sayısal forma dönüşmüş verileri kullanıcının açtığı dosyalara yüklemektedir. Veri ölçümleme kartı 8 adet bit analog ölçüm, 16 adet dijital algılama, 16 adet dijital çıkış ve 1 adet analog çıkış olanağına sahiptir. Tetikleme, yazılım yardımıyla sağlanmaktadır. Ölçüm hassasiyeti % 0.015 olup 0-10 V ölçüm giriş aralığındaki sinyalleri değerlendirebilmektedir. Kart 1 ms-1 s aralığında 1-30000 adet sinyal algılama ve kaydetme yapabilmekte, bu aralıklar yazılım yardımıyla amaca uygun olarak seçilebilmektedir.

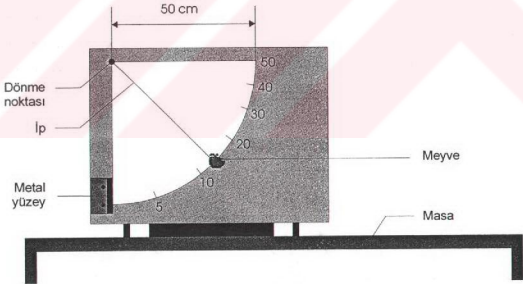
3.1.3. Çarpma test düzeneği

Çarpma testi için bir sarkaç düzeneği (pendulum) oluşturulmuştur. Çarpma temas yüzeyi olarak, katı düz yüzeyi oluşturmak üzere metal bir plaka kullanılmıştır. Sarkaç, yarıçapı 50 cm olan bir dairenin dörtte biri üzerine, 1'er cm aralıklarla oluşturulmuş yatay çizgilerle işaret konularak ölçülendirilmiştir. Böylece 50 cm uzunluğundaki yarıçap 50 eşit aralığa bölünmüştür. Bu bölümlendirilmiş yarıçapa karşılık gelen çeyrek

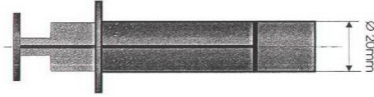
daire üzerinde ise 1'er cm aralıklara karşılık gelen noktalar işaretlenmiştir. Oluşturulan bu daire parçası bir tahta sunta üzerine düzgün bir şekilde yapılandırılmıştır. Bir metal yüzey, tahta sunta üzerine dik olarak ve düşey düzlemde daire merkezinden geçen doğrultuda, çarpma bölgesine karşılık gelecek şekilde sabitlenmiştir. Tahta sunta ise bir masaya yatay ve düşey düzlemlere paralel olacak şekilde profil ve civatalarla bağlanmıştır. Çarpma testi uygulanacak ürünlerin sarkaç üzerinde serbest salınım yapabilmesi için 50 cm uzunluğunda bir ip, daire merkezine tutturulmuştur. Oluşturulan bu çarpma testi deney düzeneğinin şematik görünüşü Şekil 3.5'de görülmektedir.

3.1.4. Diğer ölçme aletleri

Çap ve derinlik ölçümlerinde Mitutoyo No.505-633, ölçüm aralığı 15 cm, ölçüm hassasiyeti 0.05 mm olan ibreli kumpas kullanılmıştır. Kütle ölçümleri için BEL ENGINEERING, maksimum ölçüm kapasitesi 2000 g, ölçüm hassasiyeti 0.01 g olan elektronik tartı kullanılmıştır. Poisson oranını belirlemek için test örneği hazırlamada, 20 mm çaplı bir plastik şırınganın uç kısmı düzgün bir şekilde kesilerek elde edilen alet kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3. 5. Çarpma test düzeneğinin şematik görünüşü



Şekil 3. 6. Test örneği hazırlamada kullanılan alet

3.2. Yöntem

3.2.1. Sıkıştırma testi

Sıkıştırma testinde algılayıcı olarak bir çeki-bası dinamometresi ile data ölçümleme kartının birlikte kullanılmasıyla geliştirilen yöntem uygulanmıştır. Bu yöntem kısa bir zaman aralığında ortaya çıkan kuvvetlerin hızlı ve hassas bir şekilde kaydedilmesini sağlamaktadır.

Sıkıştırma testinde, denemeye alınan meyve ya da sebzenin silindirik batıcı uca değdiği bölgede elde edilen bası kuvvetinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, özel olarak hazırlanan test ve ölçüm düzeneğinde, denemeye alınacak meyve ve sebzeler tüm olarak ve ürün şekline de bağlı olarak merkezlelendikten sonra tutucuya yerleştirilmiştir. Tutucu parça, ürünün hareket etmesini engellemek için içbükey olarak şekillendirilmiştir. Sıkıştırma testlerinde hıyar çeşitleri orta bölgelerinden, domates, armut ve elma çeşitleri ise karın bölgelerinden silindirik batıcı uca göre konumlandırılmışlardır. Tutucunun üzerinde yer aldığı hareketli platform tornanın tablasının hareket ettirilmesiyle sağa ya da sola otomatik olarak ilerleyebilmektedir. İlerleme hızı amaca uygun olarak istenilen hız kademesinde seçilebilmektedir. Silindirik batıcı uç dinamometreye bağlanmış, dinamometre ise diğer ucundan tornanın aynasına sabitlenmiştir.

Sıkıştırma testinde, denemeye alınan meyve ya da sebzenin silindirik batıcı uca doğru hareket ettirilmesi sonucu temas ile başlayan bası kuvveti değerleri dinamometre ile algılanmıştır. Bası kuvveti değerleri, dinamometrenin indüktif devrelerinde elektriksel gerilim değerlerine dönüşmektedir. Böylece fiziksel direnç kuvvetleri elektriksel sinyaller olarak algılanmakta ve bası kuvveti ölçülmüş olmaktadır. Çeki-bası

dinamometresi ile algılanarak elektriksel büyüklüklere dönüştürülen zayıf sinyaller bir amplifikatörde yükseltilmiş ve analog olarak data ölçümleme kartına iletilmiştir. Data ölçümleme kartıyla dijital sinyallere dönüştürülen veriler bir yazılım yardımıyla bilgisayarın sabit diskine kaydedilmiştir.

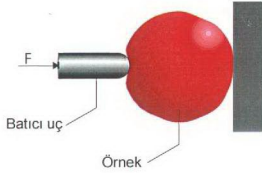
3.2.1.1. Kalibrasyon

Çeki-bası dinamometresi tarafından algılanarak PC kart yardımıyla bilgisayara aktarılan direnç ölçümlerinin değerlendirilebilmesi için N (Newton) kuvvet birimi cinsinden karşılıklarının bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla dinamometre, amplifikatör, PC kart ve veri kaydetme programını kapsayan ölçme seti kalibre edilmiştir.

Sıkıştırma testi için düzenek çalıştırıldığında, denemeye alınan ürüne etkiyen kuvvet Şekil 3.7'de görülmektedir. Burada silindirik batıcı uç tarafından ürüne yapılan bası kuvveti, çeki-bası dinamometresini basıya çalıştırmakta ve böylece oluşan kuvvet algılanmaktadır.

Oluşturulan kalibrasyon düzeneği Şekil 3.8'de görülmektedir. Kalibrasyonu yapmak için çeki-bası dinamometresi bir mengeneye yatay düzleme dik olarak sabitlenmiştir. Çeki-bası dinamometresinin üstte kalan civatalı ucuna, üzerine somun kaynak edilmiş bir tabla bağlanmıştır. Tablanın üzerine sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 kg'lık ağırlıklar konulmuştur. Bu on ağırlık kademesinin her biri için amplifikatördeki sapmalar ve bilgisayar ekranında okunan değerler kaydedilmiştir. Uygulanan bu kalibrasyon yöntemiyle dinamometre, amplifikatör ve bilgisayar veri kayıt değerleri birbirlerine göre amplifikatörün 500 kademesi için kalibre edilmiştir. Böylece, veri kaydedici programdaki sayısal değerleri kuvvet birimi cinsinden değerlere dönüştürmek olanaklı olmaktadır. Kalibrasyon sırasında bilgisayar ekranındaki değerlerle uygulanan kuvvetler arasında doğrusal bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Kalibrasyon eğrisinin regresyon denklemi ve belirtme katsayısı;

$$C_2 = -1.1 + 0.314 C_1 \quad R^2 = \% 99.9 \text{ 'dur.}$$



Şekil 3. 7. Düzenek ile oluşan yükleme şekli (Kavisli bir yüzey üzerinde küresel sonlu silindirik uç)

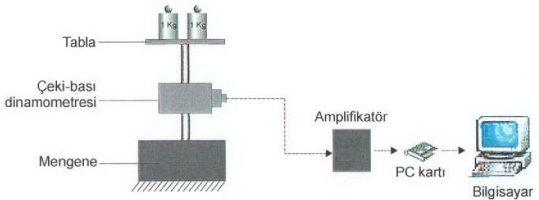
Burada;

C_2 : Ağırlığın etki ettirdiği kuvvet (N),

C_1 : Veri kaydedici program kayıt değeri' dir.

3.2.1.2. Silindirik batıcı uç çapı, ilerleme hızı, veri alma aralığı ve sayısı

Sıkıştırma testinin uygulandığı tüm ürünlerde silindirik batıcı uç çapı 8 mm, yükleme hızı olan hareketli platform ilerleme hızı ise 7 mm/dak olarak alınmıştır. Bu değerler meyve ve sebzelere uygun olacak şekilde standartlardan seçilmiştir (Anonim 1994). Veri alma ve kaydetme programı, hıyar ve domates çeşitleri için 30 ms'de 4000 adet, armut ve elma çeşitleri için ise 10 ms'de 6000 adet (deneme süresinin yetmediği koşullarda 7000-8000 adede çıkarılmıştır) değer alacak şekilde ayarlanmıştır.

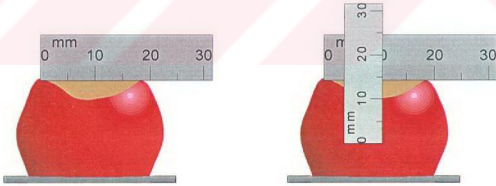


Şekil 3. 8. Kalibrasyon düzeneği

Her bir deneme sonucu alınan değerler ayrı ayrı dosyalarda olmak üzere kaydedilmiş ve Windows ortamına taşınmıştır.

3.2.2. Çarpma testi

Çarpma testleri yalnızca armut ve elma türlerine ait çeşitlere uygulanmıştır. Denemeye alınan ürünler, özel olarak oluşturulmuş çarpma test düzeneğinde bulunan 50 cm uzunluğundaki ipe tutturulmuştur. Bu amaçla ipin ucuna bağlanmış bir çivi, ürünlerin sap çukuruna batırılmıştır. Çarpma testleri, ürünlerin sarkaç üzerinde 10, 15 ve 20 cm'lik üç farklı düşme yüksekliğinden, üzerine mürekkep sürülmüş metal yüzeye doğru serbest bırakılmasıyla, karın bölgelerinden çarptırılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir çarpma için meyve 90° döndürülmüştür (Diener et al. 1979). Çarpma sonrasında ikinci bir çarpmadan oluşmaması için ürün yakalanmıştır. Her bir çarpmadan sonraki sıçrama yüksekliği sarkaç üzerinden okunmuş ve kaydedilmiştir (Parke 1963). Aynı şekilde her bir çarpmadan sonra örnek üzerine çıkan iz numaralanarak, düşme yüksekliklerine göre oluşan izler ayırt edilecek duruma getirilmiştir. Bu ürünler çarpma bölgesindeki renk koyulaşmasının ortaya çıkarak ölçüm yapılabilmesi için 24 h süreyle oda sıcaklığında bekletilmiştir (Schoorl ve Holt 1980, Hughes et al. 1985, Klein 1987, Sober et al. 1990). Ertesi gün üzerlerindeki numaralara göre mürekkep izli bölgelerin kabukları soyularak, zedelenen bölgenin çapı ve derinliği kumpasla ölçülmüş ve kaydedilmiştir (Şekil 3.9).

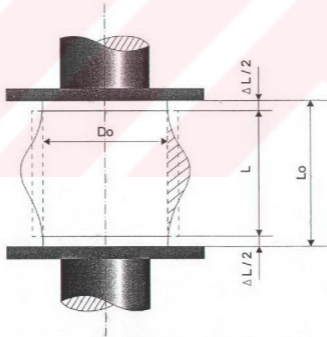


Şekil 3. 9. Zedelenme çapı ve zedelenme derinliği ölçüm yöntemi (Schoorl ve Holt 1980)

3.2.3. Diğer ölçümler

Denemeye alınan tüm ürünler öncelikle numaralandırılarak hassas terazide tartılmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir.

Poisson oranını belirlemek için sıkıştırma test düzeneğinden yararlanılmıştır. Poisson oranını hıyar, armut ve elma türlerine ait çeşitlerde belirlemek için; ürünlerden 20 mm çaplı, 20 mm uzunluğunda test örnekleri çıkarılmıştır. Test örneğini elde etmek için kullanılan aparat, pistonu çekiliyken ürüne hızlı bir şekilde daldırılmış, aparatın içinde kalan silindirik ürün piston yardımıyla dışarı alınmış ve boyu 20 mm olacak şekilde kesilmiştir. Bu şekilde elde edilen test örnekleri iki düz plaka arasında sıkıştırılmıştır (Şekil 3. 10). Bu işlemden sonra test örneklerinin ikinci çap ve boyu ölçülerek kaydedilmiştir. Bu değerler aşağıdaki eşitlikte yerine konularak Poisson oranı belirlenmiştir (Sitkei 1986):



Şekil 3. 10. Poisson oranının belirlenmesi (Sitkei 1986)

$$\mu = \frac{(\Delta D / D_0)}{(\Delta L / L_0)}$$

Burada;

- μ : Poisson oranı,
 ΔD : İkinci çap ile ilk çap arasındaki fark (mm),
 D_0 : İlk çap (mm),
 ΔL : İlk boy ile ikinci boy arasındaki fark (mm),
 L_0 : İlk boy (mm)'dur.

Domatesin Poisson oranı bu yöntemle belirlenemediğinden her iki çeşit için de 0.50 varsayılarak hesaplamalarda bu değer kullanılmıştır (Finney ve Hall 1967). Bu kabullenme ile domatesin elastiklik modülü hesaplamasında da hassas değerlere ulaşılması sağlanmıştır.

3.2.4. Deneysel yöntem

Denemeye alınan türlere ait çeşitler Ankara armudu hariç Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Bahçeleri'nden alınmıştır. Ankara armudu ise üniversite dışında özel bir şahısa ait bahçeden hasat edilerek temin edilmiştir.

Denemeler için hıyar çeşitlerinden 6 Ağustos 2001 tarihinde 130'ar adet, domates çeşitlerinden 20 Ağustos 2001 tarihinde 90'ar adet, armut çeşitlerinden Williams çeşidi için 21 Ağustos 2001 tarihinde 104 adet, Ankara çeşidi için 8 Ekim 2001 tarihinde 130 adet, elma çeşitlerinden Starkspur Golden Delicious çeşidi için 25 Eylül 2001 tarihinde 130 adet, Starking çeşidi için ise 28 Eylül 2001 tarihinde 130 adet ürün hasat edilmiş ve alınmıştır. Hıyar çeşitleri normal iriliğe ulaştığında, domatesler kırmızı olumdayken hasat edilmişlerdir.

Hıyar çeşitleri, üründen 0. gün (hasat edilen gün), 3. gün, 6. gün, 9. gün ve 12. günde değer alınarak denemeye alınmıştır. Hasat tarihinde her bir çeşitten 26 adet ürün oda

sıcaklığında bekletilirken geriye kalanlar % 85-90 nem oranında 10 °C depo sıcaklığında, su kaybına karşı üzerlerine 3-4 adet kurşunkalem kalınlığında delikler açılmış polietilen torbalara, 5-6 adet olmak üzere yerleştirilip torba ağızları bağlanıp kasalara konularak depolanmıştır (Karaçalı 1993).

Domates çeşitleri, üründen 0. gün, 2. gün, 4. gün ve 6. günde değer alınarak denenmiştir. Hasat tarihinde her bir çeşitten 21 adet ürün oda sıcaklığında bekletilirken geriye kalanlar % 85-90 nem oranında 5 °C depo sıcaklığı koşullarında kasalara yerleştirilerek depolanmıştır (Karaçalı 1993).

Armut çeşitlerinden Williams çeşidi 0. gün, 1. ay, 2. ay ve 3. ayda, Ankara çeşidi ve elma çeşitleri 0. gün, 1. ay, 2. ay, 3. ay ve 4. ayda değer alınarak denemeye alınmıştır. Hasat tarihinde her bir armut ve elma çeşidinden 26 adet ürün oda sıcaklığında bekletilirken geriye kalanlar ileriki denemeler için % 85-90 nem oranında 0 °C sıcaklık koşullarında depolanmıştır (Karaçalı 1993).

