

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
2023-YL-098

**BAZI MEYVE TÜRLERİNDE MEKANİK ZEDELENME
PARAMETRELERİNİN MATEMATİKSEL
MODELENMESİ**

Buse SAYAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Türker SARAÇOĞLU

AYDIN – 2023

KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Yüksek Lisans Programı öğrencisi Buse SAYAR tarafından hazırlanan ‘BAZI MEYVE TÜRLERİNDE MEKANİK ZEDELLENME PARAMETRELERİNİN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ’ başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 03/08/2023

	Ünvanı	Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan (Danışman):	Doç. Dr. Türker SARAÇOĞLU		Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye:	Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN		Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye:	Doç. Dr. Arzu YAZGI		Ege Üniversitesi	

ONAY:

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Fen Bilimleri Enstitüsünün tarih ve sayılı oturumundan alınan numaralı Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa SÜRME

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca çalıőmamın her aőamasında gürőő, öneri, destek ve katkılarını esirgemeyen saygıdeğer hocam Doç. Dr. Türker SARAÇOĞLU'na, istatistiksel modellerin oluőturulmasında büyük katkıları dolayısıyla hocam sayın Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU'na, gerek arazide, gerekse laboratuvarıda bana sabırla her türlü yardım ve destekte bulunan çok değerli eőim Oğuzhan SAYAR'a sonsuz teşekkür ederim.

Buse SAYAR

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	i
TEŞEKKÜR	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
RESİMLER DİZİNİ	ix
ÇİZERGELER DİZİNİ.....	x
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Dünya’da ve Türkiye’de Meyve Üretimi Genel Durumu	2
1.2. Dünyada ve Türkiye’de Ayva Yetiştiriciliği	3
1.3. Dünyada ve Türkiye’de Elma Yetiştiriciliği	5
1.4. Dünyada ve Türkiye’de Şeftali ve Nektarin Yetiştiriciliği.....	7
1.5. Meyvelerde Mekanik Hasar.....	11
1.6. Meyvelerde Mekanik Hasarın Belirlenmesi ve Ölçüm Yöntemleri	11
1.6.1. Sarkaç Düzeneği	12
1.6.2. Elektronik Küre	14
1.6.3. Meyve Düşürme Düzeneği	14
1.7. Zedelenme ile Mekanik Parametreler Arasındaki İlişkiler.....	16
1.8. Zedelenme Belirleme Yöntemleri	16
1.9. Zedelenme Miktarının Ölçülmesi.....	17
1.10. Zedelenme Tahmin Modelleri	20

2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
3.1. Materyal.....	28
3.1.1. Bitkisel Materyal	28
3.1.2. Denemelerde Kullanılan Cihazlar	30
3.2. Yöntem	30
3.2.1. Meyvelerin Nem Analizi	31
3.2.2. Meyve Sertliğinin Belirlenmesi.....	31
3.2.3. Meyvelerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi	31
3.2.4. Çarpma Denemeleri.....	33
3.2.5. Zedelenme Alanı ve Zedelenme Hacminin Matematiksel Modellenmesi.....	36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	38
4.1. Meyvelerin Nem İçeriklerine Ait Sonuçlar	38
4.2. Meyve Sertliğine Ait Sonuçlar	38
4.3. Meyvelerin Fiziksel Özelliklerine Ait Sonuçlar.....	38
4.4. Meyvelerin Esneklik Katsayılarına Ait Sonuçlar.....	40
4.5. Meyvelerin Zedelenme Alanlarının ve Zedelenme Hacimlerinin Matematiksel Modelleri.....	41
4.5.1. Ayva Meyvesi Zedelenme Alanı (Z_a) İçin Doğrusal Model.....	41
4.5.2. Ayva Meyvesi Zedelenme Alanı (Z_a) İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model	43
4.5.3. Ayva Meyvesi Zedelenme Hacmi (Z_h) İçin Doğrusal Model.....	45
4.5.4. Ayva Meyvesi Zedelenme Hacmi İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model.....	46
4.5.5. Elma Meyvesi Zedelenme Alanı İçin Doğrusal Model.....	48
4.5.6. Elma Meyvesi Zedelenme Alanı İçin (Z_a) Doğrusal Olmayan (Üssel) Model.....	50
4.5.7. Elma Meyvesi Zedelenme Hacmi İçin Doğrusal Matematiksel Model	51

4.5.8. Elma Meyvesi Zedelenme Hacmi (Z_h) İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model.....	53
4.5.9. Şeftali ve Nektarin Meyveleri İçin Model Sonuçları.....	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR.....	59
EKLER	65
EK1. Ayva Meyvesi Zedelenme Alanı (Z_a) İçin Doğrusal Model Analiz Sonuçları.....	65
EK2. Ayva Meyvesi Zedelenme Alanı (Z_a) İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model Analiz Sonuçları	67
EK3. Ayva Meyvesi Zedelenme Hacmi (Z_h) İçin Doğrusal Model Analiz Sonuçları	69
EK 4. Ayva Meyvesi Zedelenme Hacmi (Z_h) İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model Analiz Sonuçları.....	71
EK5. Elma Meyvesi Zedelenme Alanı (Z_a) İçin Doğrusal Model Analiz Sonuçları.....	73
EK6. Elma Meyvesi Zedelenme Alanı (Z_a) İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model Analiz Sonuçları	75
EK7. Elma Meyvesi Zedelenme Hacmi (Z_h) İçin Doğrusal Model Analiz Sonuçları	77
EK 8. Elma Meyvesi Zedelenme Hacmi (Z_h) İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model Analiz Sonuçları.....	79
BİLİMSEL ETİK BEYANI.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	82

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- A_p : Projeksiyon alanı
- d : Zedelenme derinliği
- d_b : Tam zedelenme derinliği
- d_t : Meyve yüzeyinden itibaren zedelenmenin bitimine kadar olan derinlik
- D_o : Geometrik ortalama çap
- E : Elastisite modülü
- e : Esneklik katsayısı
- F : Çarpma kuvveti
- FAO** : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
- h : Çarpma yüksekliği
- h_1 : Sıçrama yüksekliği
- h_2 : Çarpma yüksekliği
- L : Meyvenin uzunluğu
- m : Meyve kütlesi
- m_h : Meyvenin havadaki kütlesi
- m_s : Meyvenin su içerisindeki kütlesi
- n : Nem içeriği
- r : Korelasyon katsayısı
- R : Zedelenmiş meyvenin yarıçapı
- R^2 : Tahminleme katsayısı
- S : Yüzey alanı
- S_p : Küresellik

- T : Meyvenin kalınlığı
- TÜİK** : Türkiye İstatistik Kurumu
- V : Tahmini zedelenme hacmi
- W : Meyvenin genişliği
- w_1 : Zedelenme alanı geniş eksenı
- w_2 : Zedelenme alanı dar eksenı
- W_k : Kuru ürün ağırlığı
- W_o : Yaş ürün ağırlığı
- Z_a : Zedelenme alanı
- Z_h : Zedelenme hacmi
- ρ_m : Meyvenin gerçek yoğunluğu
- ρ_s : Suyun yoğunluğu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Sarkaç düzeneği (Polat vd., 2012).....	12
Şekil 1.2. Meyve düşürme test düzeneği:.....	15
Şekil 4.1. Ayva meyvesi için doğrusal modelin tahmin ettiği zedelenme alanı ile ölçülen zedelenme alanının karşılaştırılması	43
Şekil 4.2. Ayva meyvesi için doğrusal olmayan(üssel) modelin tahmin ettiği zedelenme alanı ile ölçülen zedelenme alanının karşılaştırılması.....	44
Şekil 4.3. Ayva meyvesi zedelenme hacminin doğrusal model tarafından tahmin edilen ve ölçülen değerlerin karşılaştırılması	46
Şekil 4.4. Ayva meyvesi zedelenme hacminin doğrusal olmayan (üssel) model tarafından tahmin edilen ve ölçülen değerlerinin dağılımı.....	47
Şekil 4.5. Elma meyvesi zedelenme alanı için doğrusal model tarafından tahmin edilen ve ölçülen değerlerin dağılımı	49
Şekil 4.6. Elma meyvesi için doğrusal olmayan (üssel) model tarafından tahminlenen ve ölçülen değerlerin dağılımı	51
Şekil 4.7. Elma meyvesi zedelenme hacmi doğrusal model tarafından tahminlenen ve ölçülen değerlerin karşılaştırılması	52
Şekil 4.8. Elma meyvesi zedelenme hacmi doğrusal olmayan (üssel) modelin tahmin ettiği Z_h değerleri ile ölçülen değerlerin karşılaştırılması	54

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1.1. Meyvelerde darbe etkisini ölçmek amacıyla kullanılan elektronik küre (Opara ve Pathare, 2014).....	14
Resim 3.1. Golden Delicious elma çeşidi	28
Resim 3.2. Ege 22 ayva çeşidi	29
Resim 3.3. Fresh White şeftali çeşidi.....	29
Resim 3.4. Extreme Red çeşidi nektarin	30
Resim 3.5. Meyve boyut ölçüm eksenleri.....	32
Resim 3.6. Meyvelerin dijital görüntülerinin alınması	33
Resim 3.7. Sarkaç çarpma test düzeneği.....	34
Resim 3.8. Ayva meyvesi örneğinde zedelenme bölgesi boyutları	35

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünya’da meyve üretim miktarı (Anonim, 2023b).....	2
Çizelge 1.2. Dünyada ayva yetiştiriciliği yapılan ülkeler ve üretim miktarları (FAO, 2023)	4
Çizelge 1.3. İllere göre 2021 yılında Türkiye’de ayva üretimi (TÜİK, 2023).....	5
Çizelge 1.4. Dünyada 2021 yılında elma üretimi (FAO, 2023)	6
Çizelge 1.5. Türkiye’de 2021 yılında üretilen elma çeşitleri ve üretim miktarları (TÜİK, 2023).....	7
Çizelge 1.6. Dünyada 2021 yılı şeftali ve nektarin üretim miktarları (FAO, 2023)	9
Çizelge 1.7. Türkiye’de 2022 yılında şeftali ve nektarin üretim miktarları (TÜİK, 2023)...	10
Çizelge 1.8. Bazı araştırmacıların farklı meyve türleri için belirledikleri zedelenme değer aralıkları (Opara ve Pathare, 2014).	17
Çizelge 1.9. Zedelenme hacminin hesaplanmasında kullanılan farklı ölçüm yöntemlerinin formülleri (Opara ve Pathare, 2014).	19
Çizelge 3.1. Üç farklı çarpma yüzeyine ait elastisite modülü değerleri (Callister ve Rethwisch, 2015).....	36
Çizelge 3.2. Zedelenme alanının ve zedelenme hacminin tahmin edilmesi için geliştirilen matematiksel model formları	36
Çizelge 4.1. Ayva meyvesinin ortalama fiziksel değerlerine ait sonuçlar	38
Çizelge 4.2. Elma meyvesinin ortalama fiziksel değerlerine ait sonuçlar.....	39
Çizelge 4.3. Şeftali meyvesinin ortalama fiziksel değerlerine ait sonuçları	39
Çizelge 4.4. Nektarin meyvesinin ortalama fiziksel değerlerine ait sonuçları	39
Çizelge 4.5. Ayva meyvesi esneklik katsayısı (e) değerleri.....	40
Çizelge 4.6. Elma meyvesi esneklik katsayısı (e) değerleri	40

Çizelge 4.7. Nektarin meyvesi esneklik katsayısı (e) değerleri	40
Çizelge 4.8. Şeftali meyvesi esneklik katsayısı (e) değerleri	41
Çizelge 4.9. Ayva meyvesinde zedelenme alanı doğrusal modeline katkısı olan değişkenler ve katkı oranları.....	42
Çizelge 4.10. Ayva meyvesi zedelenme alanı için doğrusal olmayan (üssel) modele katkısı olan değişkenler ve katkı oranları	44
Çizelge 4.11. Ayva meyvesi zedelenme hacmi için doğrusal modele katkısı olan değişkenler ve katkı oranları	45
Çizelge 4.12. Ayva meyvesi zedelenme hacmi için doğrusal olmayan (üssel) modele katkı sağlayan değişkenler ve katkı oranları	47
Çizelge 4.13. Elma meyvesi zedelenme alanı doğrusal modeline katkısı olan değişkenler ve katkı oranları.....	49
Çizelge 4.14. Elma meyvesi zedelenme alanı doğrusal olmayan (üssel) modele katkısı bulunan değişkenler ve katkı payları.....	50
Çizelge 4.15. Elma meyvesi zedelenme hacmi için doğrusal modele katkısı olan değişkenler ve katkı payları.....	52
Çizelge 4.16. Elma meyvesi zedelenme hacmi doğrusal olmayan (üssel) modele katkıda bulunan parametreler ve katkı payları	54

ÖZET

BAZI MEYVE TÜRLERİNDE MEKANİK ZEDELLENME PARAMETRELERİNİN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

Sayar, B., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Programı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2023.

Amaç: Bu çalışmanın amacı ayva, elma, nektarin ve şeftali meyvelerinin farklı yüksekliklerden (20, 35, 50, 65 ve 80), farklı yüzeylere (ahşap, çelik ve kauçuk) çarpmaları sonucu oluşan zedelenmenin tahmin edilmesine yönelik matematiksel modellerin belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem: Çalışma ayva, elma, nektarin ve şeftali olmak üzere dört farklı meyve çeşidiyle gerçekleştirilmiştir. Meyveler sarkaç düzeneği kullanılarak her yükseklik için 20 tekerrürlü olarak 5 farklı yükseklikten, 3 farklı yüzeye çarpıtılmışlardır. Meyvelerin sertlik değerleri dijital penetrometre ile, nem içeriği değerleri etüv cihazı ile, kütle ölçümleri hassas terazi ile, projeksiyon alanı, zedelenme alanı ve zedelenme derinliği değerlerinin hesaplanması ImageJ programı ile gerçekleştirilmiştir. Meyvelerin genel boyut ölçümleri dijital kumpas ile yapılmıştır. Sarkaç çarpma test düzeneği kullanılarak meyvelerin esneklik katsayısı belirlenmiştir. Zedelenme alanı ve zedelenme hacmi tahminine yönelik matematiksel modeller doğrusal ve doğrusal olmayan (üssel) matematiksel model olarak iki farklı formda tasarlanmıştır. Her bir matematiksel model için elde edilen veriler Minitab paket programında Stepwise regresyon analizine tabi tutulmuştur. Matematiksel model formlarının tahminleme oranını ifade edebilmek için korelasyon katsayısı (r) değerleri hesaplanmıştır. Ayva ve elma meyveleri için doğrusal ve doğrusal olmayan (üssel) formda zedelenme parametrelerine ait matematiksel modeller geliştirilirken, şeftali ve nektarin meyvelerinin çarpma denemeleri sonucunda zedelenme parametrelerinin belirlenmemesi nedeniyle model geliştirilememiştir.

Bulgular: Ayva meyvesinde zedelenme alanı tahminlemesine yönelik oluşturulan doğrusal ve doğrusal olmayan (üssel) matematiksel modellerin regresyon katsayısı (R^2) değerleri sırasıyla %91,96 ve %96,56, zedelenme hacmi için %88,57 ve %97,87, elma meyvesi zedelenme alanı için doğrusal ve doğrusal olmayan (üssel) matematiksel modellerin R^2 değerleri sırasıyla %94,97 ve %98,15, zedelenme hacmi için %96,91 ve %97,45 olarak elde edilmiştir.

Sonuç: Çarpma yüksekliği ile zedelenme alanı ve zedelenme hacmi arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Çarpma yüksekliği arttıkça zedelenme alanı ve zedelenme hacmi değerleri artış göstermiştir. Zedelenme alanı ve zedelenme hacmi için elde edilen doğrusal ve doğrusal olmayan (üssel) matematiksel modellerden doğrusal olmayan (üssel) matematiksel modellerin tahminleme katsayısı (R^2) daha yüksek bulunmuştur. Tasarlanan modeller içerisinde çarpma yüksekliği (h) ve çarpma yüzeylerinin elastisite modülü (E) modellere en yüksek katkıyı sağlayan parametreler olmuştur. Bu araştırmadan elde edilen verilerin ayva, elma, nektarin ve şeftali meyveleri için hasat sırasında ya da sonrasında kullanılacak ekipman ve makinelerde uygun tasarımlar ya da modifikasyonlar yapılmasına faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Matematiksel modelleme, Meyve, Zedelenme.

ABSTRACT

MATHEMATICAL MODELING OF MECHANICAL BRUISING PARAMETERS IN SOME FRUIT VARIETIES

Sayar, B., Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Agricultural Machinery Program, Master Thesis, Aydın, 2023.

Objective: The aim of this study is to determine mathematical models for estimating the damage caused by impact quince, apple, nectarine and peach fruits from different heights (20, 35, 50, 65 and 80 cm) to different surfaces (wood, steel and rubber plates).