Her deneme gününde 5 adet üründen Poisson oranı ölçümleri yapılmıştır. Ürünler depodan çıkartıldıktan sonra 3-4 saat oda koşullarında bekletilip denemeye alınmıştır. Denemeler ortalama oda sıcaklığı koşullarında yapılmıştır. Her türe ait her bir çeşit için denemeler 21 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

3.2.5. Sıkıştırma testi sonuçlarını değerlendirme yöntemi

Sıkıştırma testlerinden elde edilen ve Windows ortamına taşınan veriler, çalışma ortamının yarattığı sinyal bozukluklarından arıtılmak için Pascal programlama dilinde yazılmış bir dijital filtrasyon programından geçirilmiştir. Veriler, her bir deneme ürünü için ayrı ayrı kuvvet-zaman grafiklerine dönüştürülmüştür. Bu grafiklerden, biyolojik akma noktası görülen hıyar, armut ve elma için bu noktadaki; biyolojik akma noktası kuvvet-zaman grafiğinde görülmeyen domateste ise kabuk yırtılma noktasındaki kuvvet ve zaman değerleri okunarak kaydedilmiştir. Grafikten okunan kuvvet değerlerinin Newton cinsinden ifadesini bulmak için kalibrasyon eğrisi regresyon denklemi kullanılmıştır. Grafikten okunan değerler ile şu hesaplamalar yapılmıştır:

a. Deformasyon

$$\Delta D = V \cdot t$$

Burada;

ΔD : Deformasyon (mm),

V : İlerleme hızı (7 mm/dak),

t : Grafikten okunan zaman değeri (dak)'dir.

b. Elastiklik modülü

Silindirik batıcı uçla yapılan tüm sıkıştırma testleri ile elastiklik modülünün hesaplanmasında Boussinesq tekniği kullanılmıştır (Mohsenin 1980, Sitkei 1986):

$$E = \frac{F(1-\mu^2)}{d \cdot \Delta D}$$

Burada ;

E : Elastiklik modülü (N/mm²),

F : Kuvvet (N),

μ : Poisson oranı,

d : Silindirik batıcı uç çapı (8 mm)'dir.

c. Deformasyon enerjisi

A noktasına ilişkin deformasyon enerjisi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Aydın ve Çarman 1997, Vursavuş ve Özgüven 1999):

$$E_A = \frac{\Delta D_A \cdot F_A}{2}$$

Burada ;

E_A : Deformasyon enerjisi (Nmm),

ΔD_A : A noktasındaki deformasyon (mm),

F_A : A noktasındaki deformasyon kuvveti (N)'dir.

d. Deformasyon hacmi

Deformasyon hacmi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Aydın ve Çarman 1997, Vursavuş ve Özgüven 1999):

$$V_A = \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \cdot \Delta D_A$$

Burada ;

V_A : Deformasyon hacmi (mm³)'dir.

e. Sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı

Deformasyon hacminin deformasyon enerjisine oranı olarak tanımlanan sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Holt ve Schoorl 1977):

$$C_s = \frac{V_A}{E_A}$$

Burada ;

C_s : Sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı (ml/J)'dir.

3.2.6. Çarpma testi sonuçlarını değerlendirme yöntemi

Yalnız armut ve elma çeşitleri için yapılan çarpma testlerinde kaydedilen değerlerle aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır:

a. Zedelenme hacmi

Zedelenme hacminin belirlenmesinde Schoorl ve Holt (1980) tarafından geliştirilen idealize edilmiş zedelenme şekli üzerinde gösterilen tanımlamalar ve aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır(Şekil 3. 11):

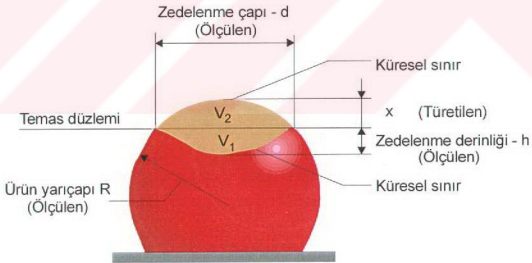
$$V_z = V_1 + V_2$$

Burada;

V_z : Zedelenme hacmi (mm^3),

V_1 : Temas düzlemi altındaki zedelenme hacmi (mm^3),

V_2 : Temas düzlemi üzerindeki zedelenme hacmi (mm^3)'dir.



Şekil 3. 11. Zedelenme hacminin belirlenmesinde kullanılan idealize edilmiş zedelenme şekli üzerinde gösterilen tanımlamalar (Schoorl ve Holt 1980)

$$V_z = \frac{\pi \cdot h}{24} (3d^2 + 4h^2) + \frac{\pi \cdot x}{24} (3d^2 + 4x^2)$$

$$x = R - (R^2 - d^2 / 4)^{1/2}$$

Burada ;

R : Meyvenin yarıçapı (mm),

d : Zedelenme çapı (mm),

h : Temas düzlemi altındaki zedelenme yüksekliği (mm)'dir.

b. Meyve tarafından absorbe edilen enerji

Çarpma ile meyve tarafından absorbe edilen enerjinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Diener et al. 1979, Schoorl ve Holt 1980, Hughes et al 1985, Sober et al. 1990, Vursavuş ve Özgüven 2000):

$$E_{abs} = m_a \cdot g (h_{düşme} - h_{sıçrama})$$

Burada;

E_{abs} : Absorbe edilen enerji (J),

m_a : Teste tabi tutulan ürünün kütlesi (kg),

g : Yerçekimi ivmesi (m/s^2),

$h_{düşme}$: Düşme yüksekliği (m),

$h_{sıçrama}$: Sıçrama yüksekliği (m)'dir.

c. Çarpma zedelenmesi duyarlılığı

Zedelenme hacminin meyve tarafından absorbe edilen enerjiye oranı olarak tanımlanan çarpma zedelenmesi duyarlılığı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Schoorl ve Holt 1980):

$$C_{\varphi} = \frac{V_z}{E_{abs}}$$

Burada;

C_{φ} : Çarpma zedelenmesi duyarlılığı (ml/J)'dir.

3.2.7. İstatistik analiz

Denemeler hıyar çeşitleri için 2 x 5; domates çeşitleri için 2 x 4; Williams armut çeşidi sıkıştırma testi için 2 x 4, çarpma testi için 2 x 4 x 3; Ankara armudu ve elma çeşitleri sıkıştırma testi için 2 x 5, çarpma testi için 2 x 5 x 3 faktöriyel deneme planına göre yürütülmüştür. Hıyar için değişkenleri iki çeşit, beş depolama zamanı (0. gün, 3. gün, 6. gün, 9. gün ve 12. gün), domates için iki çeşit, dört depolama zamanı (0. gün, 2. gün, 4. gün ve 6.gün), armut için iki çeşit, bunlardan Williams armut çeşidi için, dört depolama zamanı (0.gün, 1. ay, 2. ay ve 3. ay), Ankara armut çeşidi için beş depolama zamanı (0. gün, 1. ay, 2.ay, 3. ay ve 4. ay), elma için ise iki çeşit, beş depolama zamanı (0. gün, 1. ay, 2. ay, 3. ay ve 4. ay) oluşturmaktadır. Ankara armudu için 4. ayda da ölçümler yapılmış olmasına rağmen, Williams armudu için 4. ay değerleri olmadığından dolayı bu ölçüm ve hesaplamalar istatistik analizde değerlendirme dışı bırakılmıştır. Armut ve elma çeşitlerine uygulanan çarpma testlerinde ayrıca üç farklı düşme yüksekliği (10 cm, 15 cm ve 20 cm) değişken olarak alınmıştır. Veriler varyans analizi ve Duncan testi yapmak amacıyla STATISTICA istatistik paket programıyla analiz edilmiştir.

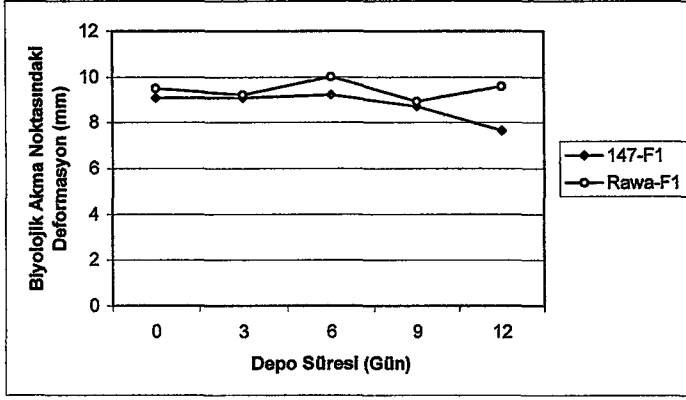
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Denemeler sonucunda elde edilen verilerden yararlanılarak, hıyar, domates, armut ve elma türleri için çeşit ve farklı depolama sürelerinin deformasyon, biyolojik akma noktasındaki kuvvet (domates için kabuk yırtılma noktasındaki kuvvet), elastiklik modülü, deformasyon enerjisi, deformasyon hacmi ve sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığına olan etkileri varyans analizi ve Duncan testi ile incelenmiştir. Çarpma testi verilerinden yararlanarak armut ve elma türleri için çeşit, depolama süresi ve düşme yüksekliğinin, zedelenme hacmi, absorbe edilen enerji ve çarpma zedelenmesi duyarlılığına olan etkilerini belirlemek için varyans analizi ve Duncan testi yapılmıştır. Bulunan sonuçlar grafik ve çizelgelerle her bir tür için ayrı olarak aşağıdaki bölümlerde verilmiş ve değerlendirilmiştir.

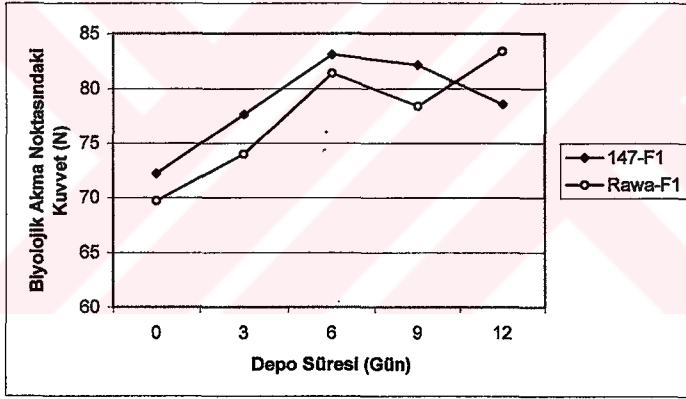
4.1. Hıyar İçin Yapılan Ölçüm ve Hesaplama Sonuçları

Denemeye alınan 147-F1 çeşidi hıyarların ağırlıkları 91.8-146.9 g arasında, ortalama 121 g, Rawa çeşidinin ağırlıkları 91.9-141.4 g arasında, ortalama 119 g olarak ölçülmüştür. Poisson oranı değerleri ortalaması ve standart hatası 147-F1 çeşidi için 0.436 ± 0.011 , Rawa-F1 çeşidi için 0.4662 ± 0.0103 olarak bulunmuştur. Hıyar için yapılan sıkıştırma testleri sonucunda yöntem bölümünde açıklandığı şekilde elde edilen biyolojik akma noktasındaki deformasyon, kuvvet, elastiklik modülü, deformasyon enerjisi, deformasyon hacmi ve sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı değerlerinin çeşit ve depolama süresine göre değişimlerini veren grafikler Şekil 4.1....4.6'da verilmiştir. Şekiller incelendiğinde her iki hıyar çeşidi için de 6. günün, ürünün depolanmasında kritik bir zaman olduğu görülmektedir. Şekil 4. 1'de biyolojik akma noktasına karşılık gelen deformasyon değerlerinin değişimi verilmiştir.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
ULUSLARARASI MERKEZİ



Şekil 4. 1. Hıyar çeşitleri için biyolojik akma noktasındaki deformasyon-depo süresi değişimi



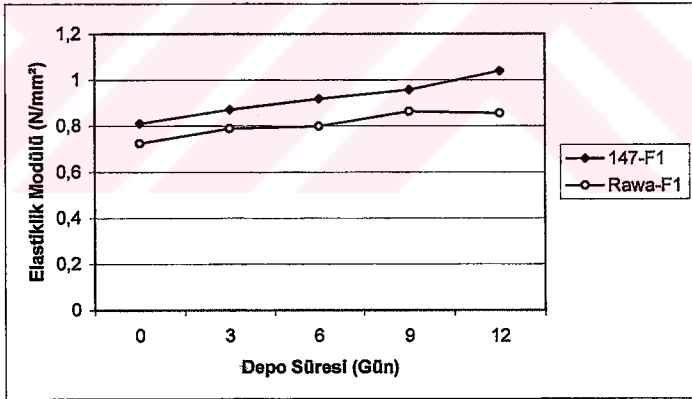
Şekil 4. 2. Hıyar çeşitleri için biyolojik akma noktasındaki kuvvet-depo süresi değişimi

Şekil 4.2'deki kuvvet-depo süresi grafiği 6. güne kadar ölçülen kuvvet değerinde belirgin bir artış olduğunu ortaya koymaktadır. Yani 6. güne kadar ürüne zarar vermeden uygulanabilecek kuvvet değerinde artış ortaya çıkmaktadır. Bu durum depolama süresinin, ürünün mekanik özellikleri üzerindeki etkisinden kaynaklanmakta ve bu günden sonra kuvvet değeri genel olarak azalma eğilimi göstermektedir.

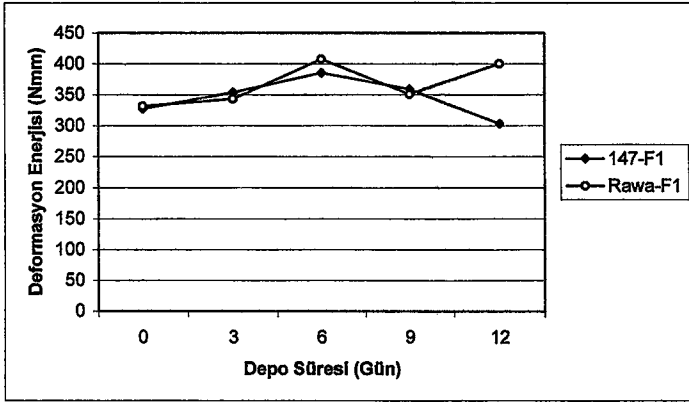
Şekil 4.3'de depolama süresiyle birlikte elastiklik modülünün her iki çeşit için arttığı görülmektedir. Bu artan elastikiyetin, hıyar türünün kabuk ve meyve eti özelliklerine bağlı olduğunu söylemek olanaklıdır. Bu durum depolama süresindeki su kaybıyla da ilişkilidir.

Şekil 4.4 incelendiğinde 6. güne kadar depolama süresindeki artışla deformasyon enerjisinde artış olduğu görülmektedir. Bu, materyalin deformasyonu sırasında biyolojik akma noktasındaki enerji absorpsiyonudur. Yani türünde absorbe edilen enerji miktarı yükselmektedir. Şekil 4.5'de de aynı şekilde 6. güne kadar biyolojik akma noktasındaki deformasyon hacimlerinde bir artış söz konusudur.

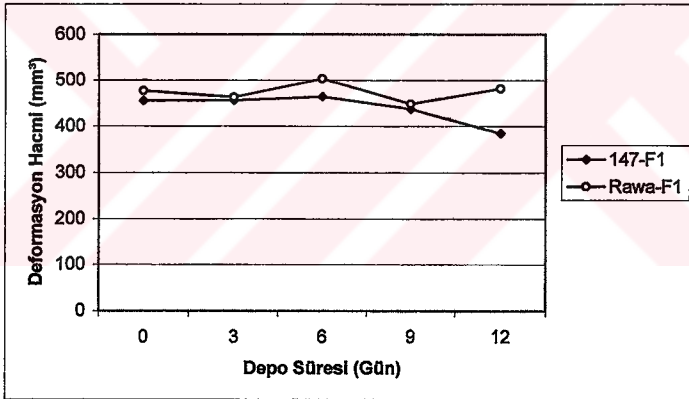
Depolama süresine bağlı olarak 6. güne kadar türünün sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığında azalma yani türünün zedelenmeye karşı göstermiş olduğu dirençte bir artış söz konusu olmaktadır (Şekil 4.6). Bu günden sonra 147-F1 çeşidi zedelenmeye karşı bir miktar hassaslaşmaktadır.



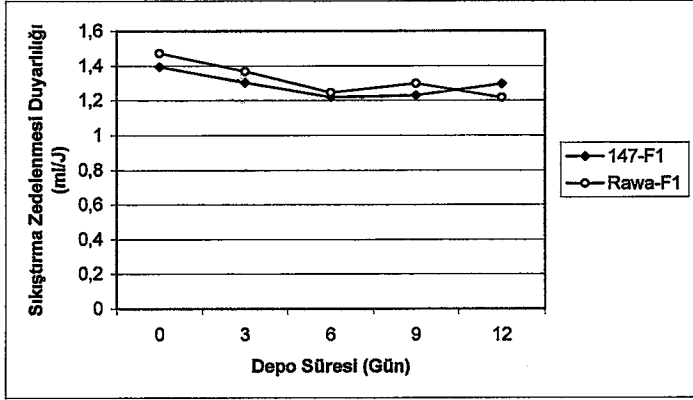
Şekil 4. 3. Hıyar çeşitleri için elastiklik modülü-depo süresi değişimi



Şekil 4. 4. Hıyar çeşitleri için deformasyon enerjisi-depo süresi değişimi



Şekil 4. 5. Hıyar çeşitleri için deformasyon hacmi-depo süresi değişimi



Şekil 4. 6. Hıyar çeşitleri için sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı-depo süresi değişimi

Deney ölçüm ve hesaplama değerleri arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek için çeşit, depo süresi ve çeşit x depo süresi alt gruplarına göre tanıttıcı istatistik değerleri elde edilmiş ve faktöriyel düzende varyans analizi tekniği uygulanmıştır. Deney ölçüm ve hesaplama değerlerine hıyar çeşidi ve depo süresinin etkileri Çizelge 4.1'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Deney ölçüm ve hesaplama değerlerine hıyar çeşidi ve depo süresinin etkisi

Deney ölçüm ve hesaplama değerleri	Çeşit	Depo süresi	Çeşit x Depo süresi
Deformasyon (ΔD) (mm)	xx	xx	xx
Kuvvet (F) (N)	-	xx	-
Elastiklik modülü (E) (N/mm^2)	xx	xx	x
Deformasyon enerjisi (E_A) (Nmm)	xx	xx	xx
Deformasyon hacmi (V_A) (mm^3)	xx	xx	xx
Sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı (C_S) (ml/J)	-	xx	x

xx P<0.01

x P<0.05

- Her iki (P<0.01 ve P<0.05) önem seviyesinde de etkisiz

Deney ölçüm ve hesaplama değer ortalamaları ve standart hataları ile istatistiksel açıdan farkın önemli bulunduğu değerlere uygulanan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmektedir.

Varyans analizi sonuçları hıyar için depolama süresinin tüm ölçüm ve hesaplamaları belirgin bir şekilde etkilediğini göstermiştir. Çeşit ise kuvvet ve sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı dışında diğer değerleri belirgin olarak etkilemektedir. Bu durum iki çeşit arasında sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı açısından istatistiksel olarak fark olmadığını göstermektedir. Bunun nedeni bu çeşitlerin yapı olarak birbirinden farklı olmamasıdır. Çeşit x depo süresi interaksyonu, kuvvet dışındaki tüm değerler için vardır.

4.2. Domates İçin Yapılan Ölçüm ve Hesaplama Sonuçları

Denemeye alınan EF-49 çeşidi domateslerin ağırlıkları 124.1-273.2 g arasında, ortalama 173.6 g, Joker çeşidinin ağırlıkları 137.8-270.74 g arasında, ortalama 194.9 g olarak ölçülmüştür. Domates için yapılan ölçümler ile oluşturulan kuvvet-deformasyon grafiklerinde biyolojik akma noktası görülmemiştir. Biyolojik akma noktası görülmendiğinden deformasyon, kuvvet, elastiklik modülü, deformasyon enerjisi, deformasyon hacmi ve sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı değerleri için kabuk yırtılma noktası verileri kullanılmıştır. Bu değerlerin çeşit ve depolama süresine göre değişimlerini veren grafikler sırasıyla Şekil 4.7....4.12’de verilmiştir.

Şekil 4.7’de kabuk yırtılma noktasında ölçülen kuvvet değerlerine karşılık gelen deformasyon değerlerinin depo süresine göre değişimi görülmektedir. Bu değişim artma şeklindedir. Şekil 4.8 incelendiğinde her iki çeşit için de depo süresi ile kabuk yırtılma noktasındaki kuvvet değeri değişiminin azalma şeklinde olduğu görülmektedir. En belirgin kuvvet düşüşü Joker çeşidi için 2. günde ortaya çıkmıştır. Elastiklik modülü değişimleri azalma şeklinde olup bu depolama süresiyle ürünlerin elastikiyetlerini kaybettiğini göstermektedir (Şekil 4.9). Çeşitler arasında 0. günde görülen elastikiyet modülü farklılığı 2. günden itibaren neredeyse tamamen kaybolmaktadır.

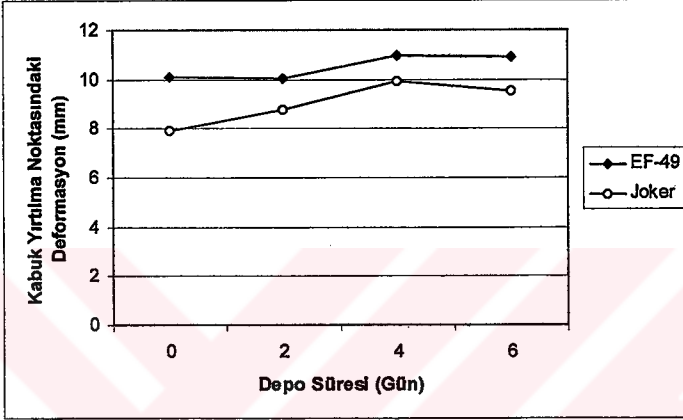
Çizelge 4. 2. Hiyar çeşitleri için deney ölçümün ve hesaplama değer ortalamaları, standart hataları ile Duncan testi sonuçları

HIYAR	ΔD (mm)	F (N)	E (N/mm ²)	E _A (N/mm)	V _A (mm ³)	C _s (ml/J)	
Çeşit	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	
147-F1 (ÇEŞİT 1)	0	a 9.07 ± 0.164	a 72.21 ± 0.689	a C 0.811 ± 0.016	a BC 327.46 ± 6.81	a A 455.53 ± 8.23	a A 1.394 ± 0.013
	3	a 9.07 ± 0.213	a 77.64 ± 1.442	a B 0.872 ± 0.019	a AB 353.85 ± 12.97	a A 455.81 ± 10.72	a B 1.303 ± 0.024
	6	b 9.22 ± 0.212	a 83.09 ± 1.629	a A 0.918 ± 0.019	a BC 385.11 ± 14.32	b A 463.46 ± 10.65	a A 1.218 ± 0.023
	9	a 8.71 ± 0.141	a 82.15 ± 1.240	a AB 0.957 ± 0.014	a AB 358.87 ± 9.95	a A 437.74 ± 7.09	a BC 1.229 ± 0.019
	12	b 7.65 ± 0.166	a 78.53 ± 1.197	a AB 1.040 ± 0.016	b A 302.97 ± 12.9	b B 384.41 ± 8.36	a BC 1.295 ± 0.032
	0	a AB 9.49 ± 0.207	a D 69.71 ± 2.176	b C 0.724 ± 0.025	a B 331.75 ± 13.77	a AB 476.68 ± 10.41	a A 1.473 ± 0.051
RAWA-F1 (ÇEŞİT 2)	3	a BC 9.22 ± 0.225	a 73.99 ± 1.434	b B 0.789 ± 0.013	a B 343.65 ± 14.37	a BC 463.29 ± 11.29	a B 1.368 ± 0.026
	6	a A 10.01 ± 0.141	a AB 81.41 ± 1.733	b B 0.799 ± 0.019	a A 407.63 ± 10.93	a A 502.72 ± 7.09	a A 1.246 ± 0.029
	9	a C 8.92 ± 0.177	a 78.39 ± 1.788	b BC 0.864 ± 0.022	a B 350.66 ± 12.44	a C 448.06 ± 8.89	a BC 1.296 ± 0.031
	12	a AB 9.59 ± 0.176	a 83.37 ± 1.753	b A 0.855 ± 0.021	a A 400.3 ± 12.56	a AB 481.6 ± 8.85	a C 1.216 ± 0.026

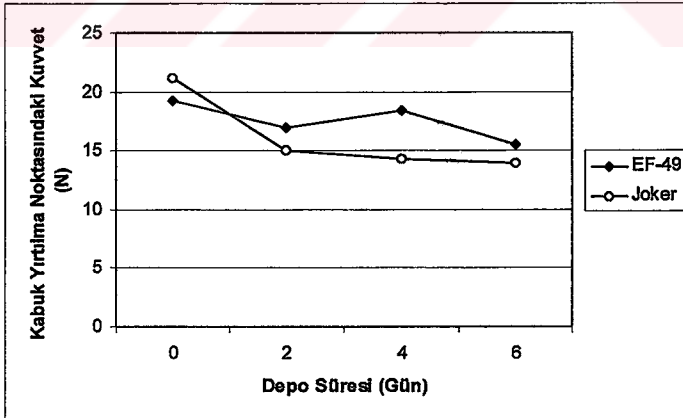
*Aynı çeşitte farklı bityk harf olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Depo sürelerinin karşılaştırılması)

Aynı depolama süresinde farklı kıtık harfleri olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<.05) (Çeşitlerin karşılaştırılması)

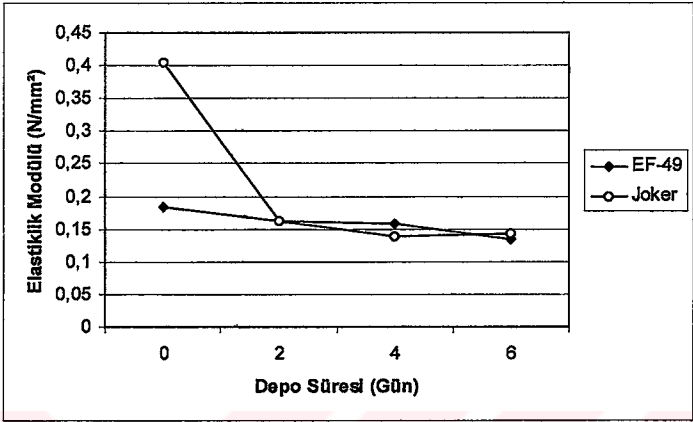
Kabuk yırtılma noktasına kadar absorbe edilen enerji Joker çeşidi için, deformasyon hacmi her iki çeşit için depolama süresiyle az da olsa artma eğilimi göstermektedir (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11). Bu iki şekle paralel olarak sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı da depo süresi ile artma eğilimi ortaya koymaktadır (Şekil 4.12).



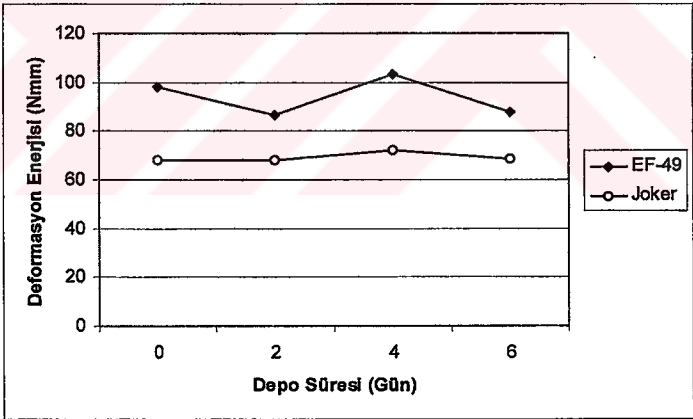
Şekil 4. 7. Domates çeşitleri için kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon-depo süresi değişimi



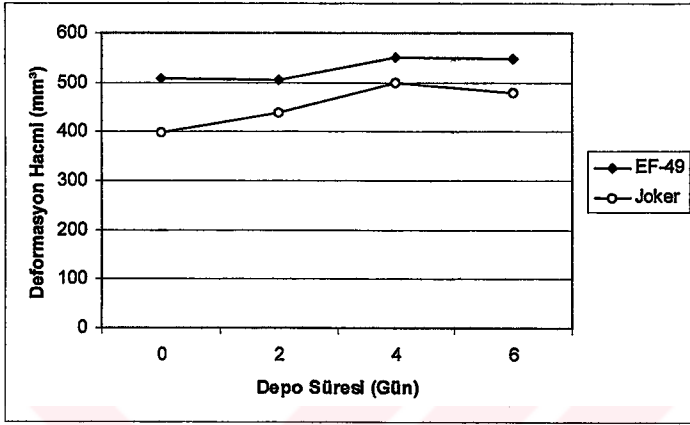
Şekil 4. 8. Domates çeşitleri için kabuk yırtılma noktasındaki kuvvet-depo süresi değişimi



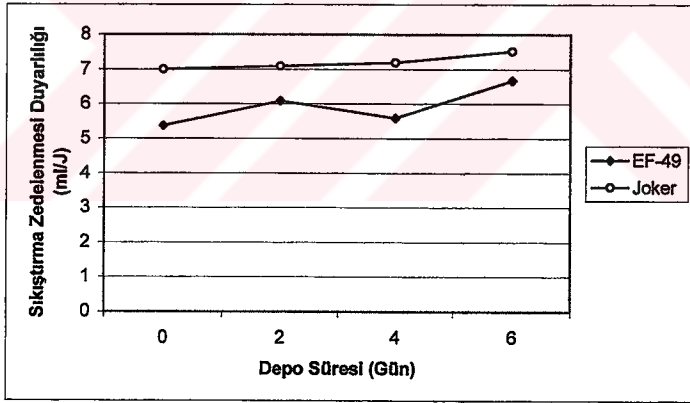
Şekil 4. 9. Domates çeşitleri için elastiklik modülü-depo süresi değişimi



Şekil 4. 10. Domates çeşitleri için deformasyon enerjisi-depo süresi değişimi



Şekil 4. 11. Domates çeşitleri için deformasyon hacmi-depo süresi değişimi



Şekil 4. 12. Domates çeşitleri için sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı-depo süresi değişimi

Hıyar için olduğu gibi domates için de iki yönlü faktöriyel düzende yapılan varyans analizi sonucu belirlenen etkileşimler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Deneş ölçüm ve hesaplama değerlerine domates çeşidi ve depo süresinin etkisi

Deneş ölçüm ve hesaplama değerleri	Çeşit	Depo süresi	Çeşit x Depo süresi
Deformasyon (ΔD) (mm)	xx	-	-
Kuvvet (F) (N)	-	x	-
Elastiklik modülü (E) (N/mm ²)	-	x	-
Deformasyon enerjisi (E _A) (Nmm)	xx	-	-
Deformasyon hacmi (V _A) (mm ³)	xx	-	-
Sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı (C _s) (ml/J)	xx	-	-

xx P<0.01

x P<0.05

- Her iki (P<0.01 ve P<0.05) önem seviyesinde de etkisiz

Domates için yapılan denemelerle yapılan ölçüm ve hesaplamalardan elde edilen değerlere ilişkin ortalamalar ve standart hatalar ile istatistiksel açıdan farkın önemli olduğu koşullar için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre domates çeşitleri arasındaki fark kuvvet ve elastiklik modülü dışındaki ölçüm ve hesaplamaları belirgin olarak etkilemiştir. Joker çeşidi, EF-49 çeşidine göre zedelenmeye daha duyarlıdır. Depolama süresi istatistiksel olarak sadece Joker çeşidinin kuvvet ve elastiklik modülü değerleri üzerinde etkilidir.