Material and Method: The study was carried out with four different fruit varieties: quince, apple, nectarine and peach. Fruits were hit on 3 different surfaces from 5 different heights, with 20 replications for each height, using a pendulum mechanism. The hardness values of the fruits were performed with a digital hardness measuring device, An incubator device was used for to determine of the moisture content values, the mass measurements were carried out with a precision balance, and the calculation of the projection area, bruise area and bruise depth values were performed with the ImageJ program. Digital caliper was used for fruit size measurements. The elasticity coefficient of the fruits was determined by using the pendulum impact test setup. Mathematical models for estimating bruise area and bruise volume are designed in two different forms as linear and nonlinear mathematical models. The data obtained for each mathematical model were subjected to Stepwise regression analysis in the Minitab package program. Coefficient of correlation (r) values were calculated to express the prediction rate of mathematical model forms.

Results: The R^2 values of linear and nonlinear mathematical models for quince fruit bruise area estimation were respectively, 91,96% and 96,56%, 88,57% and 97,87% for bruise volume, the regression coefficients linear and nonlinear mathematical models for apple fruit bruise area were respectively 94,97% and 98,15%, for the bruise volume 96,91% and 97,45%.

Conclusion: There is a linear relationship between drop height and bruise area and bruise volume. As the fall height increased, the bruise area and bruise volume values increased. The coefficient of determination (R^2) of the nonlinear mathematical models was found to be higher than the linear and nonlinear mathematical models obtained for the injury area and injury volume. Among the designed models, the impact height (h) and the modulus of elasticity of impact surfaces (E) were the parameters that contributed the most to the models. Since bruising damage was not observed in nectarine and peach fruits, bruising area and bruising volume calculations were not performed. It is thought that the data obtained from this study may be useful for making appropriate designs or modifications in equipment and machines to be used during or after harvest for quince, apple, nectarine, and peach fruits.

Key Words: Mathematical modelling, Fruit, Bruising.

1. GİRİŞ

Anadolu birçok meyve türünün anavatanı ve meyvecilik kültürünün beşiğidir. Bugün yabanileri ülkemizin birçok yöresinde yetişmekte olan elma, armut, ayva, kiraz, vişne vb. meyve türleri bu topraklarda yaratılmış ve evrimlerini bu topraklarda tamamlamışlardır. Anadolu'da yaşayan ve burada çeşitli medeniyetler kurmuş insanlar, tarihin eski çağlarından beri yabancı meyveleri kültüre alarak ve ıslah ederek günümüz meyvelerini ortaya çıkarmışlardır. Türkler yalnızca kendi yurtlarındaki yabancı meyveleri ıslah etmekle kalmamışlar, Uzakdoğu'nun bazı meyve türlerini Orta Asya'dan yaptıkları göçler sırasında yanlarında getirmişlerdir. Böylece Çin'den şeftali ve beyaz dutu, Orta Asya'dan kayısıyı ve Hindistan'dan ağaç kavununu Anadolu'ya taşımışlardır (Soylu ve Türk, 2002).

Türkiye'de bir yandan sıcak ılıman ve soğuk ılıman iklim bölgelerinde yetişen meyve türleri geniş bir çeşit zenginliğiyle yabancı olarak ve kültüre alınmış halde yetiştirilirken, öte yandan subtropikal ve tropikal iklim bölgelerinden gelmiş meyve türleri de yer almaktadır. Ülkemizde görülen büyük tür zenginliğinin yanında yine büyük bir çeşit bolluğu da bulunmaktadır. Ülkemiz, bahçe kültürünün beşiği olmasının yanında çeşitli meyvelerin üretim ve işletme yörelerinin meydana gelmesine de neden olmuştur. Örneğin şeftali denince Bursa, kayısı denince Malatya, çekirdeksiz üzümde Manisa, incirde Aydın, fıstıkta Antep-Urfa, narda Urfa, fındıkta Ordu-Giresun illeri dünya piyasalarında ürünleri ile birer kalite sembolü olarak bilinmektedir (Anonim, 2023a).

Anadolu gibi bereketli topraklara sahip olan Hintliler, Çinliler ve Amerika'nın eski yerlileri de bazı meyve türlerini ıslah ederek meyvecilik kültürüne hizmet etmişlerdir. Örneğin, Trabzon hurması, Malta eriği, şeftali, dut, portakal ve mandalınayı Çinliler; limon, ağaç kavunu, mango ve muz Hintliler; Hint armudunu Güney Amerikalılar, hurmayı ise Araplar ıslah etmişlerdir (Soylu ve Türk, 2002).

1.1. Dünyada ve Türkiye’de Meyve Üretimi Genel Durumu

Meyve üretimi dünyadaki tüm insanları doğrudan ilgilendirmekte ve yaşamlarına doğrudan etki etmektedir. İnsanlığın temel ihtiyacı olan bitkisel karbonhidrat, protein ve vitamin gibi önemli maddelerin sağlandığı meyveler dünyanın hemen her yerinde üretilmektedir (Anonim, 2019).

FAO 2021 verilerine göre dünyada 909.640 milyon ton yaş meyve üretimi gerçekleştirilmiştir. 2021 yılında dünyada en çok meyve üreten ülke Çin olmuştur. Çin’in en çok ürettiği meyve çeşidi ise elmadır. Çin’de elma üretim miktarının toplam meyve üretim miktarına oranı %15 şeklindedir. 2021 yılında en çok meyve üreten ikinci ülke Hindistan’dır. Hindistan’ın toplam meyve üretim miktarına bakıldığında muz üretiminin toplam meyve üretimine oranı %31,5 olmuştur. Çizelge 1.1’de 2021 yılında dünyada en çok meyve üreten ilk on ülke ve üretim miktarları sunulmaktadır (Anonim, 2023b).

Çizelge 1.1. Dünya’da meyve üretim miktarı (Anonim, 2023b)

Ülke	Üretim Miktarı (milyon ton)
Çin	253.890
Hindistan	107.850
Brezilya	39.820
Türkiye	25.040
Meksika	23.660
Endonezya	23.610
Amerika	22.870
İspanya	19.030
İtalya	17.190
Filipinler	16.670
Diğer	360.010
Toplam	909.640

Türkiye’de üretilen meyveler şu şekilde sınıflandırılmaktadır;

- Yumuşak çekirdekli meyveler (elma, armut, ayva, alıç, muşmula, yeni dünya, üvez, kuşburnu)
- Sert çekirdekli meyveler (kiraz, vişne, kayısı, şeftali, kızılıçık, iğde, badem, zeytin)
- Sert kabuklu meyveler (ceviz, kestane, fındık, Antep fıstığı)
- Turunçgiller (limon, altıntop, portakal, mandalina, turunç) (Anonim, 2023c).

Türkiye 2021 yılında dünya meyve üretimi sıralamasında dördüncü sırada yer almıştır. TÜİK 2021 verilerine göre Türkiye’de 2021 yılında en çok üretilen meyve yağlık zeytin olmuştur. Yağlık zeytinin toplam meyve üretim miktarı içerisindeki oranı %7,6’dır (TÜİK, 2023).

1.2. Dünyada ve Türkiye’de Ayva Yetiştiriciliği

Bilimsel adı *Cydonia oblonga* Mill. olan gülgiller familyasına mensup ayva meyvesi, adını (*Cydonia* ya da *Kydonia*) M.Ö. 1. yy. Yunanistan Girit’te bulunan antik bir şehir devletinden almaktadır (Duarte vd., 2014).

Ayvannın anavatanı Kuzey-Batı İran, Kuzey Kafkasya, Hazar Denizi dolayları ve Kuzey Anadolu’dur. Yabani ayvalar ise Türkistan, Avrupa’nın güneyi ve Kuzey Afrika’da yetişmektedir. Ayva Türkiye’nin hemen her yöresinde yetiştirilebilmektedir. Önceleri genellikle sınır ağacı veya diğer meyve türleriyle karışık bahçeler olarak yetiştirilen ayva meyvesi günümüzde daha çok kapama bahçeler şeklinde yetiştirilmektedir (Büyükyılmaz, 1999).

Ayva, Türkiye’de 10-1000 m yüksekliklere sahip hemen her bölgede yetiştirilebilmekte, kumlu-tınlı, geçirgen ve sıcak topraklarda iyi gelişim göstermektedir. Ayva meyvesi yağmura ve fazla rüzgâra karşı dayanıksız bir meyvedir. Soğuk bölgelerde yetiştirilebilir ancak odunumsu ve düşük kaliteli ayvalar elde edilir. Ayvannın çiçekleri ayva sürgünlerinin ucunda meydana gelmekte bu nedenle geç çiçek açmaktadır. Bu da ilkbahar geç donlarının tehlikeli olduğu yerler için bir avantajdır. Ayva ağacı 4-5 metre kadar boylanabilmektedir, gövdesi kırmızı-kahverengidir ve kök sistemi fazla derine gitmeyen yüzeysel köklerden oluşmaktadır. Ayva meyvesi tozlayıcı çeşide gereksinim duymamaktadır, tozlanma böcekler yardımı ile gerçekleştirilmektedir (Ercan ve Özkarakaş, 2005). Ülkemizde ayvannın birden çok çeşidinin yetiştiriciliği yapılmaktadır. Ekmek, Şekergevrek, Altın, Tekkeş ve Eşme ayvası ülkemizde yetiştiriciliği yapılan ayva çeşitlerindedir (Anonim, 2015).

Ilıman ve subtropik iklim koşullarında yetiştirilen ayvalar, meyveleri yumuşak ve sulu olduğu için sofralık taze ya da pişmiş şekilde tüketilebilmektedir. Ancak serin bölgelerde ayva, hasattan hemen sonra sert, kumlu ve boğucu olduğundan birkaç hafta süre ile depoda bekletilmektedir. Ayrıca ayva meyvesinden komposto, marmelat, jöle ve reçel de yapılmaktadır. Ayva vitamin (özellikle C vitamini), mineral madde, şeker ve pektin miktarı açısından zengin, besleyici bir meyvedir. Ayva meyvesinin sindirimi oldukça kolay olduğundan hazmı kolaylaştırmaktadır. Birçok faydası olan bu meyvenin faydaları arasında mide ve bağırsakları kuvvetlendirmek, kanı temizlemek ve karaciğerin çalışmasını düzenlemek bulunmaktadır (Özçağırın vd., 2005).

İnsan sağlığına pek çok faydası bulunan ayva meyvesi üretimi ekonomik açıdan da önemli bir yerde bulunmaktadır. FAO 2021 yılı verilerine göre dünyada 75.894 hektar alanda 697.563 ton ayva üretimi gerçekleşmiştir. 2021 yılında dünyada en çok ayva üreten ilk 10 ülke Çizelge 1.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 1.2. Dünyada ayva yetiştiriciliği yapılan ülkeler ve üretim miktarları (FAO, 2023)

Ülke	Üretim miktarı (ton)
Türkiye	192.012
Çin	111.377
Özbekistan	97.536
İran	90.565
Fas	54.641
Azerbaycan	42.065
Arjantin	28.808
Sırbistan	10.428
Cezayir	8.538
Rusya	7.900
Diğer	53.693
Toplam	697.563

Çizelge 1.2 incelendiğinde 2021 yılında Türkiye’nin 192.012 ton ayva üretimi ile dünyada lider konumda olduğu görülmektedir. Türkiye 2021 yılında dünya ayva üretiminin %27,53’ünü gerçekleştirmiştir.

Türkiye’de 2020/21 hasat sezonunda 192.012 ton ayva üretimi yapılmıştır. Çizelge 1.3’te 2021 yılında en çok ayva üreten iller ve üretim miktarları gösterilmektedir (TÜİK, 2023).

Çizelge 1.3. İllere göre 2021 yılında Türkiye’de ayva üretimi (TÜİK, 2023)

İl	Üretim Miktarı (ton)
Sakarya	103.394
Bursa	15.211
Denizli	7.480
Çanakkale	7.135
Bilecik	6.440
İzmir	4.316
Amasya	4.163
Isparta	4.046
Kocaeli	3.984
Manisa	2.364
Diğer	37.642
Toplam	192.012

Çizelge 1.3 incelendiğinde Türkiye’de yapılan ayva üretiminin %53,85’i Sakarya’da gerçekleştirildiği görülmektedir. Ayva üretiminde Sakarya’yı takip eden iller sırasıyla Bursa, Denizli, Çanakkale, Bilecik, İzmir ve Amasya olmuştur.

Ayva meyvesi Türkiye’de bolca yetiştirilen meyve çeşitlerinden yalnızca biridir. Aynı zamanda bu çalışmanın konusu olan elma meyvesi de Türkiye’nin çoğu bölgesinde yetiştirilmektedir.

1.3. Dünyada ve Türkiye’de Elma Yetiştiriciliği

Dünya çapında fazlaca yetiştirilen ve tüketilen elma meyvesinin kültüre alınması çok eski tarihlere dayanmaktadır. Ilıman iklim kuşağında yetiştirilebilen elma meyvesinin Kuzey Amerika, Yakın Doğu, Orta Asya ve Çin olmak üzere dört farklı anavatanı bulunmaktadır (Özçağırın vd., 2005).

Elma *Rosaceae* (Gülgiller) familyası, *Pomoideae* alt familyası, *Malus* cinsine mensup bir meyvedir. Ilıman iklim meyve türleri arasında en fazla üretimi yapılan tür olarak bilinmektedir. Ağaç ya da ağaççık şeklinde büyüeyebilen elma ağacı kışın yapraklarını dökmektedir. Elma ağacı kış soğuklarına karşı dayanıklı olması ile bilinmektedir. Kışın dinlenme döneminde -35 °C, -40 °C'ye kadar, bir yıllık dalları ise -20 °C'ye kadar dayanmaktadır. Elmanın bazı türleri (Antonovka, Kırmızı Astrakan, Gravenstein, Jonathan, McIntosh ve Northern Spy) diğer türlere göre soğuklara daha dayanıklıdır. Ağır ve az geçirgen toprak tipinde iyi gelişim gösteremeyen elma meyvesi; Tınlı, tınlı-kumlu veya kumlu-tınlı karakterdeki topraklarda çok daha iyi gelişim gösterebilmektedir. Kökleri toprak içerisinde derinlere uzanmadığı için taban suyunun 1 m'ye kadar yükseldiği yerlerde rahatlıkla yetiştirilebilmektedir (Özçağırın vd., 2005).

Elma vitamin ve mineral yönünden besleyici bir meyvedir. Taze elmanın %84'ü sudan, %16'sı ise kuru maddeden oluşmaktadır. Kuru madde içerisinde karbonhidratlar, proteinler, vitaminler ve mineral maddeler yer almaktadır. Elma tüketiminin insan sağlığı üzerinde önemli faydaları bulunmaktadır. Örneğin; elma, kandaki asit-baz dengesini korumaktadır. Nitekim İngiltere'de yapılan bir araştırmada, günde bir elma yemenin kanser riskini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir (Oğuz ve Karaçayır, 2009).

Vitaminler ve mineral maddeler bakımından zengin olan elma meyvesi üretimi 2021 yılında dünyada 4.822.260 hektar alanda 93.144.358 ton olarak gerçekleştirilmiştir (FAO, 2023). Çizelge 1.4'te dünyada en fazla elma yetiştiriciliği yapılan ülkeler ve elma üretim miktarları gösterilmektedir.

Çizelge 1.4. Dünyada 2021 yılında elma üretimi (FAO, 2023)

Ülke	Üretim Miktarı (ton)
Çin	45.983.400
Türkiye	4.493.264
Amerika	4.467.206
Polonya	4.067.400
Hindistan	2.276.000
İran	2.241.100
Rusya	2.216.200
İtalya	2.211.240
Fransa	1.633.080
Şili	1.556.805
Diğer	26.465.869
Toplam	93.144.358

Çizelge 1.4 incelendiğinde 2021 yılında en fazla elma üretimi yapan ülkenin Çin olduğu görülmektedir. Çin 2021 yılında dünya elma üretiminin %49,37'sini gerçekleştirmiştir. Türkiye dünya elma üretiminde Çin'den sonra ikinci sırada yer almaktadır (FAO, 2023).

Türkiye'de 2021 yılında 4.493.264 ton elma üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu üretim içerisinde Starking çeşit elma en çok yetiştirilen çeşit olmuştur. Çizelge 1.5'te Türkiye'de 2021 yılında yetiştirilen elma çeşitleri ve üretim miktarları yer almaktadır (TÜİK, 2023).

Çizelge 1.5. Türkiye'de 2021 yılında üretilen elma çeşitleri ve üretim miktarları (TÜİK, 2023)

Elma Çeşidi	Üretim Miktarı (ton)
Starking	1.698.067
Golden Delicious	1.091.226
Amasya	242.251
Granny Smith	184.709
Diğer	1.277.011
Toplam	4.493.264

Çizelge 1.5 incelendiğinde 2021 yılında en çok üretilen elma çeşidinin %37,8 oranıyla Starking olduğu görülmektedir. Golden Delicious en çok yetiştirilen elma çeşitleri arasında %24,3 oranında üretilerek ikinci sırada yer almıştır.