4.3. Armut için Yapılan Ölçüm ve Hesaplama Sonuçları

4.3.1. Sıkıştırma testi sonuçları

Poisson oranı değerleri ortalaması ve standart hatası Williams çeşidi için 0.3015 ± 0.0109 , Ankara çeşidi için 0.427 ± 0.012 olarak bulunmuştur. Armut için yapılan sıkıştırma testleri sonucunda oluşturulan kuvvet-deformasyon grafiklerinden elde edilen biyolojik akma noktasındaki deformasyon, kuvvet, elastiklik modülü, deformasyon

Çizelge 4. 4. Domates çeşitleri için deney ölçtüm ve hesaplama değer ortalamaları, standart hataları ile Duncan testi sonuçları

DOMATES	ΔD (mm)	F (N)	E (N/mm ²)	E _A (N/mm)	V _A (mm ³)	C _S (ml/J)	
Çeşit 1) Depo süresi (Gtn)	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	
	a	A	A	a	A	A	
	0	10.1 ± 0.495	19.25 ± 0.821	0.183 ± 0.09	98.24 ± 7.375	507.36 ± 24.887	5.361 ± 0.24
	a	A	A	a	A	A	A
	2	10.03 ± 0.615	16.95 ± 0.888	0.163 ± 0.01	86.37 ± 8.325	503.72 ± 30.917	6.088 ± 0.312
	a	A	A	a	A	A	A
EF-49 (ÇEŞİT 1)	a	A	A	a	A	A	
	4	10.98 ± 0.539	18.42 ± 0.88	0.158 ± 0.004	102.99 ± 8.779	551.7 ± 27.079	5.59 ± 0.285
	a	A	A	a	A	A	A
	6	10.9 ± 0.636	15.56 ± 0.842	0.135 ± 0.004	87.45 ± 9.517	547.77 ± 31.951	6.675 ± 0.369
	a	A	A	a	A	A	A
	b	A	A	a	b	A	A
JOKER (ÇEŞİT 2)	a	A	B	a	B	A	
	0	7.91 ± 1.216	21.19 ± 8.12	0.404 ± 0.264	67.92 ± 13.05	397.63 ± 61.083	6.995 ± 1.303
	a	A	B	a	B	A	A
	2	8.75 ± 0.562	14.98 ± 1.022	0.162 ± 0.008	67.85 ± 8.427	439.44 ± 28.244	7.089 ± 0.525
	a	A	B	a	B	A	A
	4	9.94 ± 0.564	14.31 ± 0.613	0.138 ± 0.007	72.06 ± 6.219	499.47 ± 28.347	7.188 ± 0.355
JOKER (ÇEŞİT 2)	a	A	B	a	B	A	
	6	9.51 ± 0.742	13.98 ± 0.944	0.142 ± 0.009	68.75 ± 8.406	478.01 ± 37.278	7.514 ± 0.488

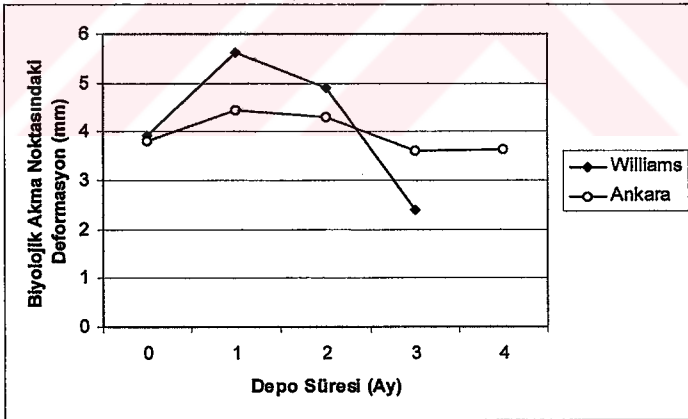
* Aynı çeşitte farklı büyük harf olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Depo sürelerinin karşılaştırılması)

Aynı depolama süresinde farklı küçük harf olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Çeşitlerin karşılaştırılması)

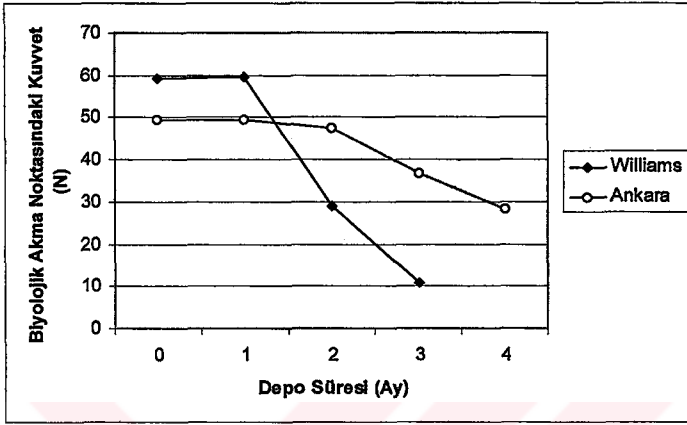
enerjisi, deformasyon hacmi ve sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı değerlerinin çeşit ve depolama süresine göre değişimlerini veren grafikler Şekil 4.13...4.18'de verilmektedir.

Depo süresine göre biyolojik akma noktasındaki kuvvet değişimini veren Şekil 4.14 incelendiğinde Williams çeşidi için 1. aydan, Ankara çeşidi için 2. aydan sonra belirgin bir düşüş olduğu görülmektedir. Yani bu depolama sürelerinden sonra ürüne zarar vermeden uygulanabilecek kuvvet değerleri azalmaktadır. Her iki çeşit de depolama süresiyle elastikiyetlerini kaybetmektedir (Şekil 4.15). Williams çeşidinin elastiklik kaybı daha hızlı olmuştur.

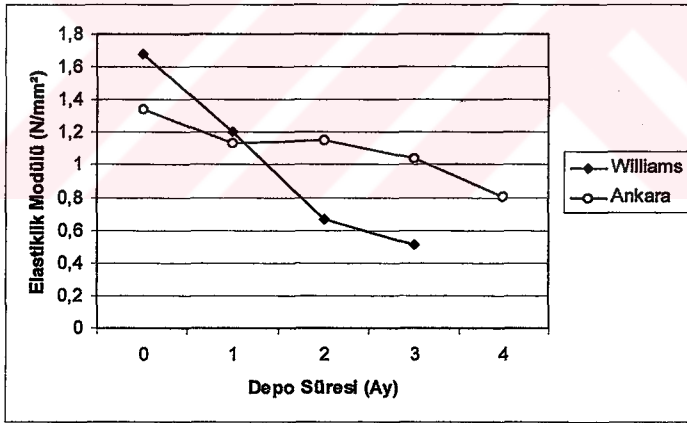
Her iki çeşit için de depolama süresiyle biyolojik akma noktasına kadar absorbe edilen enerji ile deformasyon hacmi değişimleri birbirine paralel olmuştur (Şekil 4.16 ve Şekil 4. 17). Depolama süresiyle sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı her iki çeşit için de artmakta yani ürünler hassaslaşmaktadır (Şekil 4.18). Artış Williams çeşidi için 1. aydan, Ankara çeşidi için 2. aydan sonra olup Williams çeşidi için artış daha büyük olmuştur.



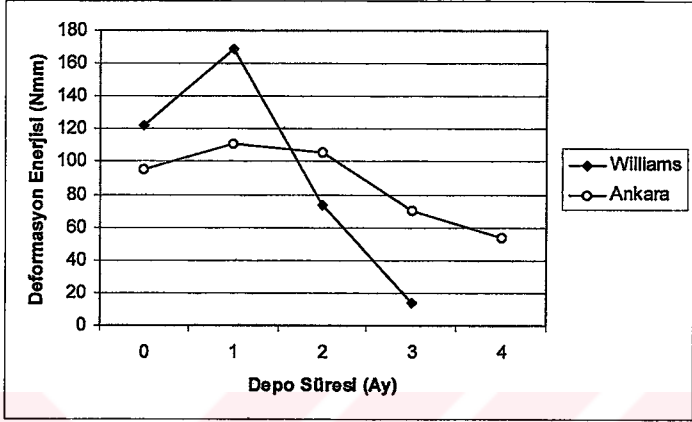
Şekil 4.13. Armut çeşitleri için biyolojik akma noktasındaki deformasyon-depo süresi değişimi



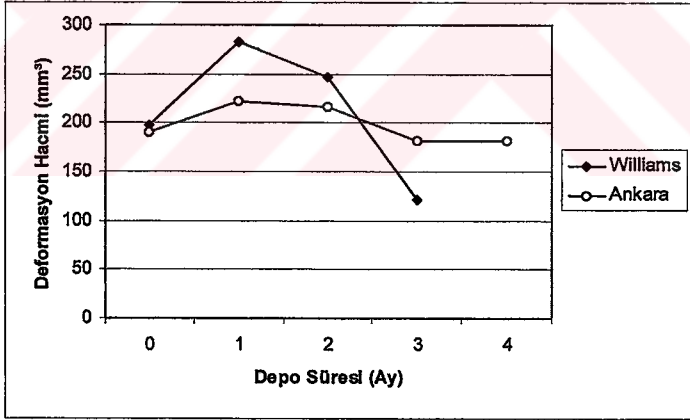
Şekil 4. 14. Armut çeşitleri için biyolojik akma noktasındaki kuvvet-depo süresi değişimi



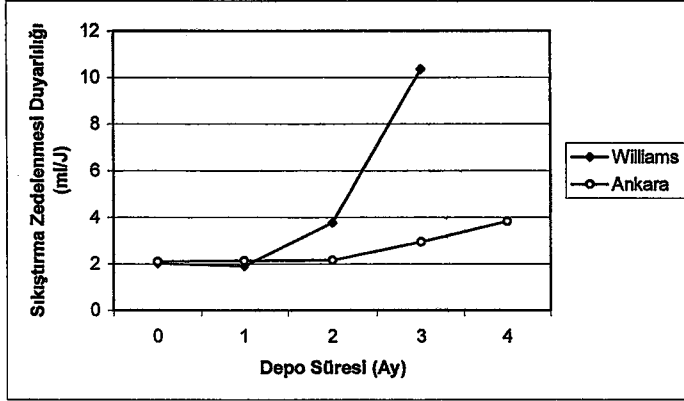
Şekil 4. 15. Armut çeşitleri için elastiklik modülü-depo süresi değişimi



Şekil 4. 16. Armut çeşitleri için deformasyon enerjisi-depo süresi değişimi



Şekil 4. 17. Armut çeşitleri için deformasyon hacmi-depo süresi değişimi



Şekil 4. 18. Armut çeşitleri için sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı-depo süresi değişimi

Armut için iki yönlü faktöriyel düzende yapılan varyans analizi sonucu belirlenen etkileşimler Çizelge 4.5'da verilmiştir. Ankara çeşidi için 4. ayda yapılan ölçümler, Williams çeşidi için 4. ay değerleri olmadığından istatistiksel analize dahil edilmemiştir.

Çizelge 4. 5. Sıkıştırma testi ölçüm ve hesaplama değerlerine armut çeşidi ve depo stresinin etkisi

Sıkıştırma testi ölçüm ve hesaplama değerleri	Çeşit	Depo süresi	Çeşit x Depo süresi
Deformasyon (ΔD) (mm)	xx	xx	xx
Kuvvet (F) (N)	xx	xx	xx
Elastiklik modülü (E) (N/mm^2)	xx	xx	xx
Deformasyon enerjisi (E_A) (Nmm)	xx	xx	xx
Deformasyon hacmi (V_A) (mm^3)	xx	xx	xx
Sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı (C_s) (ml/J)	xx	xx	xx

xx $P < 0.01$

Armut için yapılan sıkıştırma testi ölçüm ve hesaplama değerlerine ait ortalamalar ve standart hatalar ile Duncan testi sonuçları tablo Çizelge 4.6'de görülmektedir.

Armut için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre çeşit, depo süresi ve çeşit x depo süresi tüm ölçüm ve hesaplamaları belirgin bir şekilde etkilemiştir. Sadece Ankara

Çizelge 4. 6. Armut çeşitleri için sıkıştırma testi ölçüm ve hesaplama değer ortalamaları, standart hataları ile Duncan testi sonuçları

ARMUT	AD (mm)	F (N)	E (N/mm ²)	E _A (Nmm)	V _{A₃} (mm ³)	C _s (ml/J)
Çeşit 1) WILLIAMS	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$
	a	a	a	a	a	a
	3.92 ± 0.225	59.12 ± 5.534	1.678 ± 0.11	121.8 ± 15.253	197.16 ± 11.32	2.007 ± 0.312
	1	a	b	a	a	a
	5.63 ± 0.182	59.56 ± 4.389	1.207 ± 0.088	169.15 ± 14.94	282.79 ± 9.13	1.899 ± 0.234
2	a	b	c	a	a	a
	4.9 ± 0.281	28.96 ± 2.45	0.669 ± 0.043	73.55 ± 9.804	246.25 ± 14.14	3.76 ± 0.347
3	b	b	c	b	b	a
	2.4 ± 0.165	10.91 ± 1.327	0.511 ± 0.042	13.92 ± 2.77	120.59 ± 8.29	10.356 ± 1.012
0	a	b	a	a	a	a
	3.8 ± 0.135	49.63 ± 2.855	1.34 ± 0.07	95.01 ± 7.15	191.07 ± 6.76	2.094 ± 0.122
1	b	b	a	b	b	a
	4.43 ± 0.161	49.31 ± 3.089	1.137 ± 0.06	110.75 ± 9.51	222.3 ± 8.06	2.131 ± 0.137
2	a	a	a	a	a	b
	4.3 ± 0.293	47.58 ± 2.272	1.155 ± 0.045	105.41 ± 12.00	216.15 ± 14.76	2.162 ± 0.097
3	a	a	b	a	a	b
	3.62 ± 0.263	36.57 ± 3.58	1.037 ± 0.062	70.08 ± 12.74	182.00 ± 13.2	2.942 ± 0.209
4		28.33	0.809	53.946	182	3.823

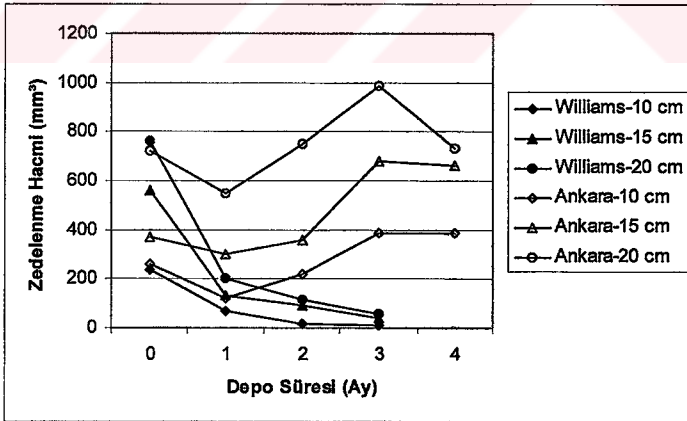
*Aynı çeşitte farklı büyük harf olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Depo sürelerinin karşılaştırılması)

Aynı depolama süresinde farklı küçük harf olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Çeşitlerin karşılaştırılması)

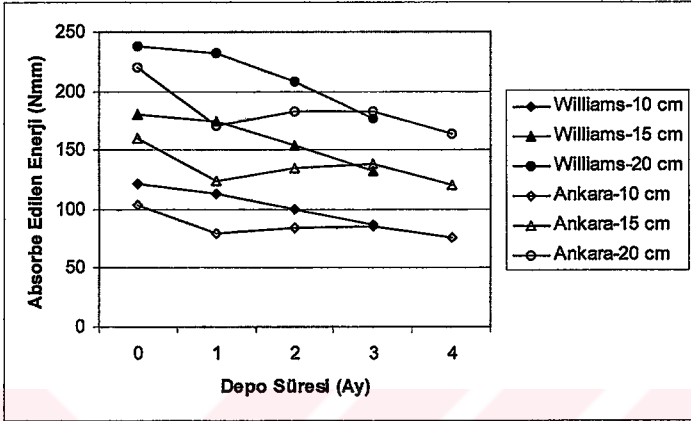
çeşidi için depolama süresine göre sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Başlangıçta sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı hemen hemen aynı olan iki çeşit arasındaki fark 1. aydan sonra ortaya çıkmıştır. 1. aydan sonra Williams çeşidinin zedelenmeye karşı hassasiyeti Ankara çeşidine göre oldukça fazla olmuştur.

4.3.2. Çarpma testi sonuçları

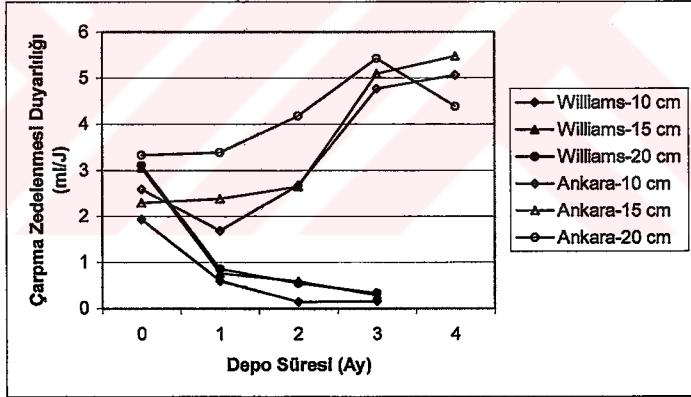
Denemeye alınan Williams çeşidi armutların ağırlıkları 91.7-167 g arasında, ortalama 131.2 g, Ankara çeşidinin ağırlıkları 78.9-174.8 g arasında, ortalama 117.4 g olarak ölçülmüştür. Çarpma testleri sonucunda zedelenme hacmi, absorbe edilen enerji ve çarpma zedelenmesi duyarlılığı değerlerinin çeşit ve depolama süresine göre değişimlerini veren grafikler Şekil 4.19...4.21’de verilmektedir. Şekiller incelendiğinde düşme yüksekliklerine göre değişimlerin genelde paralel olduğu görülmektedir. Şekil 4.21’de de görüldüğü gibi çarpma zedelenmesi duyarlılığı depolama süresiyle Williams çeşidi için azalmaktadır yani bu çeşit çarpma zedelenmesine karşı daha dayanıklı hale gelmektedir. Ankara çeşidi ise depo süresiyle çarpma zedelenmesine karşı hassaslaşmaktadır.



Şekil 4. 19. Armut çeşitleri için çarpma testi sonucu oluşan zedelenme hacmi-depo süresi değişimi



Şekil 4. 20. Armut çeşitleri için çarpma testi sonucu absorbe edilen enerji-depo süresi değişimi



Şekil 4. 21. Armut çeşitleri için çarpma zedelenmesi duyarlılığı-depo süresi değişimi

Armut için çarpma test sonuçlarına uygulanan üç yönlü faktöriyel düzende yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.7'de görülmektedir. Sıkıştırma test sonuçlarının değerlendirilmesinde de olduğu gibi Ankara çeşidine ait 4. ay ölçüm sonuçları istatistiksel analiz dışında bırakılmıştır.

Çizelge 4. 7. Çarpma testi ölçüm ve hesaplama değerlerine armut çeşidi, depo süresi ve düşme yüksekliğinin etkisi

Çarpma testi ölçüm ve hesaplama değerleri	Çeşit	Depo süresi	Düşme yüksekliği	Çeşit x Depo süresi	Çeşit x Düşme yüksekliği	Depo süresi x Düşme yüksekliği	Çeşit x Depo süresi x Düşme yüksekliği
Zedelenme hacmi (V_z) (mm^3)	xx	xx	xx	xx	xx	-	x
Absorbe edilen enerji (E_{abs}) (Nmm)	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Çarpma zedelenmesi duyarlılığı (C_c) (ml/J)	xx	xx	xx	xx	-	-	-

xx P<0.01

x P<0.05

- Her iki (P<0.01 ve P<0.05) önem seviyesinde de etkisiz

Çarpma testi ölçüm ve hesaplama değerleri ortalamaları ve standart hataları ile istatistiksel olarak değerler arasındaki farkın önemli bulunduğu durumda uygulanan Duncan testi sonuçlarını içeren tablo Çizelge 4.8'da verilmiştir.

Armut çarpma testi için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre çeşit, depo süresi, düşme yüksekliği, çeşit x depo süresi tüm değerleri belirgin bir şekilde etkilemiştir. Çeşit x düşme yüksekliği, depo süresi x düşme yüksekliği ve çeşit x depo süresi x düşme yüksekliği interaksiyonları çarpma zedelenmesi duyarlılığı için önemsizdir. Depo süresi x düşme yüksekliği interaksiyonu zedelenme hacmi için bulunmamıştır.

Williams çeşidi için zedelenme hacminin depolama süresiyle değişimi azalma şeklinde olup 1. ay ve sonraki değerler arasında istatistiksel açıdan fark yoktur. Ankara çeşidi için artan zedelenme hacmi değerleri arasında 3. ay değerleri en belirgin artışı göstermektedir.

Williams çeşidi için depolama süresiyle azalan çarpma zedelenmesi duyarlılığı değerleri arasında 1. aydan sonra istatistiksel olarak fark görülmemektedir. Ankara çeşidinin depolama süresiyle artan çarpma zedelenmesi duyarlılığı arasındaki farklılık 2. aydan sonra daha belirgin olmuş, istatistiksel farklılık 3. ayda ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. 8. Armut çeşitleri için çarpma testi ölçüm ve hesaplama değer ortalamaları, standart hataları ile Duncan testi sonuçları

ARMUT			V_z (mm ³)	E_{abs} (Nmm)	$C_ç$ (ml/J)
Çeşit	Depo Stresi (Ay)	Yükseklik (cm)	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
WILLIAMS (ÇEŞİT 1)	0	10	a 1 C 238.42 ± 32.06	a 1 C 120.87 ± 4.28	a 1 A 1.925 ± 0.248
		15	a 1 B 558.63 ± 86.62	a 1 B 180.4 ± 6.31	a 1 A 3.057 ± 0.446
		20	a 1 A 762.97 ± 110.74	a 1 A 237.8 ± 8.59	a 1 A 3.105 ± 0.397
	1	10	b 1 A 68.43 ± 23.74	b 1 C 112.94 ± 3.88	b 1 A 0.594 ± 0.198
		15	b 1 A 133.86 ± 30.58	b 1 B 174.13 ± 5.99	b 2 A 0.760 ± 0.172
		20	b 2 A 201.46 ± 45.16	b 1 A 232.05 ± 7.99	b 2 A 0.855 ± 0.181
	2	10	b 2 A 15.16 ± 6.7	c 1 C 99.97 ± 4.66	b 2 A 0.147 ± 0.069
		15	b 2 A 92.44 ± 28.98	c 1 B 153.3 ± 6.14	b 2 A 0.589 ± 0.179
		20	b 2 A 115.49 ± 43.6	c 1 A 207.73 ± 7.88	b 2 A 0.547 ± 0.198
	3	10	b 2 A 13.9 ± 9.5	d 1 C 86.78 ± 2.62	b 2 A 0.156 ± 0.11
		15	b 2 A 40.16 ± 26.43	d 2 B 132.14 ± 4.05	b 2 A 0.286 ± 0.172
		20	b 2 A 56.87 ± 38.38	d 2 A 177.05 ± 5.19	b 2 A 0.335 ± 0.226

Çizelge 4. 8 devam

ARMUT			$V_z(\text{mm}^3)$	$E_{\text{abs}}(\text{Nmm})$	$C_\varphi(\text{ml/J})$
Çeşit	Depo Süresi (Ay)	Yükseklik (cm)	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	$\bar{X} \pm S\bar{X}$
ANKARA (ÇEŞİT 2)	0	10	ab 1 B 262 ± 50.5	a 2 C 103.64 ± 5.11	b 1 A 2.586 ± 0.549
		15	b 2 B 368.35 ± 69.79	a 2 B 160.21 ± 9.29	b 1 A 2.293 ± 0.43
		20	b 1 A 720.47 ± 103.99	a 2 A 220.23 ± 11.7	b 1 A 3.327 ± 0.444
	1	10	b 1 C 121.52 ± 41.49	d 2 C 78.99 ± 5.68	b 1 B 1.683 ± 0.629
		15	b 1 B 299.40 ± 59.14	d 2 B 124.01 ± 9.33	b 1 AB 2.380 ± 0.436
		20	c 1 A 550.31 ± 94.28	c 2 A 170.84 ± 12.84	b 1 A 3.383 ± 0.569
	2	10	ab 1 B 217.09 ± 27.48	c 2 C 84.54 ± 4.52	b 1 B 2.669 ± 0.371
		15	b 1 B 359.44 ± 69.84	c 2 B 134.49 ± 6.57	b 1 B 2.643 ± 0.438
		20	b 1 A 752.56 ± 71.65	b 2 A 182.52 ± 9.09	b 1 A 4.179 ± 0.382
	3	10	a 1 C 387.1 ± 101.71	b 2 C 84.83 ± 3.62	a 1 A 4.767 ± 1.247
		15	a 1 B 678.54 ± 68.79	b 1 B 137.79 ± 6.66	a 1 A 5.088 ± 0.565
		20	a 1 A 988.98 ± 161.11	b 1 A 182.39 ± 7.41	a 1 A 5.420 ± 0.863
4	10	384.65	0.0763	5.0574	
	15	662.75	0.120	5.4703	
	20	731.62	0.163	4.387	

* Aynı çeşit aynı depolama süresinde farklı büyük harfi olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Düşme yüksekliklerinin karşılaştırılması)

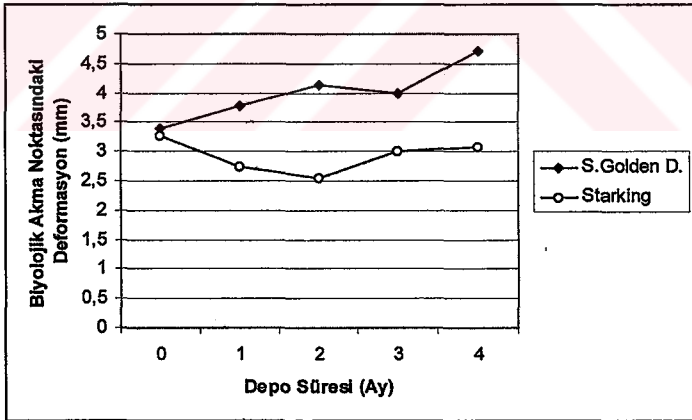
Aynı çeşit aynı düşme yüksekliğinde farklı küçük harfi olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Depolama sürelerinin karşılaştırılması)

Aynı depolama süresi aynı düşme yüksekliğinde farklı rakam olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Çeşitlerin karşılaştırılması)

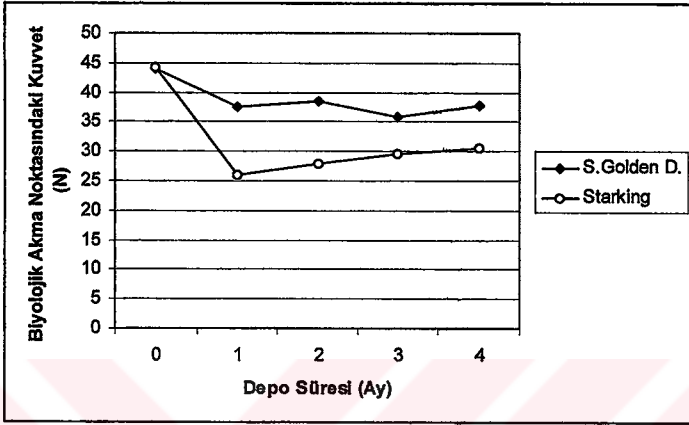
4.4. Elma İçin Yapılan Ölçüm ve Hesaplama Sonuçları

4.4.1. Sıkıştırma testi sonuçları

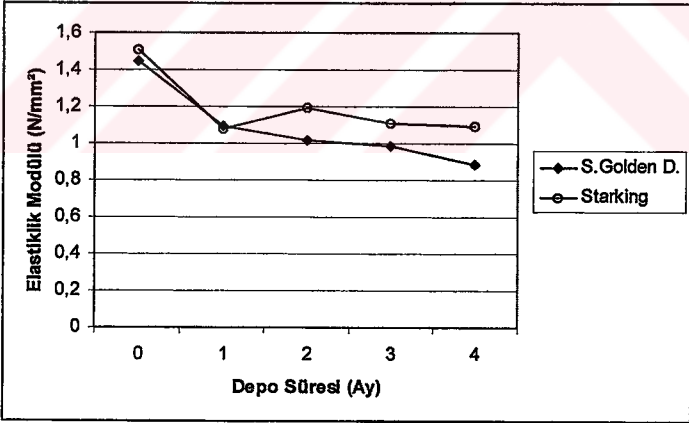
Poisson oranı değerleri ortalaması ve standart hatası Starkspur Golden Delicious çeşidi için 0.367 ± 0.007 , Starking çeşidi için 0.342 ± 0.009 olarak bulunmuştur. Sıkıştırma testleriyle her bir deneme elmasıyla oluşturulan kuvvet-deformasyon grafiklerinden elde edilen biyolojik akma noktasındaki deformasyon, kuvvet, elastiklik modülü, deformasyon enerjisi, deformasyon hacmi ve sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı değerlerinin çeşit ve depolama süresine göre değişimlerini veren grafikler Şekil 4.22...4.27'de verilmektedir. Şekil 4.23 incelendiğinde biyolojik akma noktasındaki kuvvetin her iki çeşit için de 1. ayda belirgin düşüş gösterdiği görülmektedir. Starking çeşidi daha elastik olup her iki çeşit de depolama süresiyle elastikiyetini kaybetmektedir (Şekil 4.24). Starking çeşidi için 2. aya kadar sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı artmış, 2. aydan sonra azalmıştır (Şekil 4.27). Starkspur Golden Delicious çeşidi için ise sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı depolama süresiyle artmıştır.



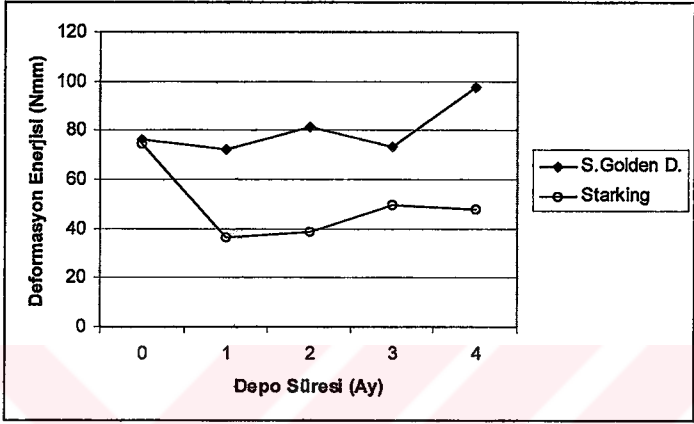
Şekil 4. 22. Elma çeşitleri için biyolojik akma noktasındaki deformasyon-depo süresi değişimi



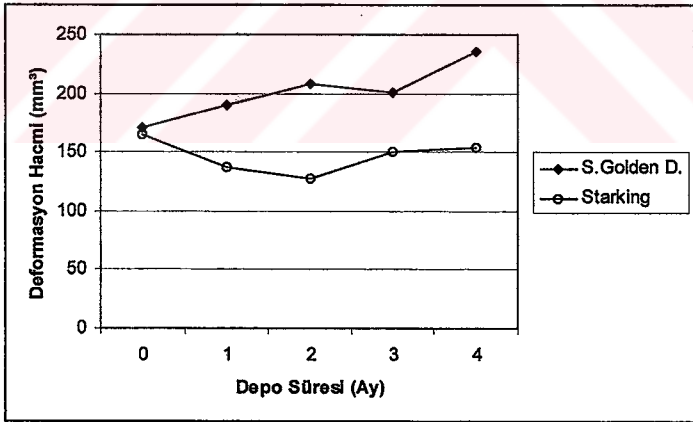
Şekil 4. 23. Elma çeşitleri için biyolojik akma noktasındaki kuvvet-depo süresi değişimi



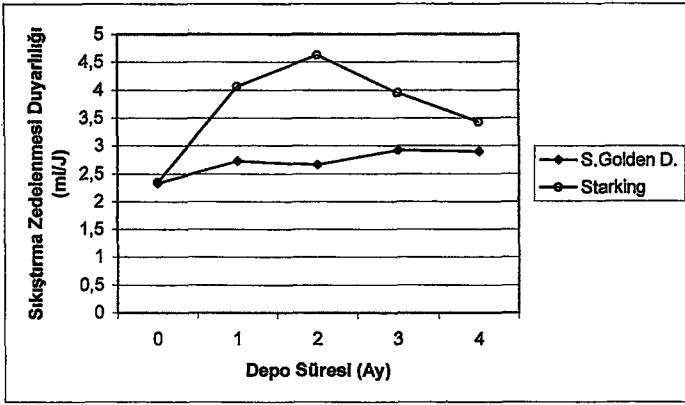
Şekil 4. 24. Elma çeşitleri için elastiklik modülü-depo süresi değişimi



Şekil 4. 25. Elma çeşitleri için deformasyon enerjisi-depo süresi değişimi



Şekil 4. 26. Elma çeşitleri için deformasyon hacmi-depo süresi değişimi



Şekil 4. 27. Elma çeşitleri için sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı-depo süresi değişimi

Elma için sıkıştırma test sonuçlarına uygulanan iki yönlü faktöriyel düzende varyans analizi sonucu belirlenen etkileşimler Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Elma için yapılan sıkıştırma testi ölçüm ve hesaplama değerlerine ait ortalamalar ve standart hatalar ile Duncan testi sonuçlarını içeren tablo Çizelge 4.10'de görülmektedir.