1.4. Dünyada ve Türkiye'de Şeftali ve Nektarin Yetiştiriciliği

Şeftali yetiştiriciliği dünyanın her iki yarım küresinde ve ülkemizin hemen hemen her yerinde çok eski yıllardan beri yapılmaktadır. Anavatanı Çin olan şeftali (*Prunus persica* L.) meyvesi, gülgiller (*Rosaceae*) familyasından bir yaz meyvesidir. Şeftali, Orta Asya'nın yüksek dağları üzerinden ve eski göç yolu ile Buhara, Keşmir ve İran'a gelmiş, oradan da Anadolu yoluyla Avrupa'ya yayılmıştır. Yunanistan ve Roma'ya geçişi miladi tarihin başlarına rastlamaktadır. Aynı tarihlerde Fransa ve İtalya'ya da götürüldüğü bilinmektedir. 1600 senesinden beri en az 200 yıl Fransa'da ıslah edilmiş ve çeşitleri arttırılmıştır (Anonim, 2022).

Nektarin şeftali meyvesinin bir çeşididir ve bir adet gen mutasyonu ile tüylerini kaybetmiştir (Vendramin vd. 2014). Şeftali ile nektarin arasındaki ana fark bu iki meyvenin dış yüzeyindeki pürüzlülük durumundan kaynaklanmaktadır. Şeftali tüylü bir dış yüzeye sahipken, nektarinin tüysüz ve pürüzsüz bir dış yüzeyi bulunmaktadır. Şeftali potasyum ve lif içeriğinin yanı sıra önemli miktarda antioksidan, A ve C vitamini içermektedir. Nektarin ise bünyesinde şeftaliye göre iki katı miktarda A vitamini, nispeten yüksek C vitamini ve yüksek oranda potasyum bulundurmaktadır (Morrison, 2021).

Şeftali meyvesinin ağaç boyu kültür ve yabanilerde 4–6 metre arasında değişim göstermektedir. Taç yapısı yuvarlak ve yaygındır. Gövdesi düz, gövde kabuğu genç bitkilerde kırmızımsı kahverengidir. Yaşlandıkça yeşilimsi kahverengi rengini almaktadır. Çok fazla yan dal oluşturmamaktadır. Orta kalınlıkta dal sayısı fazladır. Yaprakları mızrak şeklinde, yaprağın boyu eninden fazladır. Yaprak sarımsı yeşilse meyve eti sarı; yaprak yeşilse meyve eti beyaz veya yeşilimtrak beyaz olmaktadır. Kökleri orta derinliğe kadar uzanım göstermektedir, kök yapısı saçak köktür. Şeftali çeşitlerinin hemen hepsi kendine verimlidir. Şeftalinin tozlanması birinci dereceden arılar ya da böcekler gerçekleştirmektedir. Tüylü ve tüysüz çeşitleri bulunmaktadır. En genel ifade ile tüysüz şeftaliler nektarin olarak isimlendirilmektedir (Anonim, 2011).

Şeftali değişik iklim şartlarına uyum gösterebilen bir meyve çeşididir. Ülkemizde sıcak iklim Akdeniz ve Ege Bölgesi, ılıman iklime sahip Marmara Bölgesi ve soğuk iklime sahip Doğu Anadolu Bölgesi'nde şeftali yetiştiriciliği yapılmaktadır. Şeftali erken çiçek açan meyve türlerindedir. Çiçekler açıldıktan sonra erken ilkbahar donlarının meydana gelmesi durumunda ürün zarar görebilmektedir. Yaz sıcaklığının düşük olduğu bölgelerde meyvelerin olgunlaşması gecikir ve meyve kalitesi düşer. Şeftali meyvesi süzek kumlu tınlı, milli, çakıllı, derin ve çabuk ısınan alüvyal topraklarda iyi gelişim göstermektedir. Özellikle üst tabakası milli, çakıllı topraklarda iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Şeftali meyvesi yetiştiriciliği için toprak pH değeri 6–7 arası olmalıdır (Anonim, 2011). Nektarin meyvesi şeftali meyvesinin bir çeşidi olduğu için şeftali meyvesine uygun koşullarda yetiştirilmektedir.

Ülkemizin hemen her yerinde çok eski yıllardan beri üreticiliği yapılan şeftali meyvesi taze olarak tüketilebildiği gibi reçel, marmelat şeklinde ya da kurutulmuş olarak tüketilebilmektedir. Şeftali meyvesi meyve suyu konsantresi olarak, pulp şeklinde ya da derin dondurucu ile uygun koşullarda uzun süre muhafaza edilebilmektedir. Şeftali ve nektarin meyvelerinin insan sağlığına birçok açıdan faydası bulunmaktadır. Bu faydalardan bazıları aşağıda maddeler halinde sunulmuştur (Anonim, 2011):

- Kanı zehirden temizlemek
- İdrar söktürücü nitelikte olmak
- Safra kesesi ve böbrekler için fayda sağlamak
- Hazmı kolaylaştırmak
- Kilo kaybını kolaylaştırmak
- Kansere ve kalp krizine karşı koruyucu özellikte olmak

Zengin besin içeriğine sahip şeftali ve nektarin meyvelerinin üretimi, FAO verilerine göre en çok Asya'da (%70,8) yapılmakta, üretimin %16,7'si Avrupa'da gerçekleştirilmektedir. Ayrıca söz konusu üretimin %8'i Amerika'da, %4,2'si Afrika'da yapılmaktadır. Okyanusya'da uygun iklim olanakları olmaması dolayısıyla şeftali ve nektarin üretimi diğer bölgelere kıyasla yok (%0,3) denecek kadar azdır (FAO, 2023).

FAO 2021 verilerine göre dünyada en çok şeftali ve nektarin üreten ülke 16 milyon ton üretim ile Çin olmuştur. Çizelge 1.6'da dünyada en çok şeftali ve nektarin üreten ülkeler ve üretim miktarları sunulmuştur.

Çizelge 1.6. Dünyada 2021 yılı şeftali ve nektarin üretim miktarları (FAO, 2023)

Ülke	Üretim Miktarı (ton)
Çin	16.000.000
İspanya	1.197.840
İtalya	996.860
Türkiye	891.857
Amerika	730.530
İran	687.214
Yunanistan	591.060
Şili	308.578
Mısır	244.229
Meksika	217.266
Diğer	3.128.918
Toplam	24.994.352

Çizelge 1.6 incelendiğinde dünyada gerçekleştirilen şeftali ve nektarin üretiminin %64'ünü Çin'in gerçekleştirdiği görülmektedir. Dünyada en çok şeftali ve nektarin üreten ikinci ülke konumundaki İspanya'nın dünya şeftali ve nektarin üretimindeki payı ise %4,79 oranındadır. Söz konusu sıralamada Türkiye %3,57'lik üretim oranıyla dördüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2023).

Şeftali Türkiye tarımında ve ekonomisinde önemli bir konumda bulunmaktadır. Şeftali ve nektarin daha çok Marmara, Ege, Karadeniz ve Akdeniz Bölgesi'nde yetiştirilmektedir.

Çizelge 1.7'de Türkiye'de 2022 yılında şeftali ve nektarin üretim miktarları görülmektedir (TÜİK, 2023).

Çizelge 1.7. Türkiye'de 2022 yılında şeftali ve nektarin üretim miktarları (TÜİK, 2023)

Şeftali Üreten İl	Şeftali Üretim Miktarı (ton)	Nektarin Üreten İl	Nektarin Üretim Miktarı (ton)
Çanakkale	163.871	Çanakkale	49.368
Mersin	134.210	Mersin	53.387
Bursa	105.586	Bursa	45.340
Denizli	94.503	Adana	21.512
İzmir	65.769	Denizli	6.404
Bilecik	35.651	Hatay	5.136
Antalya	26.939	İzmir	3.613
Aydın	20.897	Balıkesir	1.374
Tokat	20.141	Antalya	1.298
Sakarya	17.241	Bilecik	1.000
Diğer	118.706	Diğer	16.239
Toplam	803.514	Toplam	204.671

Çizelge 1.7 incelendiğinde 2022 yılında Türkiye'de en çok şeftali ve nektarin üretiminin Çanakkale ilinde yapıldığı görülmektedir. Çanakkale ili Türkiye şeftali üretiminin %20,4'ünü, Türkiye nektarin üretiminin ise %24,1'ini gerçekleştirmektedir. 2022 yılında Türkiye'de Çanakkale'den sonra en fazla şeftali ve nektarin üretimi yapan ikinci il Mersin, üçüncü il ise Bursa olmuştur (TÜİK, 2023).

Meyve üretiminin tüm aşamalarında meyve kalitesinin korunması oldukça önemlidir. Bir meyvede meydana gelen mekanik hasar yığının kalitesini de olumsuz etkilemektedir. Gerek hasat sırasında gerekse hasat sonrası işlem basamaklarında meyve kalitesinin bozulmaması için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

1.5. Meyvelerde Mekanik Hasar

Tarımsal ürünler hasat esnasında ya da hasat sonrasında gerçekleştirilen işlemler zincirinin herhangi bir halkasında mekanik hasar alabilmektedir. Mekanik hasar tarımsal ürünlerde zedelenme, ezilme, yırtılma, kesilme vb. şekillerde görülebilmektedir (Kara, 2012). Tarımsal ürünlerin yapılarının bozulması sonucu mekanik dirençleri azalmaktadır. Söz konusu mekanik hasar tarımsal ürünlerin depolama ömrünü kısalttığı gibi yığın kalitesini de olumsuz etkilemekte ve genel kaliteyi düşürmektedir (Sıtkei, 1986).

Meyvenin mekanik hasara maruz kaldığı dış yüzeyindeki renk değişiminden anlaşılabilir. Meyve hasar aldıktan sonra hasarlı bölgeye oksijen temas etmesi durumunda meyve dış yüzeyinde kahverengileşme oluşmaktadır. Meyvelere kuvvet etkimesi sonucunda ortaya çıkan renk değişiminin görülme olasılığı ve şiddeti meyvenin olgunluk durumu, çeşidi vb. birkaç faktöre bağlı olarak meydana gelmektedir. Hasar aldıktan sonra yapısında renk değişimi meydana gelen meyvelere elma, armut, çilek, vişne gibi meyveler örnek verilebilir (Opara ve Pathare, 2014). Hasara bağlı renk değişimi meyvenin iç yapısında da meydana gelebilmektedir. Bunun sebebi renk değişimi için gerekli oksijenin meyve içerisinde hücreler arasındaki bölgelerde mikro düzeyde bulunan havadan sağlanmasıdır (Sıtkei, 1986).

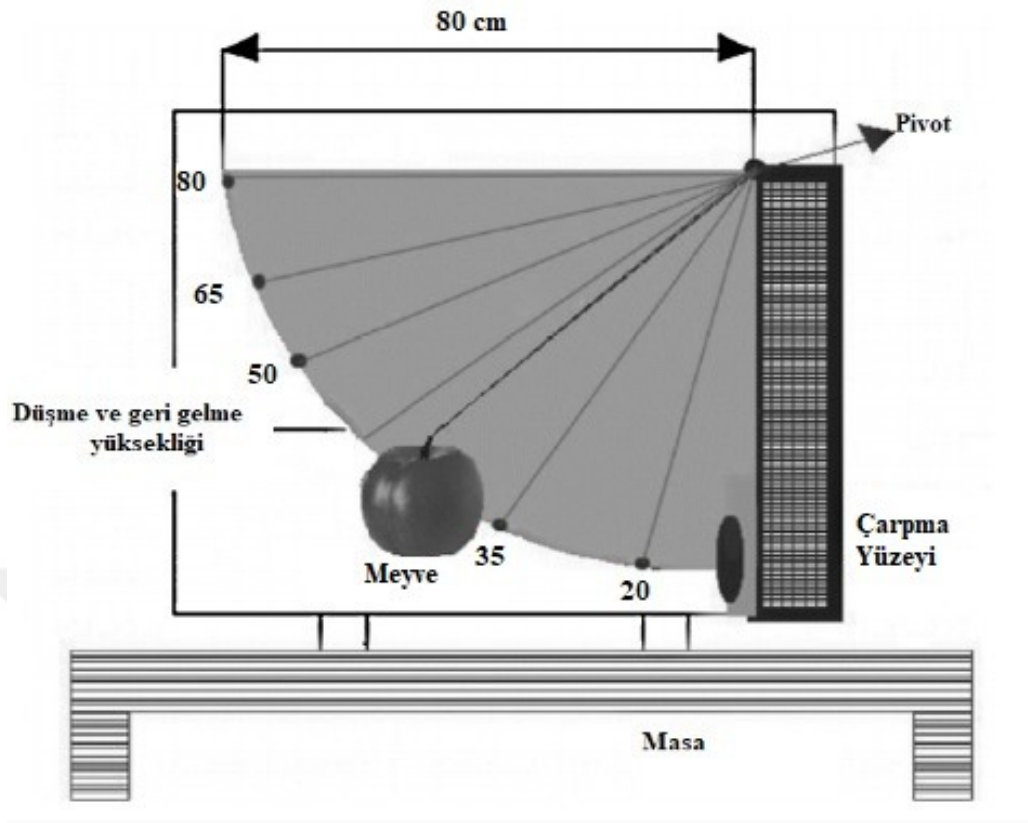
Meyvelerde mekanik hasarı azaltmanın birkaç yolu bulunmaktadır. Bunlardan birincisi mekanik hasara direnç gösterebilecek kalitede ürünlerin yetiştirilmesidir. İkincisi meyveler hasara karşı dayanım gösterebilme olumuna ulaştığı takdirde hasadın gerçekleştirilmesidir. Üçüncüsü ise hasat sonrası ürünlere minimum düzeyde kuvvet uygulayacak sistemlerin kullanılmasıdır (Sıtkei, 1986)

1.6. Meyvelerde Mekanik Hasarın Belirlenmesi ve Ölçüm Yöntemleri

Hasat sırasında ya da hasat sonrasında farklı sebeplerden dolayı meyvelerde mekanik hasar meydana gelebilmektedir. Mekanik hasara neden olan faktörler belirlenerek meyvenin hasar almaması ya da daha az hasar alması sağlanabilmektedir. Ayrıca meyvede meydana gelen mekanik hasarın boyutunun ve derinliğinin ölçümünü sağlayan yöntemler bulunmaktadır.

1.6.1. Sarkaç Düzeneği

Sarkaç düzeneği meyveye kontrollü olarak darbe uygulanıp oluşan hasarın gözlemlendiği, çarpma testleri için yaygın olarak kullanılan bir düzendir. Şekil 1.1’de çarpma testlerinin uygulandığı sarkaç düzeneği gösterilmektedir. Bu düzende her meyve çeşidine ait numunelerin kontrollü olarak çarptırıldığı farklı malzemelerden oluşan çarpma yüzeyleri bulunmaktadır. Ayrıca düzende meyvenin yüzeye çarpma ve geri gelme mesafelerinin ölçülebileceği, üzerinde belirli aralıklarla açılabilir bölümlere ayrılmış bir ölçü panosu bulunmaktadır. Meyve sarkaç düzeneğinde bir ip yardımıyla tutturulmaktadır (Polat vd., 2012).



Şekil 1.1. Sarkaç düzeneği (Polat vd., 2012)

Gerçekleştirilen denemelerde çarpmanın meydana gelebileceği farklı uzaklıklar ve birbirinden farklı çarpma yüzeyleri belirlenmektedir. Serbest bırakılan meyveler belirli bölgelerinden çarpmalara maruz bırakılmaktadır ve bu bölgelerde enerji absorpsiyonu sonucu zedelenmenin oluşması sağlanmaktadır (Lin ve Brusewitz, 1994).

Denemelerinde kullanılan çarpma parametreleri;

Absorbe edilen enerji,

Esneklik katsayısı,

Çarpma kuvveti şeklinde sıralanabilir.

Meyvenin esneklik katsayısı, meyvenin darbe absorbe etme özellikleri için bir ölçüdür. Absorbe edilen enerji, meyvenin ilk bulunduğu konumdaki sahip olduğu potansiyel enerji ile çarpma sonucunda geri geldiği ve hızının sıfırlandığı noktadaki potansiyel enerji farkından hesaplanmaktadır. Ancak çarpma sonrasında ikinci bir çarpmanın oluşması ölçümün doğru yapılabilmesi amacıyla engellenmelidir.

Çarpma sonucu meyvede oluşan zararın boyutunu etkileyen en önemli faktörlerden biri de meyve eti sertliğidir. Meyve eti sertliği, çarpma noktalarının her birinin yakınında bir noktadan meyve kabuğu soyularak, ölçülmektedir. Çarpma sonrasında oluşan zararın boyutlarının belirlenebilmesi için çarpma bölgesindeki renk koyulaşmasının beklenmesi gerekmektedir. Bunun için çarpma sonrası meyveler oda sıcaklığında 24 saat bekletilmelidir (Opara ve Pathare, 2014). Zedelenmelerin gözle görülmesi meyve çeşidine göre farklılık gösterebilmektedir. Bazı meyvelerin zedelenme durumu meyve kabuğunda görülebildiği gibi bazı meyvelerde kabuk soyulmadan görülememektedir. Zedelenmenin kabuk soyulmadan görülemediği durumlarda meyve kabuğu dikkatli bir şekilde soyularak zedelenme ortaya çıkarılmalı ardından zedelenen bölgenin uzunluk, genişlik ve derinlik değerleri bir ölçü aleti yardımıyla (dijital kumpas) ölçülerek kaydedilmelidir (Usta ve Öztekin, 2016).