Çizelge 4. 9. Sıkıştırma testi ölçüm ve hesaplama değerlerine elma çeşidi ve depo süresinin etkisi

Sıkıştırma testi ölçüm ve hesaplama değerleri	Çeşit	Depo süresi	Çeşit x Depo süresi
Deformasyon (ΔD) (mm)	-	xx	xx
Kuvvet (F) (N)	x	xx	xx
Elastiklik modülüt (E) (N/mm^2)	xx	xx	xx
Deformasyon enerjisi (E_A) (Nmm)	-	xx	xx
Deformasyon hacmi (V_A) (mm^3)	-	xx	xx
Sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı (C_S) (ml/J)	xx	xx	xx

xx $P < 0.01$

x $P < 0.05$

- Her iki ($P < 0.01$ ve $P < 0.05$) önem seviyesinde de etkisiz

Çizelge 4. 10. Elma çeşitleri için sıkıştırma testi ölçüm ve hesaplama değer ortalamaları, standart hataları ile Duncan testi sonuçları

ELMA	ΔD (mm)	F (N)	E (N/mm ²)	E _A (N/mm)	V _A (mm ³)	C _s (mJ/J)
Çeşit Depo süresi (Ay)	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
STARSPUR GOLDEN DELICIOUS (ÇEŞİT 1)	0	B a 44.05 ± 1.554	A a 1.447 ± 0.06	A a 76.29 ± 6.93	A a 170.45 ± 10.99	B a 2.324 ± 0.087
	1	B a 37.57 ± 1.646	AB a 1.093 ± 0.047	B a 72.33 ± 7.11	A a 189.85 ± 11.19	B b 2.725 ± 0.118
	2	AB a 38.5 ± 1.610	AB b 1.014 ± 0.024	BC a 81.22 ± 7.52	A a 207.86 ± 11.05	AB b 2.658 ± 0.115
	3	AB a 35.93 ± 1.957	B a 0.984 ± 0.042	BC a 73.41 ± 7.56	A a 200.17 ± 11.64	AB a 2.916 ± 0.204
STARSTARKING (ÇEŞİT 2)	0	A a 44.35 ± 2.127	A a 1.507 ± 0.057	A a 97.76 ± 22.34	A a 236.17 ± 28.6	A a 2.896 ± 0.282
	1	B a 25.95 ± 1.738	B a 1.074 ± 0.066	B a 36.41 ± 4.72	B a 164.91 ± 8.43	A a 2.339 ± 0.120
	2	A b 27.91 ± 2.884	B a 1.192 ± 0.046	B a 38.79 ± 5.88	B a 137.56 ± 9.77	A a 4.064 ± 0.267
	3	A b 29.55 ± 3.305	B a 1.111 ± 0.057	B a 49.39 ± 9.97	B a 127.67 ± 11.29	A a 4.628 ± 1.071
STARSTARKING (ÇEŞİT 2)	4	A b 30.43 ± 1.877	B a 1.096 ± 0.039	B a 47.78 ± 4.98	B a 150.79 ± 18.18	A a 3.945 ± 0.518
					A a 154.17 ± 8.66	A a 3.427 ± 0.26

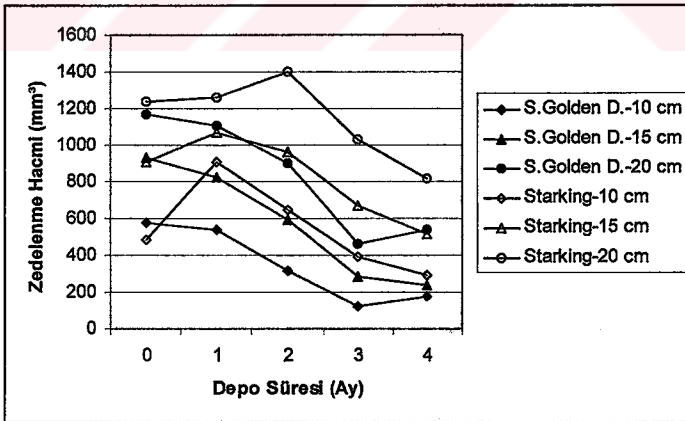
*Aynı çeşitte farklı büyük harf olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Depo sürelerinin karşılaştırılması)

Aynı depolama süresinde farklı küçük harf olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Çeşitlerin karşılaştırılması)

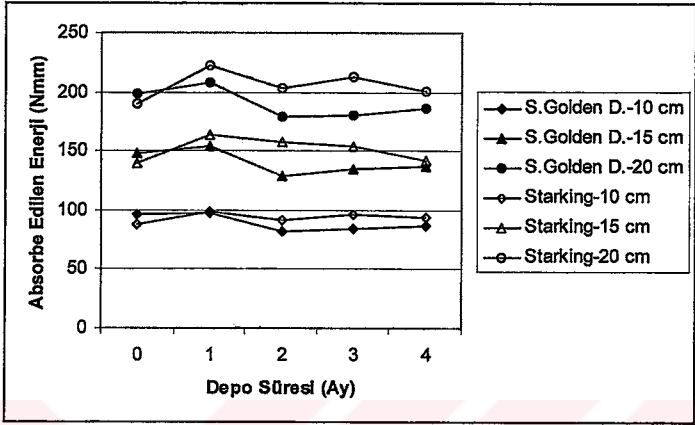
Varyans analizi sonuçlarına göre elma için çeşidin, deformasyon, deformasyon enerjisi ve deformasyon hacmi değerleri üzerinde etkisi önemsizdir. Çeşit, depo süresi ve çeşit x depo süresinin diğer ölçüm ve hesaplamalar üzerinde etkisi olduğu bulunmuştur. Starkspur Golden Delicious çeşidi için sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı üzerinde depo süresinin istatistiksel olarak etkisi önemsizdir. Starking için ise 1. aydan sonraki değerler arasında 4. ay değeri hariç fark görülmemiştir. Starking çeşidi Starkspur Golden Delicious çeşidine göre sıkıştırma zedelenmesine karşı daha duyarlıdır.

4.4.2. Çarpma testi sonuçları

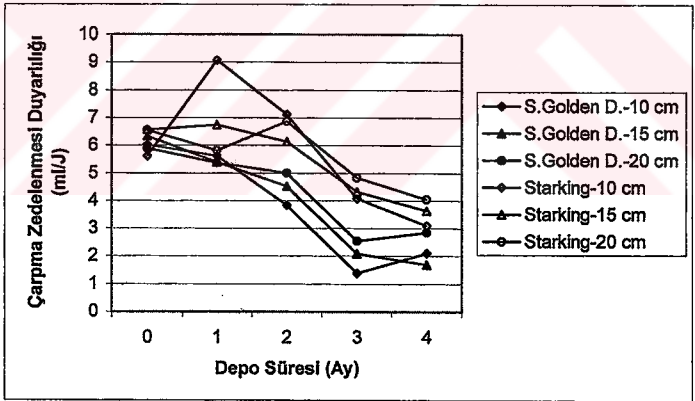
Denemeye alınan Starkspur Golden Delicious çeşidi elmaların ağırlıkları 87.5-165.8 g arasında, ortalama 124 g, Starking çeşidinin ağırlıkları 91.8-163.4 g arasında, ortalama 134.8 g olarak ölçülmüştür. Elma için çarpma testleri sonucunda oluşturulan zedelenme hacmi, absorbe edilen enerji ve çarpma zedelenmesi duyarlılığı değerlerinin çeşit ve depolama süresine göre değişimlerini veren grafikler Şekil 4.28...4.30'da verilmektedir. Armut için olduğu gibi düşme yüksekliklerine göre değişimler genelde paralel olmuştur. Şekil 4.30 incelendiğinde her iki çeşit için de depolama süresindeki artışla çarpma zedelenmesine karşı duyarlılığın azaldığı görülmektedir.



Şekil 4. 28. Elma çeşitleri için çarpma testi sonucu oluşan zedelenme hacmi-depo süresi değişimi



Şekil 4. 29. Elma çeşitleri için çarpma testi sonucu absorbe edilen enerji-depo süresi değişimi



Şekil 4. 30. Elma çeşitleri için çarpma zedelenmesi duyarlılığı-depo süresi değişimi

Elma için çarpma testleri sonuçlarına uygulanan üç yönlü faktöriyel düzende yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11'de verilmektedir.

Elma için yapılan çarpma testi ölçüm ve hesaplama değerleri ortalamaları ve standart hataları ile istatistiksel olarak farkın önemli bulunduğu durumlar için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.12'de verilmektedir.

Varyans analizi sonuçlarına göre zedelenme hacmi üzerinde çeşit x düşme yüksekliği, depo süresi x düşme yüksekliği ve çeşit x depo süresi x düşme yüksekliği interaksiyonunun olmadığı, çarpma zedelenmesi duyarlılığı üzerinde ise düşme yüksekliği, çeşit x düşme yüksekliği ve çeşit x depo süresi x düşme yüksekliği interaksiyonunun olmadığı belirlenmiştir. Diğer faktörler ise sonuçları etkilememektedir.

Çarpma zedelenmesi duyarlılığı farklılığı Starkspur Golden Delicious için 1. aydan sonra önemli olurken, Starking için genel olarak 2. aydan sonra önemli olmuştur. Her iki çeşit için de depolama süresiyle çarpma zedelenmesine dayanım artmakta olup Starking çeşidi Starkspur Golden Delicious çeşidine göre çarpma zedelenmesine karşı daha duyarlıdır.

Çizelge 4. 11. Çarpma testi ölçüm ve hesaplama değerlerine elma çeşidi, depo süresi ve düşme yüksekliğinin etkisi

Çarpma testi ölçüm ve hesaplama değerleri	Çeşit	Depo süresi	Düşme yüksekliği	Çeşit x Depo süresi	Çeşit x Düşme yüksekliği	Depo süresi x Düşme yüksekliği	Çeşit x Depo süresi x Düşme yüksekliği
Zedelenme hacmi (V_z) (mm ³)	xx	xx	xx	xx	-	-	-
Absorbe edilen enerji (E_{abs}) (Nmm)	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Çarpma zedelenmesi duyarlılığı (C_c)(ml/J)	xx	xx	-	x	-	xx	-

xx P<0.01

x P<0.05

- Her iki (P<0.01 ve P<0.05) önem seviyesinde de etkisiz

Çizelge 4. 12. Elma çeşitleri için çarpma testi ölçüm ve hesaplama değer ortalamaları, standart hataları ile Duncan testi sonuçları

ELMA		V_z (mm ³)	E_{abs} (Nmm)	C_q (ml/J)	
Çeşit	Depo Süresi (Ay)	Yükseklik (cm)	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	
STARSPUR GOLDEN DELICIOUS (ÇEŞİT 1)	0	10	a 1 C 575.74 ± 46.7	b 1 C 96.22 ± 1.75	a 1 A 6.026 ± 0.523
		15	a 1 B 934.53 ± 44.57	b 1 B 147.95 ± 2.18	a 1 A 6.332 ± 0.305
		20	a 1 A 1166.3 ± 62.98	b 1 A 198.87 ± 2.7	a 1 A 5.892 ± 0.348
	1	10	a 2 C 541.31 ± 69.16	a 2 C 97.47 ± 4.23	a 2 A 5.608 ± 0.75
		15	a 2 B 826.72 ± 78.8	a 2 B 154.14 ± 6.99	ab 2 A 5.379 ± 0.544
		20	a 1 A 1108.66 ± 77.29	a 2 A 208.32 ± 9.49	a 1 A 5.359 ± 0.400
	2	10	b 2 C 314.3 ± 25.28	e 2 C 81.82 ± 2.81	b 2 A 3.835 ± 0.282
		15	b 2 B 591.91 ± 67.11	e 2 B 128.81 ± 4.57	b 2 A 4.512 ± 0.412
		20	b 2 A 898.78 ± 84.72	e 2 A 178.65 ± 7.23	a 2 A 4.987 ± 0.349
	3	10	b 2 B 119.91 ± 36.83	d 2 C 84 ± 1.44	c 2 A 1.385 ± 0.412
		15	c 2 AB 286.04 ± 58.99	d 2 B 134.62 ± 2.87	c 2 A 2.085 ± 0.416
		20	c 2 A 463.92 ± 70.8	d 2 A 179.78 ± 3.47	b 2 A 2.548 ± 0.364
	4	10	b 1 B 174.79 ± 71.56	c 2 C 86.81 ± 2.23	c 1 A 2.097 ± 0.887
		15	c 2 B 237.86 ± 73.72	c 2 B 136.54 ± 3.36	c 2 A 1.703 ± 0.518
		20	c 2 A 537.51 ± 115.76	c 2 A 185.85 ± 4.03	b 1 A 2.853 ± 0.599

Çizelge 4.12 devam

ELMA			V_z (mm ³)	E_{abs} (Nmm)	C_c (ml/J)
Çeşit	Depo Süresi (Ay)	Yükseklik (cm)	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
STARLING (ÇEŞİT 2)	0	10	bc 1 C 487.19 ± 42.71	e 2 C 87.57 ± 2.37	c 1 A 5.608 ± 0.481
		15	a 1 B 908.2 ± 62.89	e 2 B 139.16 ± 4.08	a 1 A 6.555 ± 0.448
		20	a 1 A 1241.2 ± 68.43	e 2 A 189.71 ± 5.49	a 1 A 6.545 ± 0.331
	1	10	a 1 B 909.68 ± 140.65	a 1 C 99.06 ± 3.04	a 1 A 9.072 ± 1.280
		15	a 1 B 1066.82 ± 146.75	a 1 B 162.97 ± 7.44	a 1 B 6.741 ± 0.851
		20	a 1 A 1258.73 ± 188.39	a 1 A 222.91 ± 10.09	ab 1 B 5.810 ± 0.841
	2	10	b 1 C 647.7 ± 65.65	d 1 C 91.53 ± 3.33	b 1 A 7.115 ± 0.664
		15	a 1 B 964.25 ± 86.99	b 1 B 157 ± 5.71	a 1 A 6.129 ± 0.487
		20	a 1 A 1400.07 ± 122.62	c 1 A 202.64 ± 7.74	a 1 A 6.860 ± 0.456
	3	10	c 1 C 393.81 ± 49.74	b 1 C 96.44 ± 2.16	d 1 A 4.074 ± 0.524
		15	b 1 B 672.7 ± 87.59	c 1 B 154.33 ± 3.95	b 1 A 4.315 ± 0.554
		20	b 1 A 1034.06 ± 157.7	b 1 A 212.51 ± 4.83	bc 1 A 4.825 ± 0.726
4	10	c 1 C 290.57 ± 54.95	c 1 C 93.57 ± 2.57	d 1 A 3.107 ± 0.575	
	15	b 1 B 513.3 ± 48.66	d 1 B 141.66 ± 3.94	b 1 A 3.64 ± 0.338	
	20	c 1 A 813.68 ± 94.36	d 1 A 201.29 ± 4.78	c 1 A 4.043 ± 0.449	

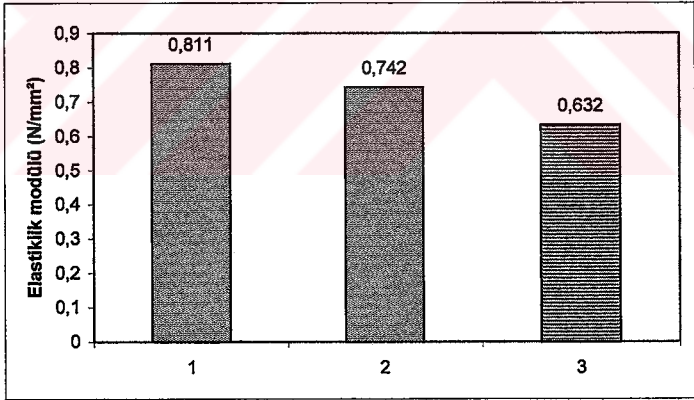
*Aynı çeşit aynı depolama süresinde farklı büyük harfi olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Düşme yüksekliklerinin karşılaştırılması)

Aynı çeşit aynı düşme yüksekliğinde farklı küçük harfi olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Depolama sürelerinin karşılaştırılması)

Aynı depolama süresi aynı düşme yüksekliğinde farklı rakam olan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05) (Çeşitlerin karşılaştırılması)

4.5. Tartışma

Hıyar türüne ait denemeye alınan iki çeşide ilişkin sonuç ve değerlendirmeler, elastiklik modülünün depolama süresince 0. günden 12. güne doğru arttığını göstermektedir. Hıyardaki bu elastiklik artışını türünün kabuk ve doku özellikleriyle su kaybına bağlamak olanaklıdır. Yapılan araştırmada elastiklik modülü 147-F1 çeşidi için 0.811-1.040 N/mm², Rawa-F1 çeşidi için 0.742-0.864 N/mm² arasında bulunmuştur. Hıyar türünün elastiklik modülünü Gezer et al. (2000) 0.632 N/mm² olarak ölçmüşlerdir. Değerlerin bu koşullarda uygunluk gösterdiği söylenebilir. Tunçer ve Özgüven (1989)'in yaptıkları çeviride, Koravo hıyar çeşidi orta bölgesinden yüklendiğinde kabuk yırtılma noktasında ölçülen kuvvetin 30 N dolaylarında olduğu belirtilmiştir. Rawa-F1 sofralık çeşidi için biyolojik akma noktasındaki kuvvet hasat edilen günde 69.71 N olarak ölçülmüştür. Bu değerler arasındaki farkın çeşit ve yükleme hızı farklılıklarından kaynaklandığı söylenebilir. Hıyar için yapılan elastiklik modülü karşılaştırmaları Şekil 4.31'de görülmektedir.