1.6.2. Elektronik Küre

Çoğu araştırmacı sarkaç düzeneğinde gerçekleştirilen denemelerde meyve üzerinde oluşan hasarı birçok yönüyle ölçebilmek amacıyla elektronik küre kullanmaktadır (Resim 1.1). Elektronik küre boyut ölçüleri ve dış görünüş bakımından gerçek bir meyveye benzeyen, ilgili verileri ölçen ve depolayan bir cihazdır. Elektronik meyvenin içerisinde ivmeölçer bulunmakta ve temas ettiği noktadaki G kuvvetini ve hız değişimini belirleyebilmektedir. Bu cihaz ile çarpma etkilerinin konumu ve büyüklüğü tanımlanarak ivme-zaman profili çıkarılabilmektedir (Opara ve Pathare, 2014).

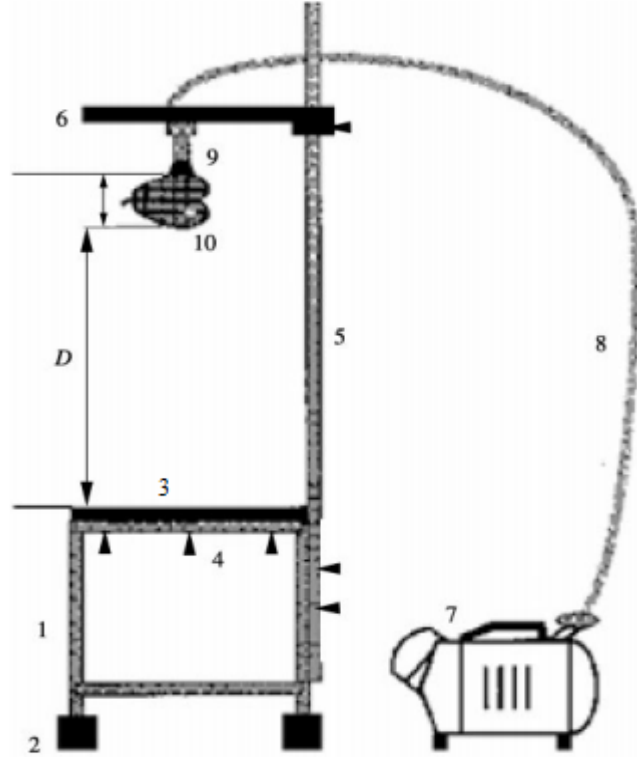
Resim 1.1.'de elektronik küre gösterilmektedir. Bu cihazdaki mekanik gerilmeler (statik basınç veya dinamik etkiler) ivmeölçer veya basınç sensörü kullanılarak kaydedilmektedir (Opara ve Pathare, 2014).



Resim 1.1. Meyvelerde çarpma etkisini ölçmek amacıyla kullanılan elektronik küre (Opara ve Pathare, 2014)

1.6.3. Meyve Düşürme Düzenegi

Düşürme deneyleri; meyvelerin belirli yüzeylere kontrollü olarak düşürülüp, oluşan hasarların analiz edilmesi ve ölçülmesi işlemlerine dayanmaktadır. Şekil 1.2’de meyve düşürme testleri için geliştirilmiş düzenek görülmektedir.



Şekil 1.2. Meyve düşürme test düzenegi:

(1) Düzenek çerçevesi; (2) Çerçevenin yükseklik ayar yeri; (3) Çarpma yüzeyi; (4) Çarpma yüzeyinin yükseklik ayar yeri; (5) Destek çubuğu; (6) Meyve örneği için askı çubuğu; (7) Vakum pompası; (8) Vakum borusu; (9) Meyve örneği için tutucu; (10) Düşmeye hazır meyve örneği; (D) Düşme yüksekliği (Menesatti vd., 1999).

Şekil 1.2'de gösterilen düzenek çelik alaşımlı bir çerçeveden, meyve örneğini askıya almak için tutucudan ve çarpma yüzeyini oluşturan çelik levhadan (çarpma yüzeyi malzemesi değiştirilebilir) oluşmaktadır. Meyvenin darbe alması istenen bölgesinin kontrollü olarak ayarlanması amacıyla meyvenin belirlenen bir noktası vakumlu başlık tarafından tutulmaktadır. Çarpma yüzeyi ile meyve örneği askı çubuğu arasındaki mesafe; düşme yüksekliği olarak adlandırılmaktadır ve bu mesafe istenilen yükseklikte ayarlanabilmektedir. Meyve örnekleri düşme deneyine alınmadan önce kütle (g), çap (mm), meyvenin en alt noktası ile en üst noktası arasındaki dikey mesafe, hacim (m^3) ve özkütle ($g\ cm^{-3}$) parametreleri ölçülmektedir (Menesatti vd., 1999).

1.7. Zedelenme ile Mekanik Parametreler Arasındaki İlişkiler

Bazı araştırmacılar, zedelenme seviyelerini kuvvet, düşme yüksekliği, çarpma hızı-ivme ve absorbe edilen enerji gibi mekanik parametrelerle ilişkilendirmeye çalışmışlardır. Bazı araştırmacılar da meyve küçük darbelere maruz kaldığında zedelenme meydana gelmebileceğini ancak belirli bir darbe enerjisi seviyesi aşıldığında gözle görülür zedelenme meydana geldiğini belirtmişlerdir. Temas sırasında, kademeli sıkıştırma veya darbeden kaynaklı aşırı mekanik enerjinin, zedelenme oluşumunu önemli ölçüde etkilediği birkaç araştırmacı tarafından gösterilmiştir. Zedelenme hacmi ile absorbe edilen enerji arasında doğrusal korelasyonlar olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur (Opara ve Pathare, 2014).

1.8. Zedelenme Belirleme Yöntemleri

Meyvenin dış yüzeyi altındaki dokuda bulunan mekanik hasarın varlığını tespit etmenin zor olduğu bilinmektedir. Çünkü tespitin doğruluğu, hasarın meydana geliş zamanı, hasar tipi ve şiddeti, meyve çeşidi, hasat öncesi ve hasat sonrası meyvenin hangi koşullarda olduğu gibi birçok farklı faktöre bağlıdır (Lu, 2003). Zedelenmenin tespiti genellikle elle yapılmakta ve sübjektif olarak değerlendirilmektedir. Hasar tespiti sırasında, ürün ayrımı yapan kişi patlama, çatlak veya delinme gibi mekanik hasarlardan etkilenen ürünleri kolayca tespit edip çıkarabilmektedir. Ancak bazı ürünlerde hasar varlığı genellikle anında gelişmediğinden ve kusurlu ürün anında tespit edilemeyeceğinden yeni zedelenmiş ürünler bu yöntemle tespit edilememektedir (Van Linden vd., 2008). Zedelenme varlığının görsel tespitine ek olarak, hasarın boyutunu, ciddiyetini karakterize etmek ve görsel değerlendirilmesine yardımcı olmak için standartlaştırılmış puanlara dayalı referans çizelgeleri kullanılmaktadır (Toivonen vd., 2007). Çizelge 1.8'de meyvelerde zedelenmeyi karakterize etmek, zedelenme değeri ve şiddetini tanımlamak için birçok araştırmacının farklı değerlendirmelerde buldukları görülmektedir (Opara ve Pathare, 2014). Meyvelerde zedelenme tespiti için çeşitli deneysel yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan birincisi biyokimyasal yöntemler, ikincisi ise fiziksel yöntemlerdir.

Biyokimyasal yöntemler kapsamında, mevcut hasarı onarmak için kullanılan enzimlerle ve kolaylıkla buharlaşabilen uçucu maddelerle yapılan analizler bulunmaktadır. Biyokimyasal yöntemler ürün için tahrip edici ve zaman alıcıdır. Fiziksel yöntemler ise sertlik veya doku analizi, akustik yöntem, rezonans frekansı yöntemi, ultrasonik yöntem, manyetik rezonans, floresans, ışık yansıtma, ışık iletimi, dielektrik özellikler, termal emisyon ve gecikmeli ışık yayımı gibi bir dizi algılama yöntemini kapsamaktadır (Knee and Miller, 2002).

Çizelge 1.8. Bazı araştırmacıların farklı meyve türleri için belirledikleri zedelenme değer aralıkları (Opara ve Pathare, 2014).

Zedelenme değer aralıkları	Değerlerin karşılıkları	Meyve çeşidi
0-3	0- Zedelenme yok	Elma
	1- Hafif dereceli	
	2- Orta dereceli	
	3- Őiddetli	
0-3	0- Zedelenme yok	Sofralık zeytin
	3- Ağır zedelenmiş	
1-4	1- Őiddetli	Tatlı kiraz
	2- Orta dereceli	
	3- Hafif dereceli	
	4- Zedelenme yok	
	0- Hafif dereceli	
	1- Orta dereceli	
	2- Őiddetli	
	3- Kesilmiş meyve	
1-9	1- Meyve kullanılmaz hâlde	Nar
	3- Her tarafı zedelenmiş	
	4- İyi durumda	
	7- Çok iyi durumda	
	9- Kusursuz	
0-1	0- Zedelenme var	Domates
	1- Zedelenme yok	

1.9. Zedelenme Miktarının Ölçülmesi

Zedelenme miktarını belirleme teknikleri genel olarak üç gruba ayrılabilir;

- Alanı ve/veya hacmi tahmin etmek için hasarlı doku boyutlarının elle ölçümü,
- Zedelenmiş dokunun görüntülenmesi ve ardından hasarın boyutunu ölçmek için görüntü analiz yazılımının kullanılması,
- Tahribatsız teknikler kullanılarak yapılan ölçüm ve analiz (Opara ve Pathare, 2014).

Meyvelerin zedelenme potansiyelinin incelenmesi amacıyla için ise birçok araştırmacı tarafından sıkıştırma testleri kullanılmıştır. Bu testlerde meyve belirlenen sıkıştırma oranında, iki yassı elik plaka arasında kontrollü olarak sıkıştırılmaktadır. Meyve iki plaka arasına dikey pozisyonda yerleştirilmekte üstteki elik plaka meyvenin üst kısmına, alttaki plaka da meyvenin alt kısmına sıkıştırma uygulamaktadır. Titreşim etkisiyle zedelenme meydana gelmesi amacıyla meyvelerin belirlenen titreşimin uygulandığı bir kaptaki serbest bir şekilde hareket etmesi sağlanmaktadır (Crisosto vd., 1993; Opara ve Pathare, 2014).

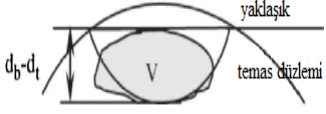
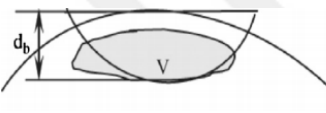
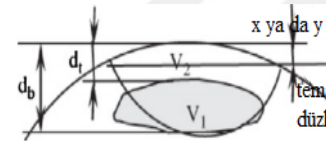
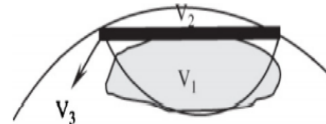
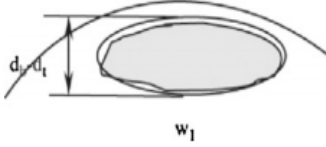
Meyve üzerindeki zedelenmenin şiddeti; zedelenme çapı, alanı veya hacmi olarak ifade edilebilir. Zedelenme çapının ve derinliğinin ölçülmesi ise hasarlı bölgenin boyutunu karakterize etmek için kullanılabilir. Baritelle vd. (2000), zedelenen bölgeleri, zedelenen yüzeye paralel ve art arda tüm zedelenme bölgesi boyunca 1 mm kalınlığında dilimler yaparak değerlendirmiş ve zedelenme hacmini, her bir dilimin zedelenme hacminin toplamı olarak hesaplamıştır.

Elmalar için farklı zedelenme hacmi tahmin yöntemleri karşılaştırılmış ve kullanılabilir tek bir tahmin yöntemi olmadığı, birden fazla yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Örneğin:

1. Zedelenme hacminin eliptik bir şekil olarak kabul edilip belirlenmesi,
2. Zedelenme hacminin, zedelenmenin sınırlarının belirlenmiş olduğu varsayılarak belirlenmesi (100 mm'den az düşme yükseklikleri için geçerli),
3. Küçük darbeler için zedelenme derinliği yöntemi (50 mm'den daha az düşüş),
4. Zedelenme hacminin elipsoidal yöntem ile belirlenmesi,
5. Zedelenme derinliği yöntemi, meyve yarıçapı gibi ek ölçümler gerektirmediğinden diğer yöntemlere kıyasla daha basit bir teknik olarak kabul edilir (Bollen vd., 1999).

Çizelge 1.9'da zedelenme hacminin hesaplanması için kullanılan farklı yöntemlerin formülleri verilmiştir (Opara ve Pathare, 2014).

Çizelge 1.9. Zedelenme hacminin hesaplanmasında kullanılan farklı ölçüm yöntemlerinin formülleri (Opara ve Pathare, 2014).

Zedelenme hacim yöntemi/şekli	Zedelenme hacim formülü (Daire veya Elips)
<p>Zedelenme derinliği</p> 	$V = \frac{\pi(d_b-d_t)}{24} (3w_1^2 + 4(d_b - d_t)^2)$ (Daire) $V = \frac{\pi(d_b-d_t)}{24} (3w_1w_2 + 4(d_b - d_t)^2)$ (Elips)
<p>Tam derinlik</p> 	$V = \frac{\pi d_b}{24} (3w_1^2 + 4d_b^2)$ (Daire) $V = \frac{\pi d_b}{24} (3w_1^2 + 4d_b^2)$ (Elips)
<p>Sınırları belirlenmiş zedelenme</p> 	$V = \frac{\pi}{24} (3w_1^2 d_b + 4(d_b - x)^3 + 4x^3)$ (Daire) $V = \frac{\pi}{24} (3w_1^2 d_b + 4(d_b - y)^3 + 4y^3)$ (Elips)
<p>Yalnızca zedelenen kısım</p> 	$V = \frac{\pi}{24} \left(3w_1^2 (d_b - d_t) + 4(d_b - x)^3 + 4(d_t - x)^3 \right)$ (Daire) $V = \frac{\pi}{24} (3w_1w_2 (d_b - d_t) + 4(d_b - y)^3 + 4(d_t - y)^3)$ (Elips)
<p>Elipsoid</p> 	$V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{(d_b-d_t)w_1^2}{8} \right)$ (Daire) $V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{(d_b-d_t)w_1w_2}{8} \right)$ (Elips)

Çizelge 1.9'da;

V : Tahmini zedelenme hacmi (mm^3),

d_b : Tam zedelenme derinliği (mm),

d : Meyve yüzeyinden itibaren zedelenmenin üstüne kadar olan derinlik (mm),

R : Zedelenmiş meyvenin yarıçapı (mm),

$w_{1,2}$: En büyük ve en küçük eksenler boyunca zedelenme genişlikleri (mm).

1.10. Zedelenme Tahmin Modelleri

Zedelenme tahmin modelleri, meyvelerin zedelenme hassasiyetleri hakkında bilgiler vermektedir ve bu da meyvelerin daha az hasarla işlenmesine olanak sağlamaktadır (Van Zeebroeck vd., 2007a). Birçok araştırmacı, zedelenme oranını tahmin etmek için farklı istatistiksel ve analitik modeller kullanmıştır (Opara ve Pathare, 2014). İstatistiksel modeller, bağımsız ana değişken olarak temas enerjisini veya darbe kuvvetini içermektedir (Van Zeebroeck vd., 2007b).

Çarpma enerjisini içeren zedelenme tahmin modeli çok sayıda deneysel çalışma gerektirmektedir (Lu vd., 2010). Meyve sıcaklığı, olgunluğu, eğrilik yarıçapı gibi meyve iç faktörlerinin temas gücü üzerinde etkisi bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı ayva, elma, nektarin ve şeftali meyvelerinin farklı yüksekliklerden (20, 35, 50, 65 ve 80 cm), farklı yüzeylere (ahşap, kauçuk ve çelik) çarptırılması sonucu meydana gelen zedelenmenin tahminine yönelik matematiksel modellerin geliştirilmesidir. Elde edilen modeller sayesinde meyvelerin hasat ve hasat sonrası işlemlerine yönelik kullanılan sistemlerin tasarımında meyve zedelenme miktarını azaltmaya yönelik önlemlerin alınmasında önemli rol oynayacağı düşünülmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ahmadi vd. (2010), şeftali meyvesinde zedelenme hassasiyetini ölçmek amacıyla çoklu lineer regresyon analizleri kullanarak iki zedelenme tahmin modeli oluşturmuşlardır. Birinci modelde bağımsız değişkenler olarak pik temas kuvveti ile akustik sertlik, meyve sıcaklığı ve eğrilik yarıçapı olmak üzere üç adet meyve özelliği kullanmışlardır. İkinci modelde pik temas kuvveti yerine darbe enerjisini kullanmışlardır. Şeftalileri üç çarpma düzeyinde bir sarkaç düzeneği ile dinamik yüklemeye tabi tutmuşlardır. Akustik sertlik, sıcaklık, eğrilik yarıçapı ve bazı diğer etkenlerin zedelenme üzerindeki önemli etkilerini model 1 ve 2 için sırasıyla 0.97 ve 0.98 belirleme katsayısı ile %5 önem düzeyinde önemli bulmuşlardır. Sıcaklığın düşürülmesi, eğrilik yarıçapı ve akustik sertliğin artırılmasıyla şeftali meyvesinde zedelenme hassasiyetinin azalacağı sonucuna ulaşmışlardır.

Ahmadi (2012), kivi meyvesi ile yaptığı çalışmada çarpma özellikleri ve meyve özellikleri gibi zedelenme duyarlılığını etkileyen faktörleri incelemiştir. Çoklu lineer regresyon analizlerini kullanarak kivi meyvesinde oluşabilecek zedelenme hassasiyeti için iki zedelenme tahmin modeli oluşturmuştur. Araştırmacı kivi meyvelerini bir sarkaç düzeneği ile üç çarpma düzeyinde dinamik yüklemeye tabi tutmuştur. Bunun sonucunda akustik sertlik, sıcaklık ve meyvenin eğrilik yarıçapının zedelenmeye etkileri %5 önem seviyesinde önemli bulunmuştur.

Usta ve Öztekin (2016), şeftali meyvesinin iki çeşidi ile yapmış oldukları çalışmada çarpma parametreleri ile zedelenme arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamışlardır. Denemeleri sarkaç düzeneği üzerinde 10-50 cm arasında beş farklı yükseklik belirleyerek gerçekleştirmişlerdir. Şeftalileri iki farklı bölgelerinden çarptırılmışlar ve zedelenme meydana geldiğinde zedelenme alanı ölçümü gerçekleştirmişlerdir. Şeftali meyveleriyle yaptıkları deneme koşullarında (aynı düşme yükseklikleri ve aynı yüzeyler) elektronik meyve düşürmüşler pik ivme ve hız değişim değerlerini elde etmişlerdir. Ardından elektronik meyve ile elde ettikleri bu değerler ile şeftali meyvelerinde meydana gelen zedelenme boyutları arasındaki ilişkiyi incelemiştir.

Bollen vd. (1999), elmada meydana gelen zedelenmelerin büyüklüğünü tahmin etmek için çeşitli yöntemler kullanmışlardır. Elmanın zedelenmiş bölgesinden kesit alıp ölçüm gerçekleştirmişlerdir. Aynı zamanda görüntü analizi tekniğini de kullanarak iki yöntemin sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Ancak oluşturdukları tahmin yöntemleriyle az zedelenmiş elmalarda hatalı sonuçlar elde etmişlerdir. Zedelenme alanının daire şekline benzetilerek yapılan hesaplama yerine zedelenme alanının elips şekline benzetilerek yapıldığı hesaplamayla daha doğru sonuçlara ulaşabildiklerini ortaya koymuşlardır. Zedelenme boyutlarına bağlı olarak zedelenme yönteminin tahmini için çeşitli yöntemler önermişlerdir.

Ragni ve Berardinelli (2001), bir meyve işleme tesisindeki meyve işleme makinelerinin kritik noktalarında darbe ölçümleri yapmışlardır. Daha sonra makinelerin kritik noktalarındaki bu darbeleri, elmaların aldıkları hasarı ve mekanik davranışlarını analiz etmek için laboratuvar ortamında tekrar etmişlerdir. Çoklu doğrusal regresyonlar kullanarak elmaların özellikleri, darbe seviyeleri, ardından oluşan zedelenmeleri ve meyvelerin mekanik davranışlarını açıklayan parametreler arasındaki korelasyonları belirlemişlerdir. Sonuç olarak yapılan çalışmada dinamik streslerin elmalar üzerindeki etkileri incelenirken darbe yarıçapı, meyve eti sertliği ve meyve etindeki şeker içeriği gibi özelliklerin dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışmış oldukları Golden Delicious, Stark Delicious, Granny Smith ve Rome Beauty çeşit isimlerine sahip dört çeşit meyveden Stark Delicious çeşidi elmanın darbelere karşı en dayanıklı meyve olduğunu ortaya koymuşlardır.

Sayyah-Afkari ve Shekarbeigi (2013), çalışmalarında mekanik hasarın tarımsal mekanizasyonun en önemli sorunlarından olduğunu, meyve ve sebzelerde önemli düzeyde kayıplara sebep olduğunu belirtmişlerdir. 360° çarpma testi gerçekleştirerek meyve sıcaklığının ve çarpma yüzeyi çeşidinin, meyve zedelenmesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre her iki faktörün de zedelenme alanının boyutu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Sıcaklığın artmasıyla zedelenme oranı azalırken, kinetik enerjinin artması zedelenme oranını arttırmıştır. Minimum ve maksimum zedelenme oranlarının, sırasıyla oluklu mukavva (%0,97) ve galvanizli demir (%2,26) kullanımına bağlı olduğunu görmüşlerdir. Red Delicious çeşidi elma ile yaptıkları uygulamada ideal meyve düşme yüksekliğinin maksimum 30 °C'de ve oluklu mukavva çarpma yüzeyinde 350 mm olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Tabatabaekoloor (2013), şeftali hasadı sonrası ayırma, taşıma ve paketleme gibi sistemlerin daha iyi tasarlanması ve modifikasyonu için çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bunun için iki İran şeftali çeşidinin (Elberta ve Spring Time) mühendislik özelliklerini ve zedelenme hassasiyetini belirlemiştir. Boyutlar, kütle, hacim, yüzey alanı, küresellik, statik sürtünme ve yuvarlanma direnci katsayıları gibi fiziksel ve mekanik özelliklerini, çeşitli yüzeylerde sertlik ve sıkıştırılabilirliklerini ölçmüştür. Ayrıca meyvenin, düşme yüksekliğinin (50, 100 ve 150 mm) ve çarpma yüzeyi malzemesinin (meyve, çelik ve kauçuk) zedelenme alanı ve hacmi üzerindeki etkisini incelemiştir.

Varyans analizi sonuçları, meyvenin boyut, hacim, kütle, yüzey alanı, yuvarlanma direnci katsayısı ve sertlik gibi bazı mühendislik parametreleri üzerinde önemli bir etkiye ($p<0.05$) sahip olduğunu göstermiştir. Zedelenme hacmi ve alanı üzerinde şeftali çeşidinin etkisinin olmadığını belirtmiştir. Temas yüzeyi malzemesi ve düşme yüksekliğinin zedelenme alanı ($p<0.01$) ve hacim ($p<0.05$) üzerinde anlamlı etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Verilerin ortalamalarını karşılaştırarak, her üç çarpma yüzeyine temas eden meyvelerdeki zedelenme alanlarının birbirinden önemli ölçüde farklı olduğunu ancak kauçuk yüzeyde, zedelenme hacminde önemli bir değişiklik olmadığını ortaya koymuştur. Zedelenme alanı yalnızca 50 ve 150 mm düşme yükseklikleri için büyük ölçüde farklıyken, zedelenme hacmi her üç düşme yüksekliğinde de önemli farklılık göstermiştir. Tabatabaekoloor (2013), sonuç olarak bazı mühendislik parametrelerinin şeftali çeşitlerine bağlı olarak değiştiğini, tasnif ve iletim sistemlerinin tasarımında ayrıca dikkat edilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Tasnif veya paketleme hatlarında güvenli düşme yüksekliğinin dikkate alınması ve temas yüzeyi malzemesinin buna uygun seçilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Abedi ve Ahmadi (2013), çalışmalarında meyvelerde zedelenme hasarını azaltmak için meyve özelliklerinin zedelenme hassasiyetine etkisinin bilinmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Golden Delicious çeşidi elmalarda zedelenme seviyesini belirlemek için istatistiksel zedelenme tahmin modelleri oluşturmuşlardır. Regresyon modelleri, meyve eğrilik yarıçapı, sıcaklık ve akustik sertlik (meyve ve sebzelerin dokusunun/sertliğinin bir ölçüsü) dahil olmak üzere diğer parametrelerle birlikte ana bağımsız değişkenler olarak pik temas kuvveti (PF) ve darbe enerjisine bağlı olarak oluşturulmuştur. Kuvvet ve enerji modelleri için sırasıyla 0,87 ve 0,93 belirleme katsayıları ile akustik sertlik, sıcaklık ve eğrilik yarıçapının zedelenme üzerindeki önemli etkilerini elde etmişlerdir. Sıcaklığın artırılması ve akustik sertliğin düşürülmesinin meyvede zedelenme hasarını azalttığını göstermişlerdir.

Düşük eğrilik yarıçapına sahip Golden Delicious çeşidi elmalarda büyük elmalara kıyasla düşük darbe seviyelerinde daha fazla zedelenme hasarı olduğu gözlemlenmiştir. Ancak tersi durumunda yüksek darbe seviyelerinde küçük meyvelerin daha az hasar aldığı görülmüştür. Sonuç olarak bu çalışmada tüm darbe seviyelerinde pik temas kuvveti (PF) ve darbe enerjisini içeren modellerin tahmin edilen zedelenme hacimleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

Rostampour ve Motlagh (2018), çalışmalarında iletim hatlarındaki titreşimin elmalarda oluşan zedelenme hasarının ana nedeni olduğunu belirtmişlerdir. İletim hatlarındaki titreşim simülasyonunu kullanarak titreşim parametrelerinin (frekans ve ivme) ve meyve özelliklerinin (kütle, eğrilik yarıçapı ve akustik sertlik) Golden Delicious çeşidi elmada zedelenme hassasiyeti üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Titreşim ivmesinin artırılmasının zedelenme hacmini arttırdığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca titreşim frekansının artırılması zedelenmeyi azaltmıştır, ancak daha yüksek frekanslarda ($f \geq 13$ Hz), ivme değeri 0,5 g değerinden büyükse, tam tersi bir durumun meydana geleceğini ve frekansın artırılmasının zedelenme hacmini arttıracaklarını ortaya koymuşlardır. Elma kütesinin artırılması 0,5 g veya daha fazla ivmede ($a \geq 0,5$ g), zedelenme hacmini arttırmış ve 0,5 g değerinin altındaki ivmelerde zedelenme hacmini azaltmıştır. Sonuç olarak yüksek akustik sertliğe ve düşük eğrilik yarıçapına sahip elmaların daha hassas olduğunu vurgulamışlardır.

Opara ve Pathare (2014), çalışmalarında sebze ve meyvelerin zedelenmelere karşı hassasiyetlerinin veya zedelenmeye dirençlerinin bilinmesinin, hasat ya da hasat sonrası aşamalarda sebze ve meyvelerde meydana gelebilecek sorunların azaltılması adına stratejiler geliştirilmesinde önemli olduğunu vurgulamışlardır. Zedelenme ölçüm ve analiz yöntemlerinin standardizasyonunun meyve sebzelerde meydana gelebilecek zedelenmeleri önemli ölçüde azaltabileceğini belirtmişlerdir.

Menesatti ve Paglia (2001), düşmeye bağlı zedelenmeyi belirlemek amacıyla elma, armut, kayısı ve şeftali meyveleri üzerinde denemeler gerçekleştirmişlerdir. Geliştirmiş oldukları düşmeye bağlı zedelenme indeksinin (DDI), çoklu regresyon (MLR) modeline dayanan bir dizi istatistiksel adımların sonucu olduğunu belirtmişlerdir. DDI, her bir meyve çeşidi için meyve çeşidinin ve düşme yüzeyinin zedelenmeye etkisi dikkate alınarak belirlenmektedir. Maksimum düşme yüksekliğinde (mm cinsinden) her bir meyve çeşidinin zedelenme olasılığının %5 önem seviyesinde önemli olduğunu ifade etmişlerdir.

Menesatti, vd. (2001), çalışmalarında düşmeye bağlı meyve zedelenme tahmini için geliştirmiş oldukları zedelenme indeksinden (DDI) bahsetmişlerdir. Söz konusu zedelenme indeksinin ortalama bir zedelenme üzerindeki darbe etkisini ve meyveye bağlı farklı değişkenleri dikkate alan çoklu regresyon analizine dayandığını ifade etmişlerdir. Golden Delicious çeşidi elma üzerinde DDI hesaplaması açısından doğrusal ve doğrusal olmayan (üssel) çoklu regresyon modellerini karşılaştırmışlardır. Düşmeye bağlı zedelenmeler için istatistiksel açıdan en güvenilir modellerin logaritmik modeller olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar meyvede darbeye bağlı oluşabilecek zedelenmenin tahmin edilmesi amacıyla lojistik regresyon modeli uygulamışlardır. Lojistik regresyonun; düşme yüksekliği, sertlik ve meyve çapı ile diğer modellere kıyasla zedelenmeyi yüksek doğrulukla tahmin eden model olduğunu vurgulamışlardır.

Siyami, vd. (1988), elma meyvesi üzerinde yapmış oldukları çalışmada zedelenme hasarının genellikle meyvenin sert bir yüzeye ya da başka bir meyveye çarpmasıyla oluştuğunu belirtmişlerdir. Bir elma üzerinde oluşması muhtemel zedelenme hasarının büyüklüğünü tahmin etmek amacıyla elektronik meyve kullanmışlardır. Elektronik meyve ile kaydedilen darbe verileri kullanılarak muhtemel zedelenmeyi tahmin edebilecek uygun modeller oluşturulmuştur. Sonuç olarak çoklu lineer regresyon modeli ile doğruluk seviyesi yüksek zedelenme tahminleri elde edilmiştir.

Çelik ve Akıncı (2016), çalışmalarında birbirleri ile çarpışma etkisi altında kalan armut meyvesinin çarpışma süresince etkisinde kaldığı yapısal gerilmelerin zamana bağlı değişimini ve armut meyvesinde çarpışma sonucu oluşan zedelenme hacimlerini ileri düzey doğrusal olmayan (üssel) dinamik sonlu elemanlar analizi ile belirlemişlerdir. Armut meyvesini tersine mühendislik yaklaşımı ile dijital ortama aktarmışlar ve sonlu elemanlar yöntemi temeline dayanan, doğrusal olmayan (üssel) dinamik analiz yaklaşımı ile çarpışma durumunu simule etmişlerdir. Gerçekleştirilen simülasyonda iki adet armut meyvesinden birini 1 m mesafeden diğerinin üzerine düşürmüşlerdir. Sonuç olarak eşdeğer gerilme değerini çarpan armutlar için 0,395 MPa, çarpılan armutlar için 0,538 MPa ve zedelenme hacimlerini çarpan armutlar için 6278,40 mm³, çarpılan armutlar için 30197,41 mm³ olarak hesaplamışlardır.

Saraçoğlu, vd. (2011), çalışmalarında iki çeşit sofralık zeytin meyvesinin geometrik (boyut, küresellik, kütle, gerçek yoğunluk, hacim) ve sudaki hidrodinamik özellikleri (su içerisindeki kritik hız, sürüklenme kuvveti ve kaldırma kuvveti) ile meyvenin zedelenme alanı, zedelenme hacmi gibi özelliklerini belirlemişlerdir. Sonuç olarak en büyük zedelenme alanı ve zedelenme hacmi değerlerinin zeytin meyvelerinin paslanmaz çelik yüzeye çarpması ile elde edildiğini ifade etmişlerdir.

Yurtlu (2003), çalışmasında sıkıştırma ve darbe testi sistemi geliştirmiştir. Meyve ve sebze meydana gelebilecek deformasyonla ilgili bilgi elde etmek amacıyla meyve ve sebzeye sıkıştırma kuvveti uygulamış ardından biyolojik akma noktalarını araştırmıştır. Testlerde hıyar, domates, armut ve elma çeşitleri üzerinde çalışmalar gerçekleştirmiştir. Depolama süresinin biyolojik malzeme üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla ilgili sebze ve meyveleri farklı sürelerde ve koşullarda muhafaza etmiştir. Armut ve elma meyvelerinde zedelenme hacmini, absorbe edilen enerjiyi ve darbeye bağlı zedelenme hassasiyetini belirlemiştir. Ayrıca depolama süresi ve düşme yüksekliğinin birbirleri ile etkileşimlerini ortaya koymak amacıyla istatistiksel analiz gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak meyve sebze çeşidinin, depolama süresinin ve düşme yüksekliğinin tüm ölçüm parametrelerini önemli ölçüde etkilediğini vurgulamıştır.

Gürhan, vd. (2001), yapmış oldukları çalışmada üç yerli çeşit (Hacıhaliloğlu, Hasanbey ve Çöloğlu) kayısının yük altındaki mekanik davranışını belirlemişlerdir. Araştırmacılar kayısıları üç farklı eksende üç farklı deformasyon hızında yüklemişlerdir. Sonuç olarak deformasyon hızı artışının maksimum direnci gösteren kuvvet değerini arttırdığı ancak deformasyon enerjisi değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir.