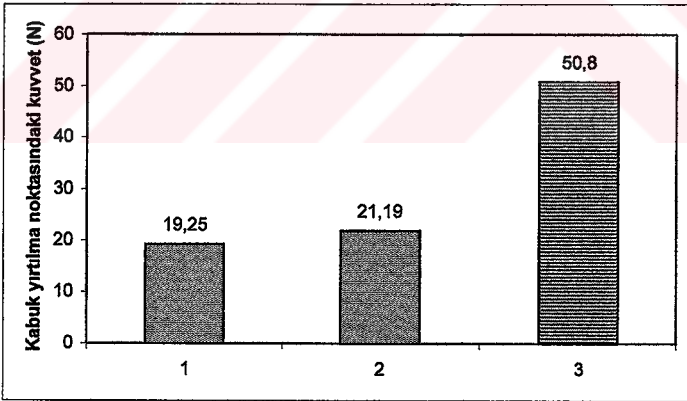


1.147-F1, 0. gün, 2. Rawa-F1, 0. gün, 3.Çeşit belirtilmemiş, düz iki plaka arasında sıkıştırma, Gezer et al. (2000)

Şekil 4. 31. Hıyar için elastiklik modülü değerleri

Hıyar çeşitlerinin sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı 6. güne kadar belirgin bir şekilde azalmaktadır. Literatür araştırmasında hıyarın zedelenme duyarlılığına ilişkin bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Domates çeşitleriyle ilgili bulgular ve değerlendirmeler, kabuk yırtılma noktasında kuvvetin ve elastiklik modülünün depolama süresiyle azaldığını göstermektedir. Kabuk yırtılma noktasında EF-49 çeşidi için kuvvet 19.25-15.56 N, deformasyon 10.1-10.98 mm, elastiklik modülü 0.183-0.135 N/mm², Joker çeşidi için kuvvet 21.19-13.98 N, deformasyon 7.91-9.94 mm, elastiklik modülü 0.404-0.142 N/mm² arasında bulunmuştur. Olorunda ve Tung (1985) ise olgun durumdaki Reento domates çeşidi ile yaptıkları sıkıştırma testi sonucunda kuvveti 5.08 kg (50.8 N), deformasyonu 9.30 mm ve sertliği 0.547 kg/mm olarak bulmuşlardır. Kuvvet değerleri arasındaki farka çeşit, yükleme şekli ve yükleme hızının sebep olduğu söylenebilir. Ayrıca çalışmalarında; olgunluk derecesindeki artışın kuvvet, deformasyon ve sertlik değerlerinde belirgin bir azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Domates için yapılan kabuk yırtılma noktasındaki kuvvet değeri karşılaştırmaları Şekil 4.32'de verilmektedir.



1. EF-49, 0. gün, 2. Joker, 0. gün, 3. Reento, dtiz iki plaka arasında sıkıştırma, 50 mm/dak yükleme hızı, Olorunda ve Tung (1985)

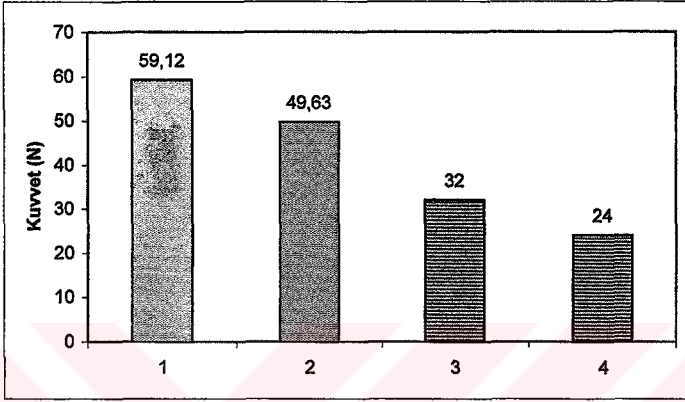
Şekil 4. 32. Domates için kabuk yırtılma noktasındaki kuvvet değerleri

Armut çeşitleri ile yapılan sıkıştırma testleri sonucunda biyolojik akma noktasındaki kuvvet değerinin ve elastiklik modülünün depolama süresi ile azaldığı, sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığının arttığı görülmektedir. Depo süresi ile Williams çeşidi için biyolojik akma noktasındaki kuvvet 59.12-10.91 N, elastiklik modülü 1.678-0.511 N/mm², sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı 1.899-10.356 ml/J arasında, Ankara çeşidi için aynı değerler sırasıyla 49.63-28.33 N, 1.34-0.809 N/mm² ve 2.094-3.823 ml/J arasında değişmektedir. Çarpma testleri sonucunda her iki çeşit için de düşme yüksekliğinin artmasıyla çarpma zedelenmesi duyarlılığının arttığı görülmektedir. Depolama süresiyle Williams çeşidi için çarpma zedelenmesi duyarlılığı azalmakta, Ankara çeşidi içinse artmaktadır. Chen et al. (1987) yaptıkları denemelerde sıkıştırma testi sonucunda 1.5 mm deformasyonda maksimum sıkıştırma kuvvetini en yüksek Chojuro çeşidi için hasat edilen günde 32 N, aynı koşullarda en düşük değeri Twentieth Century çeşidi için 24 N olarak ölçmüşlerdir.

Garcia et al. (1995), çeşitli armut ve elma çeşitleri ile yaptıkları çarpma testleriyle belirledikleri zedelenme hacimlerine göre meyvelerin hasat zamanında depoda bekletildikten sonraki durumlarına göre zedelenmeye karşı daha duyarlı olduklarını belirtmişlerdir. Bu durum Williams çeşidi için yapılan çarpma testleri sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

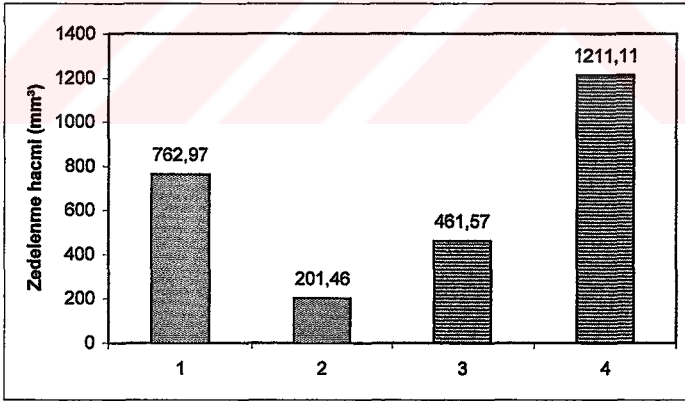
Yapılan çarpma testi sonucu Williams çeşidi için hasat edilen günde 20 cm düşme yüksekliğinden yapılan deneme sonucu zedelenme hacmi 762.97 mm³, 1. ayda 201.46 mm³, 2. ayda 115.49 mm³ olarak ölçülmüştür. Menesatti et al. (1998) yaptıkları çalışmada 40 cm ve 51 cm düşme yüksekliğinden bırakılan Williams armut çeşidi için zedelenme hacmini sırasıyla 461.57 mm³ ve 1211.11 mm³ olarak ölçmüşlerdir. Bu durum biyolojik malzeme çalışmalarında değerler arasında karşılaştırma yapabilmek için yöntemin yanısıra deneme koşullarının da belirtilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu fark kullanılan yöntem farklılığı ile de açıklanabilir. Menesatti et al. (1998) zedelenme hacmini belirlemede image analiz yöntemini kullanmıştır. Yaptığımız çalışmada biz daha önce yöntem bölümünde belirttiğimiz Schoorl ve Holt (1980)'un zedelenme hacmi belirleme yöntemini kullanmış bulunmaktayız. Buraya kadar armut için yapılan karşılaştırmalar, sıkıştırma testi ile ölçülen kuvvet değerleri Şekil 4.33'de,

çarpma testi ile ölçülen zedelenme hacimleri Şekil 4.34'de olmak üzere grafiklerle verilmiştir.



1. Williams, 0. gün, 3.92 mm deformasyonda, 2. Ankara, 0. gün, 3.8 mm deformasyonda, 3. ve 4. Sırasıyla Chojuro ve Twentieth Century çeşitleri, 19 mm çaplı uç, 10 mm/dak yüklenme hızı, 1.5 mm deformasyonda, Chen et al. (1987)

Şekil 4. 33. Armut için sıkıştırma testi sonucunda ölçülen kuvvet değerleri

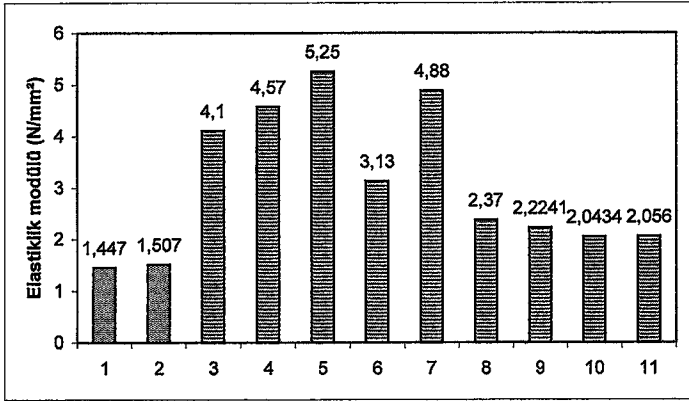


1. Williams, 0. gün, 20 cm düşme yüksekliği, 2. Williams, 1. ay, 20 cm düşme yüksekliği, 3. ve 4. Williams, sırasıyla 40 cm ve 51 cm düşme yüksekliği, image analiz yöntemi, Menesatti et al. (1998)

Şekil 4. 34. Armut için zedelenme hacmi değerleri

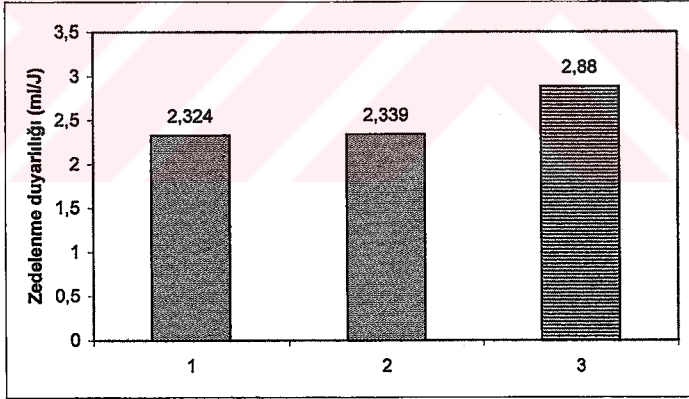
Elma çeşitleri ile yapılan sıkıştırma testleri sonuçlarında biyolojik akma noktasındaki kuvvetin ve elastiklik modülünün Starkspur Golden Delicious çeşidi için depolama süresiyle azaldığı, Starking çeşidi için 1. aya kadar azalıp daha sonra artma ve fazla değişim göstermeme eğilimi içinde olduğu görülmektedir. Sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı Strakspur Golden Delicious çeşidi için depolama süresiyle artarken Starking çeşidi için 2. aya kadar artmakta daha sonra azalmaya başlamaktadır. Depo süresiyle Starkspur Golden Delicious çeşidi için biyolojik akma noktasındaki kuvvet 44.05-35.93 N, elastiklik modülü 1.447-0.883 N/mm², sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı 2.324-2.916 ml/J arasında, Starking çeşidi için aynı değerler sırasıyla 44.35-25.95 N, 1.507-1.074 N/mm² ve 2.339-4.628 ml/J arasında değişmektedir. Çarpma testleri sonucunda her iki çeşit için de düşme yüksekliğinin artmasıyla genel olarak çarpma zedelenmesi duyarlılığının arttığı görülmektedir. Depo süresiyle her iki çeşit için de genel olarak çarpma zedelenmesi duyarlılığı azalmaktadır. Starking çeşidi için 2. aydan sonra sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığının depo süresiyle azalması ve her iki çeşit için de çarpma zedelenmesi duyarlılığının depo süresiyle azalması Garcia et al. (1995)'ın sonuçlarıyla uyum göstermektedir. Diener et al. (1979), Golden Delicious elma çeşidi ile yaptıkları çarpma testleri sonucunda düşme yüksekliği ile zedelenme hacmi arasında yaklaşık doğrusal bir ilişki bulmuşlardır. Aynı çarpma enerjisi uygulandığında elma uygunluğuyla zedelenme hacminin azaldığını belirtmişlerdir. Bu durum yaptığımız çalışma ile uyum göstermektedir. Sober et al. (1990), yaptıkları çalışmada zedelenme duyarlılığının hasattan sonra çeşitlere göre farklı günlerde en yüksek değere ulaşacağını ortaya koyarak bu durumun değişkenliğine dikkat çekmişlerdir. Bu açıklama tür ve çeşitlere göre ortaya çıkan farklılıklara ışık tutabilmektedir. Topping ve Luton (1986), elma çeşitleriyle yaptıkları çalışmada çarpma testleri sonucu oluşan zedelenme çap ve hacminin çarpışma enerjisiyle arttığını fakat bu artışın çeşide bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Elma çeşitleri ile yaptığımız çarpma testi sonuçlarıyla bu durum uyum göstermektedir. Ayrıca depolama periyodunun, zedelenme duyarlılığı üzerinde, hasat zamanına göre daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Schoorl ve Holt (1980), çarpma testi sonucunda Granny Smith elma çeşidi için zedelenme direnç katsayısını 9.02 ml/J olarak bulmuşlardır. Abbott ve Lu (1996), Delicious, Golden Delicious ve Rome Beauty elma çeşitlerinde bölgelere göre elastiklik modülünü (kuvvet-deformasyon eğrisinde kabuk yırtılma noktasının yarısı için belirlenmiş değer) 3.5-6.3 N/mm² değerleri arasında

bulmuşlardır. Aydın (1989) ise Amasya elma çeşidinin biyolojik akma noktasında elastiklik modülünü çiçek bölgesinde 0.945 N/mm^2 , karın bölgesinde 3.13 N/mm^2 ve sap bölgesinde 0.70 N/mm^2 olarak bulmuştur. Ayrıca Aydın ve Ögüt (1992), Amasya elma çeşidi için sıkıştırma testiyle deformasyon hacmi/şekil değiştirme enerjisini 2.88 ml/J olarak bulmuşlardır. Vursavuş ve Özgüven (1999), Golden Delicious, Red Delicious, Granny Smith ve Braeburn elma çeşitleri için elastiklik modülü değerlerini Braeburn çeşidi için en yüksek, Granny Smith çeşidi için en düşük olmak üzere $4.88-2.37 \text{ N/mm}^2$ arasında belirlemiştir. Vursavuş ve Özgüven (2000), yaptıkları çarpma testleri sonucunda 30 ve 60 cm düşme yükseklikleri için zedelenme direnç katsayısını Golden Delicious çeşidi için 5.7 ml/J , Granny Smith çeşidi için 8.4 ml/J olarak ölçmüşlerdir. Ögüt ve Aydın (1992), sıkıştırma testi sonucu akma noktasında ürün karın bölgesinden yapılan ölçümle elastiklik modülünü Amasya elma çeşidi için 2.2241 N/mm^2 , Golden çeşidi için 2.0434 N/mm^2 , Starking çeşidi için 2.0560 N/mm^2 olarak bulmuşlardır. Poisson oranlarını bu çeşitler için sırasıyla 0.39, 0.382 ve 0.375 olarak belirlemiştir. Deneme koşullarındaki yükleme hızı farklılığı göz önünde bulundurularak ölçüm sonuçlarının çalışmamızla uyum gösterdiği söylenebilir. Elma için yaptığımız çalışma sonuçlarıyla buraya kadar değerlendirmesi yapılan araştırma sonuçlarının karşılaştırılmaları için hazırlanan grafikler Şekil 4.35...4.37'de verilmektedir.