Beyaz (2008), elmaların zedelenmelerine ilişkin gözlenebilir değişimlerini görüntü analiz tekniği ile belirlemeyi amaçlamışlardır. Araştırmada üç çeşit elma (Golden Delicious, Granny Smith, Stark Krimson) kullanılmıştır. Meyveler plastik ve ahşap yüzeylerden oluşan özel bir çarpma test ünitesine farklı yüksekliklerden çarptırılmıştır. Çarpma işlemi meyvenin simetrik iki noktası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çarpma sonrasında meyvede meydana gelen zedelenme yüzeyi dijital fotoğraf makinesi kullanılarak kaydedilmiştir. Elde edilen görüntüler bir görüntü analiz programı ile işlenmiştir. Görüntü analiz programı ile elde edilen veriler istatistiksel analize tabi tutulmuştur.

Zarifneshat vd. (2012), elmada zedelenme hacmini tahmin etmek için Yapay Sinir Ağı'nın (YSA) etkinliğini incelemiştir ve Yapay Sinir Ağı'nın üretken olduğu sonucuna ulaşmıştır. Geleneksel regresyon tekniklerinin tek bir çıktı ile bir veya daha fazla girdi arasındaki ilişkide kullanılabileceğini ancak birden çok girdi ve birden çok çıktı verilerini modellemek için bu yöntemin kullanılamayacağını ifade etmiştir. Yapay Sinir Ağı'nın birden çok girdi ve çıktı verilerini modelleme yeteneğine sahip olduğunu belirtmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel Materyal

Denemelerde materyal olarak elma (Golden Delicious), ayva (Ege 22), şeftali (Fresh White) ve nektarin (Extreme Red) meyveleri kullanılmıştır. Deneme materyallerinden olan elma meyvesi 2022 yılının Eylül ayında Manisa’da, ayva meyvesi 2022 yılının Kasım ayında İzmir’de, şeftali ve nektarin meyveleri 2022 yılının Haziran ayında İzmir’de üretici bahçelerinden elle toplanmıştır.

Golden Delicious elma çeşidinin (Resim 3.1) orijini ABD’dir. Meyvesi iri, açık sarı renkli ve meyve kabuğunun üzerindeki lentiselleri belirgindir. Meyve eti hafif mayhoş aromalıdır. Kışlık elmalar grubunda yer almaktadır. Hasadı Eylül ayının sonunda başlayıp Ekim ayında devam etmektedir (Demirsoy, 2021).



Resim 3.1. Golden Delicious elma çeşidi

Ege 22 ayva çeşidinin (Resim 3.2) orijini Türkiye'dir. Yöresel adı İstanbul'dur. Ağacı kuvvetli gelişim göstermektedir. Meyve şekli ovaldır ve rengi yeşilimsi sarıdır. Meyve et dokusu gevşek, meyve eti serttir. Orta aromalı, tatlı ve çok suludur ayrıca boğucu değildir (Anonim, 2023d).



Resim 3.2. Ege 22 ayva çeşidi

Şeftalinin orijininin Çin olduğu bilinmektedir ancak Fresh White çeşidi şeftalinin orijini İspanya'dır. Meyve eti gevrek yapıda ve suludur. Açık, güçlü gelişim göstermektedir ve çok verimlidir. Meyve şekli tam yuvarlağa yakındır (Resim 3.3) (Anonim, 2023e).



Resim 3.3. Fresh White şeftali çeşidi

Extreme Red çeşidi (Resim 3.4) nektarinin orijini İspanya'dır. Meyveleri yuvarlak, sarı etli, oldukça iri bir yapıya sahiptir. Meyve rengi tam kırmızıdır. Meyve eti gevrek ve suludur. Extreme Red çeşidi nektarin meyvesinin ağacı güçlü ve açık bir gelişim göstermektedir (Anonim, 2023f).



Resim 3.4. Extreme Red nektarin çeşidi

3.1.2. Denemelerde Kullanılan Cihazlar

Denemelerde kullanılan meyvelerin kütle ölçümünde Denver Instrument markalı hassas terazi kullanılmıştır. Hassas terazi maksimum 3100 g kapasiteye ve 0,01 g hassasiyete sahiptir. Meyvelerin ve meyve yüzeylerinde oluşan zedelenmiş bölgelerin boyut ölçülerinin belirlenmesi amacıyla MITUTOYO marka dijital kumpas, nem içeriğinin belirlenmesi amacıyla Memmert UNB 500 marka etüv cihazı, meyve sertlik ölçümlerinde 196 N kapasiteli 0.05 N hassasiyetli PCE FM200 dijital penetrometre kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Denemelerde kullanılan meyve çeşitlerinin her birinden 150'şer adet, toplamda ise 600 adet meyve, hasat olgunluğuna ulaştıkları dönemde, yerel üretici bahçelerinden dikkatli bir şekilde elle toplanarak polietilen kapların içerisinde elyaf malzemelere sarılı olarak laboratuvara taşınmıştır.

3.2.1. Meyvelerin Nem Analizi

Meyvelerin nem içeriğini belirlemek amacıyla her bir çeşit meyveden 10 adet numune seçilmiştir. Numunelerin çekirdekleri çıkarılmış, eşit parçalara bölünerek kaplara alınmıştır ve kapların darası alınarak meyveler tartılmıştır. Ardından meyveler etüv cihazına alınarak sabit ağırlığa ulaşmaya kadar etüvde 70°C'de bekletilmiştir. Sabit ağırlığa ulaşan meyvelerin nem içeriği yaş baza göre aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Alayunt, 2000);

$$n = \frac{W_0 - W_k}{W_0} \cdot 100$$

Burada;

n : Nem içeriği (%)

W_0 : Yaş ürün ağırlığı (g)

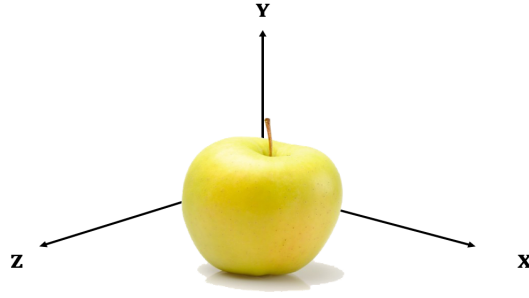
W_k : Kuru ürün ağırlığı (g)

3.2.2. Meyve Sertliğinin Belirlenmesi

Meyve sertliği ölçümleri dijital penetrometrenin 8 mm'lik ölçüm ucu ile gerçekleştirilmiştir. Her bir meyve çeşidinin sertlik ölçümü için 10 meyve kullanılmıştır. Ölçümler her bir meyvenin çarpma yüzeyi bölgesindeki 3 farklı noktadan gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Meyvelerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Denemelerde kullanılan tüm meyvelerin boyut özellikleri Resim 3.5'te elma örneğinde görüldüğü gibi elma ve ayva meyvelerinin belirli eksenleri baz alınarak ölçülmüştür (y ekseninde uzunluk, L ; z ekseninde kalınlık, T ve x ekseninde genişlik, W). Şeftali ve Nektarin meyvelerinin geometrik yapılarının farklılığı dolayısıyla en uzun kısmı uzunluk L , daha sonraki en geniş yanal kısmı genişlik W ve daha az olan yanal kısmı ise kalınlık T olarak ölçülmüştür. Meyvelerden elde edilen boyutsal veriler ile aşağıda sunulan eşitlikler kullanılarak geometrik ortalama çap, küresellik (%) ve yüzey alanı değerleri hesaplanmıştır (Mohsenin, 1986);



Resim 3.5. Meyve boyut ölçüm eksenleri

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

$$S_p = \frac{D_o}{L}$$

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

Burada;

D_o : Geometrik ortalama çap (mm)

L : Uzunluk (mm)

W : Genişlik (mm)

T : Kalınlık (mm)

S_p : Küresellik (ondalık)

S : Yüzey alanı (mm²)

Denemelerde kullanılan tüm numunelerin projeksiyon alanlarının belirlenmesi amacıyla her birinin meyve sap ekseninde ve meyve sap eksenine dik konumda 1 cm'lik kalibrasyon yüzeyiyle dijital görüntüleri kaydedilmiştir (Resim 3.6). Kaydedilen görüntüler ImageJ görüntü işleme programı ile analiz edilerek ortalama projeksiyon alanları (A_p) belirlenmiştir.



Resim 3.6. Meyvelerin dijital görüntülerinin alınması

Meyvelerin hassas terazi yardımıyla oda sıcaklığında havada ve su içerisindeki kütle ölçümleri gerçekleştirildikten sonra aşağıdaki eşitlik yardımıyla yoğunlukları belirlenmiştir (Masum, 2021);

$$\rho_m = \rho_s \cdot \frac{m_h}{m_s}$$

ρ_m : Meyvenin gerçek yoğunluğu (g cm^{-3}),

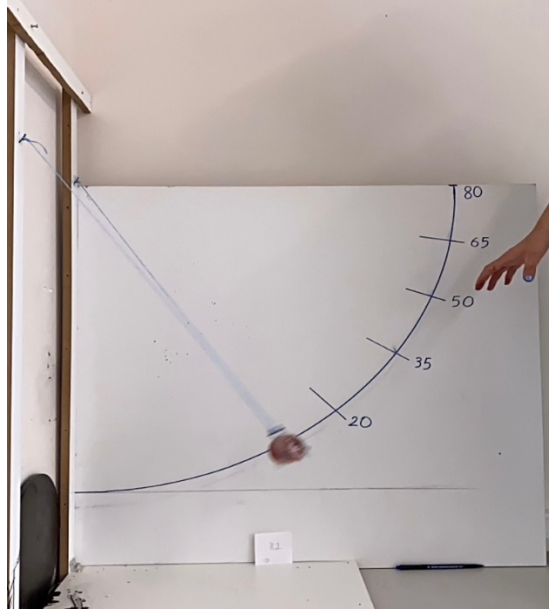
ρ_s : Suyun yoğunluğu (g cm^{-3}),

m_h : Meyvenin havadaki kütlesi (g),

m_s : Meyvenin su içerisindeki kütlesi (g).

3.2.4. Çarpma Denemeleri

Meyve çarpma denemeleri oluşturulan sarkaç düzeneği yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Resim 3.7). Çarpma düzeneğinde iki noktadan sabitlenen sarkaç kollarının merkez noktasında meyvenin sabitlenebileceği bir alan bulunmaktadır. Düzenekte sarkaç kolu maksimum çarpma yüksekliği olan 80 cm'e ayarlanmıştır.



Resim 3.7. Sarkaç çarpma test düzeneği

Esneklik katsayısının belirlenmesi amacıyla, çarpma denemelerinde meyveler, sarkaç düzeneğinde farklı yüksekliklerden (20 cm, 35 cm, 50 cm, 65 cm ve 80 cm), farklı yüzeylere (ahşap, çelik ve kauçuk) bırakılmıştır. Farklı yüksekliklerden serbest bırakılan meyvelerin yüzeylere çarpması sonucu oluşan sıçrama hareketleri, kamerayla kaydedilmiş ve ilk sıçramadan sonra tekrar çarpmayı engelleyecek şekilde meyvelere müdahale edilmiştir. Kayıt altına alınan görüntüler bilgisayar ortamında analiz edilerek geri sıçrama yükseklikleri belirlenmiştir. Meyvenin bırakıldığı yükseklik ve sıçrama sonrası geri gelme yüksekliği değerleri yardımıyla esneklik katsayısı değerleri aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır: Denemeler 20 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

$$e = \sqrt{\frac{h_1}{h_2}}$$

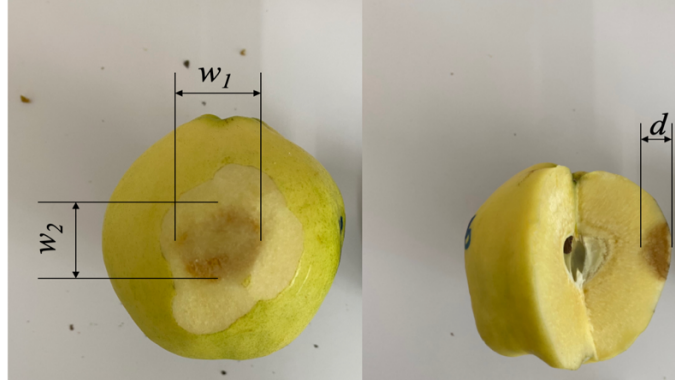
Burada;

e : Esneklik katsayısı,

h_1 : Sıçrama yüksekliği (cm),

h_2 : Çarpma yüksekliği (cm).

Zedelenme parametrelerinin belirlenmesinde de yine meyveler aynı esneklik katsayısının belirlenmesinde olduğu gibi farklı yüksekliklerden (20 cm, 35 cm, 50 cm, 65 cm ve 80 cm), farklı yüzeylere (ahşap, çelik ve kauçuk) bırakılmışlardır. Bunun sonucunda meyvelerde meydana gelen zedelenme alanı ve zedelenme hacmi Resim 3.8’de ayva örneğinde görülen zedelenme bölgesi boyutlarına göre aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir (Saraçoğlu vd., 2011). Meyvelerin zedelenmiş bölgelerinin renk değişiminin oluşması amacıyla en az 24 saat beklenmiş, zedelenmiş bölgeler belirginleştikten sonra ölçümler gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.8. Ayva meyvesi örneğinde zedelenme bölgesi boyutları

Zedelenme alanı;

$$Z_a = \frac{\pi}{4} w_1 \cdot w_2$$

Burada;

Z_a : Zedelenme alanı (mm²),

w_1 : Elips zedelenme alanı geniş eksen (mm),

w_2 : Elips zedelenme alanı dar eksen (mm),

Zedelenme hacmi;

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

Burada;

Z_h : Zedelenme hacmi (mm³)

d : Zedelenme derinliği (mm)

Meyvelerin arpıtığı yüzeylerin elastisite modülü (E) değerleri literatür değerlerinden alınmıştır. Çizelge 3.1’de çarpma yüzeyleri olarak kullanılan malzemelerin elastisite modülü (E) değerleri görülmektedir.

Çizelge 3.1. Üç farklı çarpma yüzeyine ait elastisite modülü değerleri (Callister ve Rethwisch, 2015)

Yüzey	E (Elastisite modülü) (GPa)
elik	207
Kauçuk	0.006
Ahşap	12.55

3.2.5. Zedelenme Alanı ve Zedelenme Hacminin Matematiksel Modellenmesi

Elde edilen verilerin matematiksel modellenmesinde izelge 3.2’de sunulan model formları denenmiştir. Buna göre elde edilen verilen her bir matematiksel form için Minitab programında %95 önem seviyesinde Stepwise regresyon analizine tabi tutulmuştur.

Zedelenme alanının ve zedelenme hacminin tahmin edilmesinde kullanılan her bir matematiksel form için aşağıdaki teorik ilişkiler esas alınmıştır.

$$Z_a = f(L, W, T, h, m, E, A_p)$$

$$Z_h = f(L, W, T, h, m, E, A_p)$$

Çizelge 3.2. Zedelenme alanının ve zedelenme hacminin tahmin edilmesi için geliştirilen matematiksel model formları

Model No	Model Adı	Z_a için Teorik Model Formu	Z_h için Teorik Model Formu
1	Doğrusal model	$Z_a = a + bL + cW + \dots + jA_p$	$z_h = a + bL + cW + \dots + jA_p$
2	Doğrusal olmayan (üssel) model	$Z_a = aL^b W^c \dots A_p^j$	$Z_h = aL^b W^c \dots A_p^j$

Yapılan analizler sonucunda elde edilen model formlarından en uygun olanını belirlemek için korelasyon katsayısı (r) değerleri kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Meyvelerin Nem İçeriklerine Ait Sonuçlar

Her bir meyve çeşidinin nem içeriği değerleri; ayva meyvesi için $81,42 \pm 1,29$, elma meyvesi için $82,03 \pm 0,41$, şeftali meyvesi için $86,89 \pm 2,45$ ve nektarin meyvesi için $84,19 \pm 0,70$ olarak belirlenmiştir.

4.2. Meyve Sertliğine Ait Sonuçlar

Meyvelerin sertlik değerleri analiz edilmiştir ve her bir meyve çeşidinin sertlik değerleri sırasıyla; ayva meyvesi için $69,45 \pm 8,74$ N, elma meyvesi için $50,61 \pm 6,32$ N, şeftali meyvesi için $19,71 \pm 2,14$ N ve nektarin meyvesi için $30 \pm 6,35$ N olarak belirlenmiştir.

4.3. Meyvelerin Fiziksel Özelliklerine Ait Sonuçlar

Denemelerde kullanılan ayva, elma, şeftali ve nektarin meyvelerinin fiziksel özelliklerine ait değerler Çizelge 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'te sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Ayva meyvesinin ortalama fiziksel değerlerine ait sonuçlar

Özellik	Ortalama \pm SS	En Büyük Değer	En Küçük Değer
Uzunluk (mm), L	$83,24 \pm 4,70$	95,34	73,85
Genişlik (mm), W	$77,98 \pm 3,50$	87,17	68,83
Kalınlık (mm), T	$73,79 \pm 3,58$	81,84	65,10
Kütle (g), m	$218,37 \pm 24,56$	284,95	161,82
Hacim (cm ³), V	$240,34 \pm 28,70$	369,83	136,71
Yoğunluk (g cm ⁻³), d	$0,91 \pm 0,06$	1,60	0,73
Ortalama projeksiyon alanı (mm ²), A_p	$4601,57 \pm 538,50$	6022,90	3389,84
Geometrik ortalama çap (mm), D_o	$78,21 \pm 3,24$	85,84	70,50
Yüzey alanı (mm ²), S	$19248,78 \pm 1595,60$	23149,96	15613,38
Küresellik (ondalık), S_p	$0,940 \pm 0,030$	0,996	0,855

Çizelge 4.2. Elma meyvesinin ortalama fiziksel değerlerine ait sonuçlar

Özellik	Ortalama±SS	En Büyük Değer	En Küçük Değer
Uzunluk (mm), <i>L</i>	64,18±2,94	73,74	59,99
Genişlik (mm), <i>W</i>	61,98±3,00	70,83	51,76
Kalınlık (mm), <i>T</i>	56,93±3,14	67,31	49,95
Kütle (g), <i>m</i>	110,63±13,60	157,24	88,32
Hacim (cm ³), <i>V</i>	133,16±17,75	194,66	104,20
Yoğunluk (g cm ⁻³), <i>ρ</i>	0,83±0,02	0,89	0,63
Ortalama projeksiyon alanı (mm ²), <i>A_p</i>	2952,58±367,21	4073,14	2195,70
Geometrik ortalama çap (mm), <i>D_o</i>	60,93±2,66	70,15	56,24
Yüzey alanı (mm ²), <i>S</i>	11687,06±1035,77	15461,18	9937,09
Küresellik (ondalık), <i>S_p</i>	0,949±0,02	0,992	0,890

Çizelge 4.3. Şeftali meyvesinin ortalama fiziksel değerlerine ait sonuçları

Özellik	Ortalama±SS	En Büyük Değer	En Küçük Değer
Uzunluk (mm), <i>L</i>	66,15±2,73	72,98	59,38
Genişlik (mm), <i>W</i>	64,45±2,79	72,52	58,54
Kalınlık (mm), <i>T</i>	62,42±2,83	70,89	53,37
Kütle (g), <i>m</i>	146,67±18,31	198,77	111,82
Hacim (cm ³), <i>V</i>	139,95±16,99	191,29	101,60
Yoğunluk (g cm ⁻³), <i>ρ</i>	1,05±0,062	1,21	0,682
Ortalama projeksiyon alanı (mm ²), <i>A_p</i>	3835,07±473,67	5015,35	2891,79
Geometrik ortalama çap (mm), <i>D_o</i>	64,31±2,59	71,49	57,89
Yüzey alanı (mm ²), <i>S</i>	13014,89±1051,46	16055,13	10529,90
Küresellik (ondalık), <i>S_p</i>	0,972±0,015	1,00	0,932

Çizelge 4.4. Nektarin meyvesinin ortalama fiziksel değerlerine ait sonuçları

Özellik	Ortalama±SS	En Büyük Değer	En Küçük Değer
Uzunluk (mm), <i>L</i>	65,43±4,29	78,21	52,03
Genişlik (mm), <i>W</i>	61,96±3,82	73,32	53,72
Kalınlık (mm), <i>T</i>	59,62±3,40	68,82	51,07
Kütle (g), <i>m</i>	132,85±21,59	195,30	84,95
Hacim (cm ³), <i>V</i>	127,34±21,34	198,09	83,96
Yoğunluk (g cm ⁻³), <i>d</i>	1,04±0,07	1,75	0,80
Projeksiyon alanı (mm ²), <i>A_p</i>	3143,49±550,05	4792,29	2041,66
Geometrik ortalama çap (mm), <i>D_o</i>	62,27±3,45	72,32	54,33
Yüzey alanı (mm ²), <i>S</i>	12219,17±1358,14	16433,36	9272,72
Küresellik (ondalık), <i>S_p</i>	0,949±0,03	1,00	0,889

Çalışmada kullanılan meyvelerin uzunluk, genişlik, kalınlık değerleri sırasıyla ayva meyvesi için 83,24 mm, 77,98 mm ve 73,79 mm, elma meyvesi 64,18 mm, 61,98 mm ve 56,93 mm, şeftali meyvesi için 66,15 mm, 64,45 mm ve 62,42 mm, nektarin meyvesi için ise 65,43 mm, 61,96 mm ve 59,62 mm olarak elde edilmiştir. Meyvelerin kütle değerleri incelendiğinde en yüksek kütleyle sahip meyvenin ayva meyvesi (218,37 g) olduğu belirlenmiştir. Meyvelerin boyutsal özelliklerine bağlı olarak en yüksek projeksiyon alanına sahip meyvenin ayva meyvesi (4601,57 mm²) olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.4. Meyvelerin Esneklik Katsayılarına Ait Sonuçlar

Denemelerde kullanılan ayva, elma, şeftali ve nektarin meyvelerinin esneklik katsayılarına ait değerler Çizelge 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. Ayva meyvesi esneklik katsayısı (*e*) değerleri

Yükseklik (cm)	Yüzey		
	Ahşap	Çelik	Kauçuk
20	0,298	0,380	0,401
35	0,269	0,355	0,407
50	0,270	0,384	0,400
65	0,301	0,369	0,410
80	0,280	0,359	0,416

Çizelge 4.6. Elma meyvesi esneklik katsayısı (*e*) değerleri

Yükseklik (cm)	Yüzey		
	Ahşap	Çelik	Kauçuk
20	0,450	0,483	0,352
35	0,464	0,422	0,384
50	0,478	0,394	0,371
65	0,481	0,398	0,374
80	0,470	0,397	0,358

Çizelge 4.7. Nektarin meyvesi esneklik katsayısı (*e*) değerleri

Yükseklik (cm)	Yüzey		
	Ahşap	Çelik	Kauçuk
20	0,254	0,299	0,392
35	0,247	0,308	0,394
50	0,233	0,302	0,347
65	0,214	0,320	0,343
80	0,213	0,284	0,346

Çizelge 4.8. Şeftali meyvesi esneklik katsayısı (e) değerleri

Yükseklik (cm)	Yüzey		
	Ahşap	Çelik	Kauçuk
20	0,304	0,352	0,298
35	0,275	0,324	0,239
50	0,300	0,302	0,229
65	0,289	0,258	0,197
80	0,221	0,257	0,229

Denemelerde kullanılan meyvelerin esneklik katsayısı değerleri (e) incelendiğinde en yüksek esneklik katsayısı değerinin çelik yüzeyde ve 20 cm çarpma yüksekliğinde elma meyvesinde elde edildiği görülmektedir. En düşük esneklik katsayısı değeri (e) kauçuk yüzeyde 65 cm çarpma yüksekliğinde şeftali meyvesinde hesaplanmıştır.

Saraçoğlu vd. (2012) ayva meyvesinin geometrik özelliklerini, hidrodinamik özelliklerini ve darbe parametrelerini belirledikleri çalışma kapsamında farklı düşme yükseklerinde ve farklı çarpma yüzeylerinde (ahşap, çelik, kauçuk) esneklik katsayısı değerinin düşme yüksekliğinin artmasıyla azaldığını belirtmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada bu eğilimde sapmalar görülmüştür. Bu durumun meyve eti sertliğinin meyveden meyveye değişkenlik göstermesi ve meyve doku özelliği nedeniyle kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca seçilen düşme yüksekliklerinin birbirine yakın değerlerde olması ve örnek sayısının yeterince fazla tutulamaması da bu sapmada rol oynamıştır.

4.5. Meyvelerin Zedelenme Alanlarının ve Zedelenme Hacimlerinin Matematiksel Modelleri

Denemelerde kullanılan ayva, elma, şeftali ve nektarin meyvelerine ait zedelenme alanı ve zedelenme hacmi değerleri doğrusal model ve doğrusal olmayan (üssel) model olarak iki ayrı formda oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller içerisinde yer alacak parametreler Minitab paket programında Stepwise regresyon analizi ile elde edilmiştir.

Geliştirilen modeller aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur.

4.5.1. Ayva Meyvesi Zedelenme Alanı (Z_a) İçin Doğrusal Model

Ayva meyvesi için farklı çarpma yüzeyle ve farklı çarpma yüksekliklerinden 20 tekerrürlü olarak yapılan denemeler sonucunda ulaşılan veriler ile zedelenme alanına ait doğrusal matematiksel model aşağıda gösterilmektedir. Modelin R^2 değeri %91,96 olarak elde edilmiştir.

$$Z_{a(Ayva)} = 184,07 + 0,2980 \cdot E + 7,205 \cdot h$$

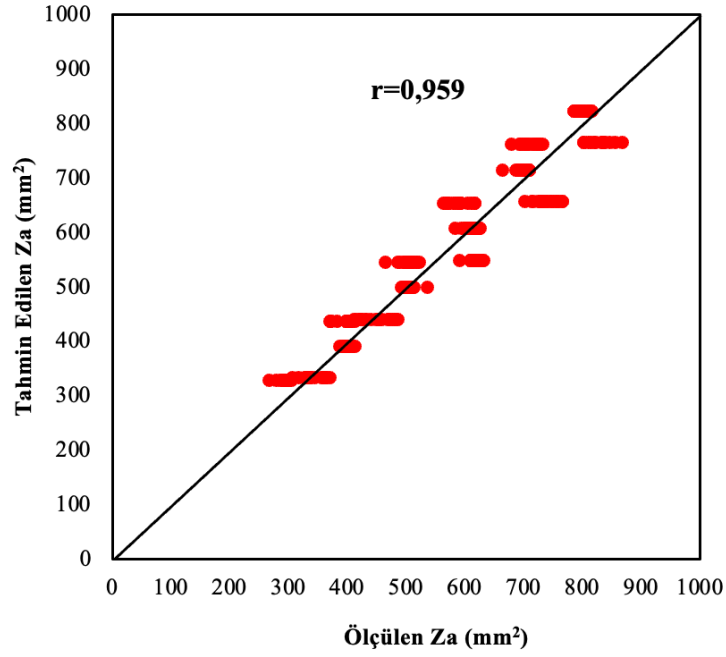
Elde edilen doğrusal matematiksel model incelediğinde yapılan Stepwise regresyon analizi sonucunda kullanılan 7 farklı değişkenden sadece elastisite modülünün (E) ve çarpma yüksekliğinin (h) %95 önem seviyesinde modele girdiği görülmektedir. Modele giren parametrelerin katkı payları Çizelge 4.9'da sunulmaktadır.

Çizelge 4.9. Ayva meyvesinde zedelenme alanı doğrusal modeline katkısı olan değişkenler ve katkı oranları

Değişken	Modele katkısı
E	%3,07
h	%88,89
R^2	%91,96

Çizelge 4.9 incelendiğinde modele katkı bakımından en önemli parametrenin çarpma yüksekliği (h) olduğu görülmektedir. Çarpma yüksekliği parametresinin modele %88,89 oranında katkısı bulunmaktadır. Ayrıca modelden çarpma yüksekliği arttıkça zedelenme alanının da artacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Model elastisite modülü (E) ve çarpma yüksekliği (h) parametreleri meyvede oluşabilecek zedelenme alanına ait değişimin %91,96'sını açıklayabilmektedir.

Şekil 4.1'de modelin tutarlılığını ölçmek amacıyla meyve düşürüldüğünde oluşan ve ölçülen zedelenme alanı ile elde edilen modelin tahmin ettiği zedelenme alanına ait değerler karşılaştırılmıştır. Korelasyon katsayısı %95,9 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. Ayva meyvesi için doğrusal modelin tahmin ettiği zedelenme alanı ile ölçülen zedelenme alanının karşılaştırılması

4.5.2. Ayva Meyvesi Zedelenme Alanı (Z_a) İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model

Doğrusal olmayan (üssel) matematiksel modelin R^2 değeri %96,56 olarak elde edilmiş ve aşağıda gösterilmiştir.

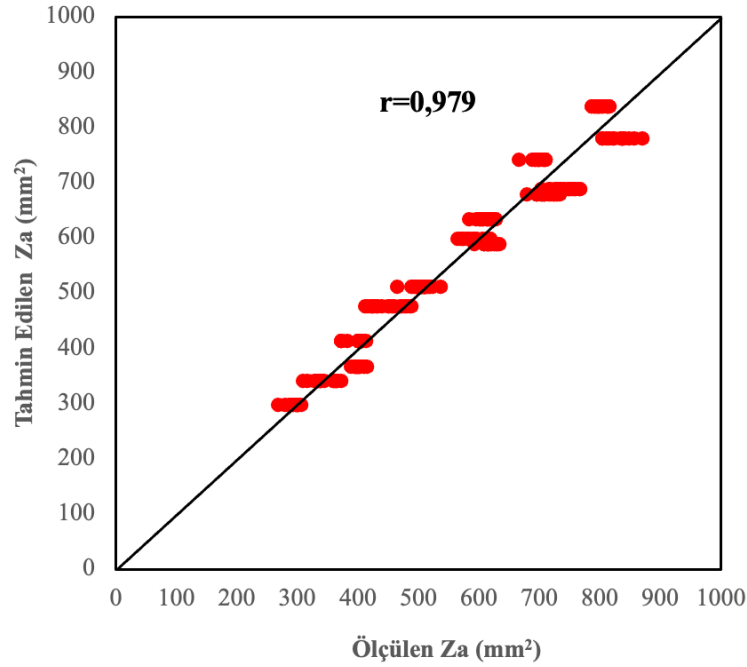
$$Z_{a(Ayva)} = 10^{1,7297} \cdot E^{0,02609} \cdot h^{0,59559}$$

Yukarıda verilen doğrusal olmayan (üssel) model incelendiğinde modele katkı sağlayan parametrelerin elastisite modülü (E) ve çarpma yüksekliği (h) parametreleri olduğu görülmektedir. Doğrusal modelde olduğu gibi doğrusal olmayan (üssel) modele de en fazla katkıda bulunan parametre çarpma yüksekliği (%90,24) olmuştur. Çizelge 4.10'da değişkenlerin modele olan katkıları sunulmaktadır.

Çizelge 4.10. Ayva meyvesi zedelenme alanı için doğrusal olmayan (üssel) modele katkısı olan değişkenler ve katkı oranları

Değişken	Modele katkısı
<i>E</i>	%6,32
<i>H</i>	%90,24
R²	%96,56

Şekil 4.2’de ölçülen zedelenme alanı ile doğrusal olmayan (üssel) model tarafından tahmin edilen zedelenme alanının dağılımı gösterilmektedir. Korelasyon katsayısı %97,9 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.2. Ayva meyvesi için doğrusal olmayan (üssel) modelin tahmin ettiği zedelenme alanı ile ölçülen zedelenme alanının karşılaştırılması

4.5.3. Ayva Meyvesi Zedelenme Hacmi (Z_h) İçin Doğrusal Model

Ayva meyvesinde zedelenme hacmine ilişkin doğrusal matematiksel model aşağıda sunulmuştur. Doğrusal modelin R^2 değeri %88,57 olarak elde edilmiştir.

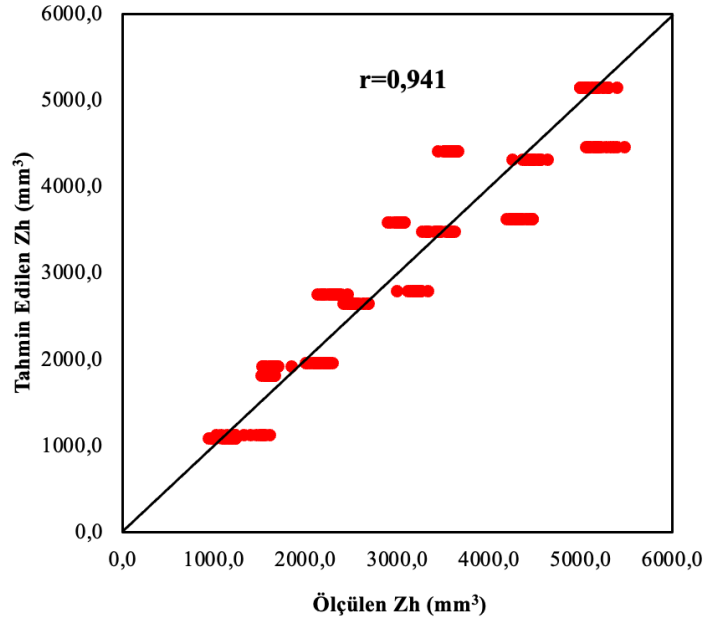
$$Z_{h(Ayva)} = -34,1 + 3,512 \cdot E + 55,52 \cdot h$$

Elde edilen doğrusal modele elastisite modülü (E) ve çarpma yüksekliği (h) olmak üzere iki değişken katkı sağlamıştır (Çizelge 4.11). Çarpma yüksekliği modele en fazla katkı sağlayan değişken (%81,92) olmuştur.