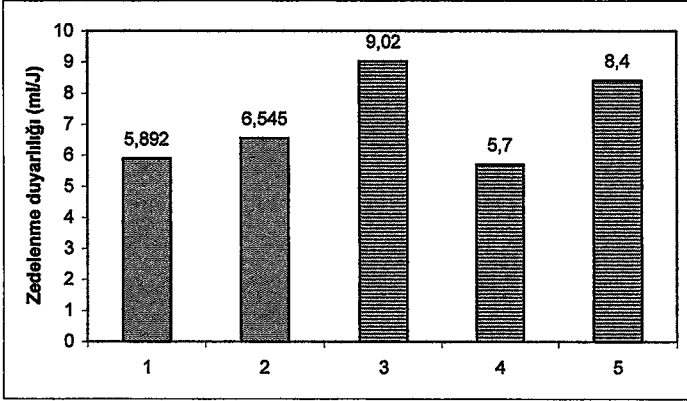
1. Starkspur Golden Delicious, 0. gün, 2. Starking, 0. gün, 3., 4. ve 5. Sırasıyla Delicious, Golden Delicious ve Rome Beauty, 25,4 mm/dak yükleme hızı, Abbott ve Lu (1996), 6. Amasya, 62 mm/dak yükleme hızı, karın bölgesi, Aydın (1989), 7. ve 8. Sırasıyla Braeburn ve Granny Smith, 8 mm çaplı uç, 6 mm/dak yükleme hızı, Vursavuş ve Özgüven (1999), 9., 10. ve 11. Sırasıyla Amasya, Golden ve Starking, 2,2 mm çaplı silindirik kalıp, 62 mm/dak yükleme hızı, Ögüt ve Aydın (1992)

Şekil 4. 35. Elma için elastiklik modülü değerleri



1. Starkspur Golden Delicious, 0. gün, 2. Starking, 0. gün, 3. Amasya, silindirik kalıp, 62 mm/dak yükleme hızı, Aydın ve Ögüt (1992)

Şekil 4. 36. Elma için sıkıştırma testi ile bulunan zedelenme duyarlılığı değerleri



1. Starkspur Golden Delicious, 20 cm düşme yüksekliği, 0. gün, 2. Starking, 20 cm düşme yüksekliği, 0. gün, 3. Granny Smith, 45 cm düşme yüksekliği, Schoorl ve Holt (1980), 4. ve 5. Sırasıyla Golden Delicious ve Granny Smith, 30 - 60 cm düşme yüksekliği, Vursavuş ve Özgüven (2000)

Şekil 4. 37. Elma için çarpma testi ile bulunan zedelenme duyarlılığı değerleri

5. SONUÇ

Deneme sonuçları ve bunlara ilişkin değerlendirmeler aşağıda özetlenmiştir:

1. Hıyar için; sıkıştırma zedelenmesi 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 sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı azalmıştır. Toplam 12 günlük depo süresinde 3 gün arayla yapılan ölçümlerde 6. günün kritik bir değer verdiği belirlenmiştir. 6. güne kadar sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı daha hızlı bir azalma gösterirken bu günden sonra büyük bir değişim ortaya çıkmamıştır.
2. Domates için; sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığını depo süresi istatistiksel olarak etkilememiş, çeşit $P<0.01$ önem seviyesinde etkili olmuştur. Elastiklik modülünü çeşit istatistiksel olarak etkilemezken, depo süresi $P<0.05$ önem seviyesinde etkilemiştir. Her iki domates çeşidinde de depo süresindeki artışla elastiklik modülü azalmış, sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı artmıştır. Joker çeşidi EF-49 çeşidine göre zedelenmeye karşı daha duyarlı bulunmuştur.
3. Armut için; sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı üzerinde çeşit ve depo süresi $P<0.01$ önem seviyesinde etkili olmuştur. İki çeşit için de depo süresindeki artışla elastiklik modülü azalırken sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı artmıştır. Çeşitlerden Williams, Ankara çeşidine göre sıkıştırma zedelenmesine karşı daha duyarlıdır. Williams çeşidinin başlangıçta elastikliği daha yüksekken hızlı elastikiyet kaybıyla 1. aydan sonra Ankara çeşidine göre daha az elastik duruma gelmiştir. Sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı da 2. aydan sonra hızla artmıştır. İki çeşit için de depo süresiyle sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığının artması, uzun süreli depolama sonucunda ürünlerin iletiminde daha fazla dikkat gerektiği sonucunu ortaya koymaktadır.

Armut için çarpma zedelenmesi duyarlılığını çeşit, depo süresi ve düşme yüksekliği $P<0.01$ önem seviyesinde etkilemektedir. Ankara çeşidinin depo

süresiyle çarpma zedelenmesi duyarlılığı artarken Williams çeşidinin azalmaktadır. Uzun süreli depolama ile Williams çeşidinin çarpma zedelenmesi duyarlılığının azalması bu türün taşıma ve iletiminde darbelere direncinin arttığını ortaya koymaktadır. Ankara çeşidi Williams çeşidine göre çarpma zedelenmesine karşı daha duyarlı bulunmuştur. Genel olarak düşük düşme yüksekliklerinde her iki çeşit için de çarpma zedelenmesi duyarlılığı daha az olmuştur. Williams çeşidi için üç düşme yüksekliği karşılaştırıldığında, 10 cm düşme yüksekliğinden sonra çarpma zedelenmesi duyarlılığının arttığı, 15 ve 20 cm düşme yüksekliğinde ise duyarlılığın birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Ankara armut çeşidi için aynı değerlendirme yapılacak olursa, 10 ve 15 cm düşme yüksekliğinde duyarlılık az ve değerler birbirine yakınken, 20 cm düşme yüksekliğinde duyarlılığın arttığı görülmektedir. Çarpma sonucunda oluşan zedelenme hacimleri iki çeşit için de düşme yüksekliğinin artmasıyla artmaktadır.

4. Elma için; sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı üzerinde çeşit ve depo süresi $P<0.01$ önem seviyesinde etkili olmuştur. Her iki elma çeşidinde de depo süresindeki artışa bağlı olarak elastiklik modülü azalmıştır. Sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığı depo süresiyle Starkspur Golden Delicious için artarken Starking çeşidi için 2. aya kadar artmış daha sonra azalmıştır. Starking çeşidi Starkspur Golden Delicious çeşidine göre daha elastik olup sıkıştırma zedelenmesine karşı daha duyarlıdır.

Elma için çarpma zedelenmesi duyarlılığını çeşit ve depo süresi $P<0.01$ önem seviyesinde etkilerken düşme yüksekliğinin istatistiksel olarak etkisi olmamıştır. Her iki çeşit için de depo süresindeki artışla çarpma zedelenmesi duyarlılığı azalmaktadır. Yani her iki elma çeşidi de uzun süreli depolama sonucunda darbelere karşı daha dirençli hale gelmektedir. Starking çeşidi Starkspur Golden Delicious çeşidine göre çarpma zedelenmesine karşı daha duyarlıdır. Her iki çeşit için de genelde düşük düşme yüksekliklerinde çarpma zedelenmesi duyarlılığı daha az olmuştur. Yapılan çarpma testleri sonucunda bulunan

zedelenme hacimleri iki çeşit için de düşme yüksekliğinin artmasıyla artmaktadır.

5.1. Öneriler

Çalışmanın daha sonraki araştırmalara ışık tutması ve uygulamaya aktarılması açısından şu öneriler yapılmıştır:

1. Hıyar çeşitlerine sıkıştırma, delme, sivri cisimlerle temas açısından maksimum özen, hasat edilen günde gösterilmelidir.
2. Hıyar çeşitlerinin, mekanik özellik değişimlerinin az olması açısından, polietilen torbalarda depolanması uygun bulunmuştur.
3. Domates çeşitleri hasat edilen gün de dahil olmak üzere depolama ömrü boyunca sıkıştırma kuvvetlerinin etkisinde kalacağı tüm koşullarda özenle toplanmalı, taşınmalı ve iletilmelidir.
4. Domatesin araştırma kapsamındaki mekanik özelliklerini ve sıkıştırma zedelenmesi duyarlılığını belirlemek için kuvvetin silindirik batıcı uç ile uygulanması yönteminin, plakalar arasında sıkıştırma yöntemine göre daha iyi sonuç verdiği kanısına varılmıştır. Domates türüne ilişkin yapılacak çalışmalar için, kabuk yırtılma noktası daha hassas bir şekilde belirlendiğinden kullanılan yöntem önerilmektedir.
5. Williams armut çeşidi 2. ay depo süresinden sonra sıkıştırma kuvvetlerine hiç maruz bırakılmamalıdır. Hasat edilen günde çarpma ve titreşimlerden korunmalıdır. Williams armut çeşidi hasat, doldurma, boşaltma, taşıma ve iletimde 10 cm'den büyük yüksekliklerden düşürülmemelidir, belirtilen sistemlerin tasarımında bu değer göz önüne alınmalıdır.

Ankara çeşidi için ise bu değerlendirme 15 cm'den büyük düşme yükseklikleri için yapılmaktadır.

6. Yapılan denemeler ve bunlardan elde edilen sonuçlar, elma için geliştirilen çarpma testi ve değerlendirme yönteminin armut için de uygulanabilir olduğunu ortaya koymuştur. Armut için bu yöntem, uygulanabilirliği ve pratikliği açısından ileride yapılacak araştırmalar için önerilmektedir.
7. Starking elma çeşidi, özellikle depolama süresinin 2. ayında, sıkıştırma kuvvetlerine maruz kalmamalıdır. Starkspur Golden Delicious ve Starking elma çeşitleri en çok hasat edilen günde çarpma ve titreşimlerden korunmalıdır. Uygulanan düşme yükseklikleri her iki çeşit için de sakınılması gereken düşme yüksekliğine ilişkin yorum yapmamıza olanak sağlamamıştır. Yapılacak çalışmalarda böyle bir sonuca varılmak isteniyorsa düşme yüksekliği aralığının daha geniş tutulması önerilmektedir.
8. Denemeye alınan çeşitlere ilişkin, farklı hasat tarihlerinde ve ürünün sap ile çukur ya da baş ile dip kısımlarından da değer alacak şekilde hazırlanacak deneme planlarıyla araştırmaların yürütülmesinin, yapılan değerlendirmeleri kuvvetlendireceği kanısı oluşmuştur.

KAYNAKLAR

- Abbott, J. A. and Lu, R. 1996. Anisotropic mechanical properties of apples. transactions of the ASAE 39 (4): 1451-1459.
- Alayunt, F. N. 2000. Biyolojik malzeme bilgisi. Ege Üniversitesi Yayınları No:541, 132 s., İzmir.
- Anonim, 1991. TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı elma çeşit kataloğu, Ankara.
- Anonim, 1993. TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı armut çeşit kataloğu, Ankara.
- Anonim, 1994. Compression test of food materials of convex shape. Agricultural Engineers Yearbook, ASAE Standard: ASAE S368.2, p. 472-475, St. Joseph, Michigan.
- Anonim, 1997. May Agro/Tek haber mektubu. Yıl: 1, Sayı: 3, May Tohumculuk Zir. ve Tic. Ltd. Şti., Bursa.
- Anonim, 2000a. Tarımsal yapı (Üretim, fiyat, değer). TC Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2000b. TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tohumluk ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü milli çeşit listesi, Ankara.
- Anonim, 2002. TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tohumluk ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü ticari sebze kayıt listesi, Ankara.
- Aydın, C. 1989. Amasya elma çeşidinin tarım tekniği yönünden önemli fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Mekanizasyon ABD, Konya.
- Aydın, C. ve Ögüt, H. 1992. Bazı biyolojik materyallerde deformasyon oluşumu ve deformasyon enerjisinin belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s. 254-264, Samsun.
- Aydın, C. ve Çarman, K. 1997. Şeftalide çarpma enerjisine bağlı olarak zedelenmenin belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s. 665-672, Tokat.
- Aydın, C. ve Çarman, K. 1998. Elmalar arasında çarpışma enerjisine bağlı olarak zedelenmenin saptanması. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, s. 773-778, Tekirdağ.

- Chen, P., Ruiz, M., Lu, F. and Kader, A. A. 1987. Study of impact and compression damage on Asian pears. Transaction of the ASAE 30 (4): 1193-1197.
- Chesson, J. H. and Moore, J. 1985. An automatic fruit pressure tester. Transaction of the ASAE, p. 322-325, 330.
- Diener, R. G., Elliott, K. C., Nesselroad, P. E., Ingle, M., Adams, R. E. and Blizzard, S. H. 1979. Bruise energy of peaches and apples. Transaction of the ASAE, p. 287-290.
- Finney, E. E. Jr. and Hall, C. W. 1967. Elastic properties of potatoes. Transaction of the ASAE, p. 4-8.
- Fridley, R. B. and Adrian, P. A. 1966. Mechanical properties of peaches, pears, apricots and apples. Transactions of the ASAE, p. 135-138, 142.
- Garcia, J. L., Ruiz-Altisent, M. and Barreiro, P. 1995. Factors influencing mechanical properties and bruise susceptibility of apples and pears. J. agric. Engng Res. 61: 11-17.
- Gezer, İ., Güner, M. ve Dursun, E. 2000. Bazı sebze ve meyvelerin fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi. Ekin Dergisi Yıl: 4, Sayı: 13, s. 70-75, Ankara.
- Gonzalez, J. J. 1997. Internal structural changes of tomatoes in compression monitored via magnetic resonance imaging (MRI). IFT Conference, June, Orlando, FL.
- Gützel, E. and Sinn, H. 1990. Force-deformation behavior of W. Navel oranges. 4 th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, p. 426-439, Adana.
- Holt, J. E. and Schoorl, D. 1977. Bruising and energy dissipation in apples. J. Texture Studies 7: 421-432.
- Hughes, J. C., Grant, A., Prescott, E. H. A., Pennington, D. E. and Worts, W. H. 1985. A portable pendulum for testing dynamic tissue failure susceptibility of potatoes. J. agric. Engng Res. 32: 269-277.
- Hung, Y. C. and 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. ve Turgut, N. 1988. Erzurum yöresinde yetiştirilen patates çeşitlerinin önemli bazı mekanik özelliklerinin saptanması üzerine bir araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s. 302-313, Erzurum.

- Karaçalı, İ. 1993. Bahçe ürünlerinin muhafazası ve pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494, Bornova-İzmir.
- Klein, J. D. 1987. Relationship of harvest date, storage conditions, and fruit characteristics to bruise susceptibility of apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112 (1): 113-118.
- Lichtensteiger, M. J., Holmes, R. G., Hamdy, M. Y. and Blaisdell, J. L. 1988. Impact parameters of spherical viscoelastic objects and tomatoes. *Transactions of the ASAE* 31 (2): 595-602.
- Menesatti, P., Beni, C., Paglia, G., Marcelli, S. and Gentile, A. 1998. Evaluation of pear and apricot drop impact bruises by image analysis. 13 th International Congress on Agricultural Engineering, Volume: 6, Processing, 2-6 February, Rabat (Morocco).
- Mohsenin, N. M. 1980. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers, 742 p., New York, USA.
- Ölorunda, A. O. and Tung, M. A. 1985. Simulated transit studies on tomatoes; effects of compressive load, container, vibration and maturity on mechanical damage. *Journal of Food Technology* 20: 669-678.
- Öğüt, H. ve 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.
- Özbek, S. 1978. Özel meyvecilik (Kışın yaprağını döken meyve türleri). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 128, Ders Kitabı: 11, 485s., Adana.
- Pang, W., Studman, C. J. and Ward, G. T. 1992. Bruising damage in apple-to-apple impact. *J. agric. Engng Res.* 52: 229-240.
- Parke, D. 1963. The resistance of potatoes to mechanical damage caused by impact loading. *J. agric. Engng Res.* 8: 173-177.
- Schoorl, D. and Holt, J. E. 1978. The effects of storage time and temperature on the bruising of Jonathan, Delicious and Granny Smith apples. *J. Texture Studies* 8: 409-416.
- Schoorl, D. and Holt, J. E. 1980. Bruise resistance measurements in apples. *J. Texture Studies* 11: 389-394.

- Sinn, H. ve Özgüven, F. 1989. Biyolojik malzemenin teknik özellikleri 1. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 27, Adana.
- Sitkei, G. 1986. Mechanics of agricultural materials. Akademiai Kiado, 487 p., Budapest, Hungary.
- Sober, S. S., Zapp, H. R. and Brown, G. K. 1990. Simulated packing line impacts for apple bruise prediction. Transactions of the ASAE 33 (2): 629-636.
- Tunçer, İ. K. ve Özgüven, F. 1989 (çev. Moser, I. E. 1984). Bağ bahçe sebze ve endüstri kültürlerinde mekanizasyon uygulamaları. Türkiye Zirai Donatım Kurumu Mesleki Yayınları, Yayın No: 52, Ankara.
- Topping, A. J. and Luton, M. T. 1986. Cultivar differences in the bruising of english apples. Journal of Horticultural Science 61 (1): 9-13.
- Vursavuş, K. ve Özgüven, F. 1999. Determination of the some mechanical properties and susceptibility to bruising damage of apples. 7 th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy: 570-575, Adana.
- Vursavuş, K. ve Özgüven, F. 2000. Çarpma durumunda elmanın fiziko-geometrik özelliklerinin mekanik zedelenme üzerindeki etkisinin araştırılması. Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı: 489-494, Erzurum.

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Kahramanmaraş'ta doğdu. 1988 yılında girdiği Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü'nden 1992 yılında mezun oldu. Aynı yıl Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 1995 yılında Yüksek Lisans öğrenimini tamamlayarak aynı ABD'de doktora öğrenimine başladı.

1992-2002 tarihleri arasında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı. Halen TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarım Alet ve Makineleri Test Merkezi Müdürlüğü'nde görev yapmaktadır.