Çizelge 4.11. Ayva meyvesi zedelenme hacmi için doğrusal modele katkısı olan değişkenler ve katkı oranları

Değişken	Modele katkısı
E	%6,65
h	%81,92
R^2	%88,57

Şekil 4.3'te ölçülen zedelenme hacmi ile doğrusal model tarafından tahmin edilen zedelenme alanının dağılımı sunulmaktadır. Korelasyon katsayısı %94,1 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.3. Ayva meyvesi zedelenme hacminin doğrusal model tarafından tahmin edilen ve ölçülen değerlerin karşılaştırılması

4.5.4. Ayva meyvesi Zedelenme Hacmi İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model

Tüm değişkenleri logaritmik olarak dönüştürülmüş üstel modelin R² değeri %97,87 olarak elde edilmiş ve aşağıda gösterilmiştir.

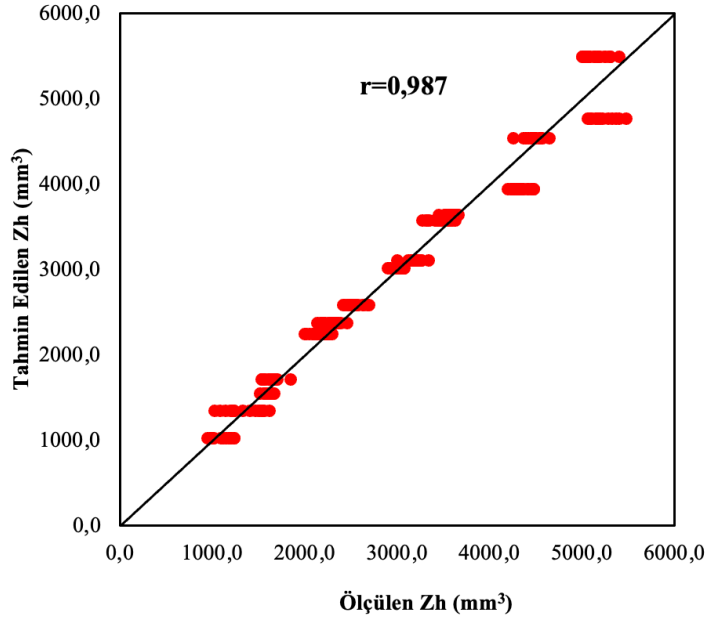
$$Z_{h(Ayva)} = 10^{1,8870} \cdot E^{0,05032} \cdot h^{0,91200}$$

Doğrusal olmayan (üssel) modelde, doğrusal modelde yer alan değişkenlerden farklı bir değişken bulunmamaktadır. Doğrusal modelde olduğu gibi doğrusal olmayan (üssel) modele de en yüksek katkıyı çarpma yüksekliği (%87,49) vermektedir. Değişkenlerin modele olan katkıları ve katkı oranları Çizelge 4.12’de sunulmuştur.

Çizelge 4.12. Ayva meyvesi zedelenme hacmi için doğrusal olmayan (üssel) modele katkı sağlayan değişkenler ve katkı oranları

Değişken	Modele katkısı
<i>E</i>	%10,38
<i>h</i>	%87,49
R²	%97,87

Şekil 4.4’te doğrusal olmayan (üssel) model tarafından tahminlenen zedelenme hacmi ile ölçülen zedelenme hacminin karşılaştırılması görülmektedir. Korelasyon katsayısı %98,7 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Ayva meyvesi zedelenme hacminin doğrusal olmayan (üssel) model tarafından tahmin edilen ve ölçülen değerlerinin dağılımı

Ayva meyvesi için elde edilen zedelenme alanı ve zedelenme hacmi modelleri en iyi tahminlemeyi aşağıdaki değerler arasında gerçekleştirmektedir. Aşağıda ifade edilen sınır değerler dışında bir değer kullanıldığında modelin zedelenme alanına ve zedelenme hacmine yönelik yaptığı tahminleme değerinde sapma olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

$$0,006 \leq E \leq 207 \text{ GPa}$$

$$0,2 \leq h \leq 0,8 \text{ m}$$

$$73,85 \leq L \leq 95,34 \text{ mm}$$

$$68,83 \leq W \leq 87,17 \text{ mm}$$

$$65,10 \leq T \leq 81,84 \text{ mm}$$

$$161,82 \leq m \leq 284,95 \text{ g}$$

$$3389,84 \leq A_p \leq 6022,90 \text{ mm}^2$$

Saraçoğlu vd. (2012) ayva meyvesinin farklı düşme yükseklerinde ve farklı çarpma yüzeylerinde (ahşap, çelik, kauçuk) darbe parametrelerini belirledikleri çalışmalarında en düşük zedelenme alanı ve zedelenme hacmi değerinin ahşap yüzeyde olduğunu belirlemişlerdir.

Bu çalışmada ise en düşük zedelenme alanı ve zedelenme hacmi kauçuk yüzeyde elde edilmiştir. Bu durumun çarpma yüzeyinin elastisite modülünün düşük olması sebebiyle gerçekleştiği düşünülmektedir. Bu nedenle özellikle meyvelerin hasat ve hasat sonrası işlemlerinde çarpmaya maruz kaldığı noktalarda diğer malzemeler yerine kauçuk yüzeyin tercih edilmesinin zedelenme açısından daha iyi olacağını göstermektedir.

4.5.5. Elma Meyvesi Zedelenme Alanı İçin Doğrusal Model

Elma meyvesi için elde edilen doğrusal matematiksel model aşağıda sunulmuştur. Modele ait R^2 değeri %94,97'dir.

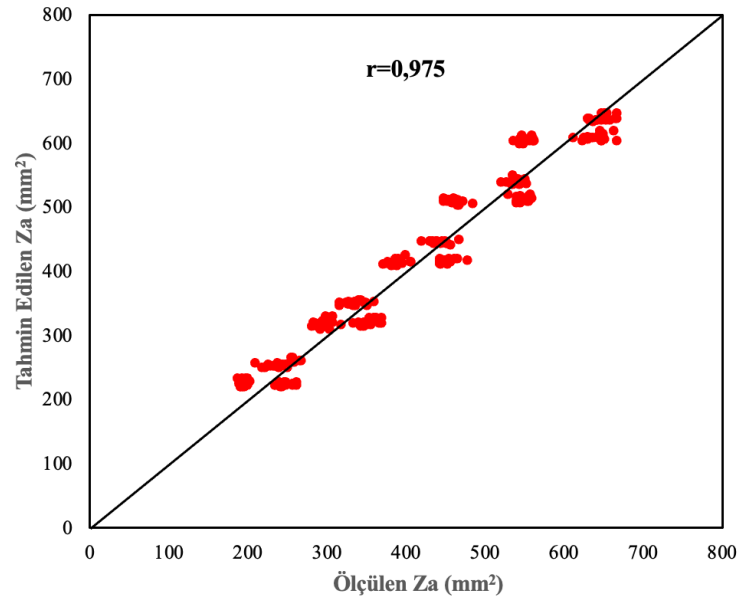
$$Z_{a(Elma)} = 63,3 + 0,1538 \cdot E + 6,3655 \cdot h + 0,01077 \cdot A_p$$

Doğrusal modele 3 farklı parametre girmiştir. Modele ayva meyvesi zedelenme alanı doğrusal modelinden farklı olarak projeksiyon alanı (A_p) parametresi de katkı sağlamaktadır. Çizelge 4.13'te modele katkı sağlayan değişkenler ve katkı oranları sunulmaktadır. Çarpma yüksekliği (%94,60) modele en fazla katkı sağlayan değişkendir.

Çizelge 4.13. Elma meyvesi zedelenme alanı doğrusal modeline katkısı olan değişkenler ve katkı oranları

Değişken	Modele katkısı
E	%0,29
h	%94,60
A_p	%0,08
R^2	%94,97

Şekil 4.5'te elma meyvesi için doğrusal model tarafından tahminlenen zedelenme alanı değeri ile ölçülen zedelenme alanı değeri karşılaştırılmış ve korelasyon katsayısı %97,5 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.5. Elma meyvesi zedelenme alanı için doğrusal model tarafından tahmin edilen ve ölçülen değerlerin dağılımı

4.5.6. Elma Meyvesi Zedelenme Alanı İçin (Z_a) Doğrusal Olmayan (Üssel) Model

Elma meyvesi zedelenme alanı için elde edilen doğrusal olmayan (üssel) matematiksel model aşağıda görülmektedir. Tüm değişkenleri logaritmik olarak dönüştürülmüş üstel modelin R^2 değeri %98,15'tir.

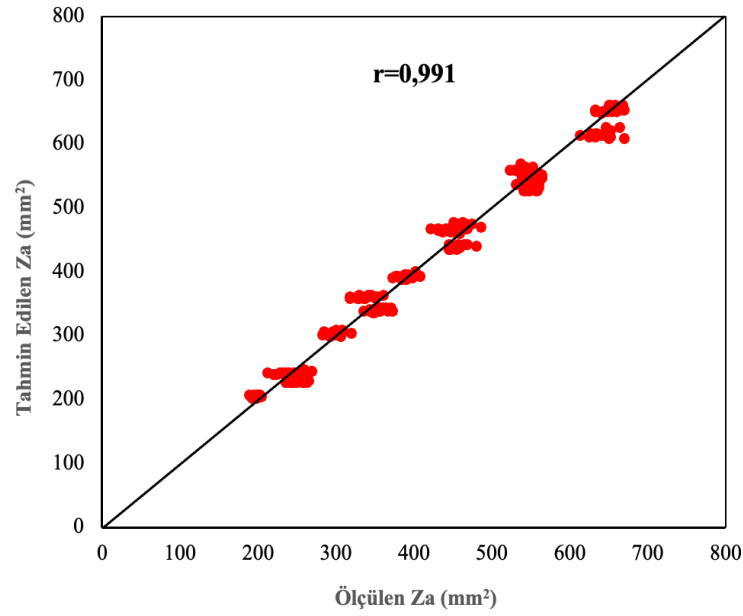
$$Z_{a(Elma)} = 10^{1,2147} \cdot E^{0,020907} \cdot h^{0,71299} \cdot A_p^{0,0559}$$

Modele en fazla katkı sağlayan değişken çarpma yüksekliğidir (%95,86). Çizelge 4.14'de modele katkısı olan değişkenler ve katkı oranları sunulmuştur.

Çizelge 4.14. Elma meyvesi zedelenme alanı doğrusal olmayan (üssel) modele katkısı bulunan değişkenler ve katkı payları

Değişken	Modele katkısı
E	%2,26
h	%95,86
A_p	%0,04
R^2	%98,15

Şekil 4.6’da doğrusal olmayan (üssel) model tarafından tahminlenen zedelenme alanı (Z_a) değerleri ile ölçülen zedelenme alanı (Z_a) değerlerinin dağılımları sunulmaktadır. Korelasyon katsayısı %99,1 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.6. Elma meyvesi için doğrusal olmayan (üssel) model tarafından tahminlenen ve ölçülen değerlerin dağılımı

4.5.7. Elma Meyvesi Zedelenme Hacmi İçin Doğrusal Matematiksel Model

Elma meyvesi zedelenme hacmi değerleri için belirlenen doğrusal matematiksel model aşağıda sunulmaktadır. Modelin R^2 değeri %96,91 olarak elde edilmiştir.

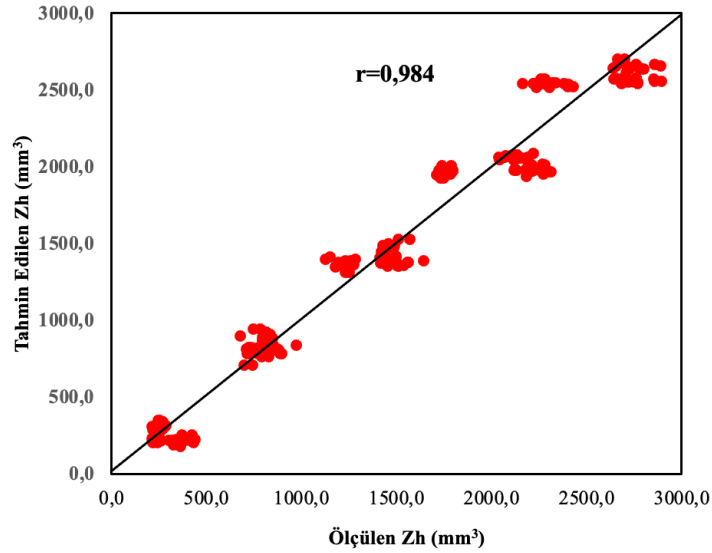
$$Z_{h(Elma)} = -664,2 + 0,4980 \cdot E + 38,906 \cdot h - 3,85 \cdot m + 0,1785 \cdot A_p$$

Çizelge 4.15'te doğrusal modele katkıda bulunan değişkenler görülmektedir. Elma için zedelenme hacmi doğrusal modeline diğer modellerden farklı olarak kütle (m) değişkeni girmiştir. Bu dört parametreden modele en fazla katkı sağlayan değişken %96,78 oranı ile çarpma yüksekliği (h) olmuştur.

Çizelge 4.15. Elma meyvesi zedelenme hacmi için doğrusal modele katkısı olan değişkenler ve katkı payları

Değişken	Modele katkısı
E	%0,01
h	%96,78
m	%0,01
A_p	%0,12
R²	%96,91

Şekil 4.7'de elma meyvesi için doğrusal matematiksel model tarafından tahmin edilen Z_h değerleri ile ölçülen Z_h değerlerinin karşılaştırması sunulmuştur. Korelasyon katsayısı %98,4 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.7. Elma meyvesi zedelenme hacmi doğrusal model tarafından tahminlenen ve ölçülen değerlerin karşılaştırılması

Zarifneshat vd. (2010) elma meyvesinde zedelenme hacminin tahminlenmesine yönelik yapmış oldukları çalışmada iki adet zedelenme tahmin modeli oluşturmuşlardır. Birinci modelde akustik sertlik (S), eğrilik yarıçapı (R), sıcaklık (T) ve darbe kuvveti (F) parametreleri bulunmaktadır ve R^2 değeri 0,93 olarak elde edilmiştir. İkinci modele birinci modelden farklı olarak darbe kuvveti (F) parametresi yerine darbe enerjisi (E) parametresi girmiştir. İkinci modelin R^2 değeri 0,97 olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada elma meyvesinde zedelenme hacminin tahmin edilmesine yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan (üssel) olmak üzere iki farklı formda model geliştirilmiştir. Zedelenme hacmi için geliştirilen doğrusal modelde elastisite modülü (E), meyve kütlesi (m), projeksiyon alanı (A_p), çarpma yüksekliği (h) parametreleri yer almaktadır. Modelin R^2 değeri 0,96 olarak hesaplanmıştır. Doğrusal olmayan (üssel) modelde bulunan parametreler ise elastisite modülü (E), çarpma yüksekliği (h) parametreleridir ve R^2 değeri 0,97 olarak belirlenmiştir.

4.5.8. Elma Meyvesi Zedelenme Hacmi (Z_h) İçin Doğrusal Olmayan Model

Elma meyvesi zedelenme hacmi için doğrusal olmayan matematiksel model aşağıda görülmektedir. Tüm değişkenleri logaritmik olarak dönüştürülmüş üstel modelin R^2 değeri %97,45'tir.

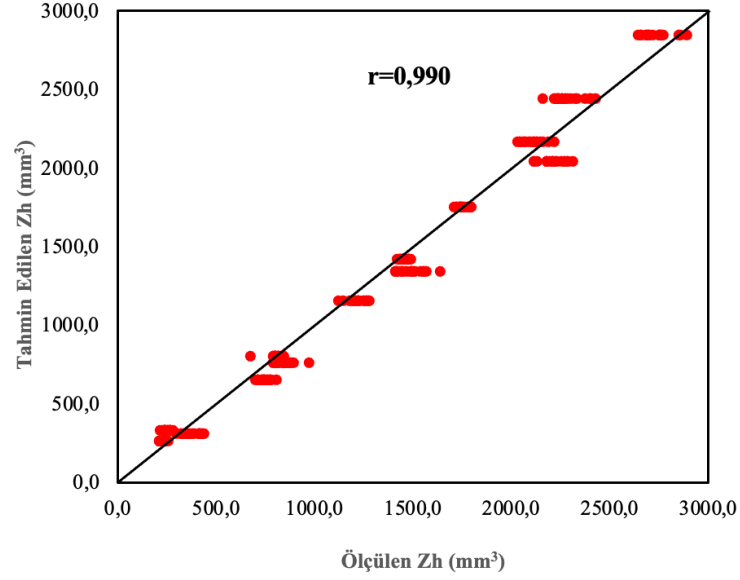
$$Z_h = 10^{0,3795} \cdot E^{0,020209} \cdot h^{1,6036}$$

Modelde elastisite modülü (E) ve çarpma yüksekliği (h) olarak iki ayrı değişken bulunmaktadır. Modelde yer alan değişkenlerin katkı oranları Çizelge 4.16'da görülmektedir.

Çizelge 4.16. Elma meyvesi zedelenme hacmi doğrusal olmayan (üssel) modele katkıda bulunan parametreler ve katkı payları

Değişken	Modele katkısı
E	%0,14
h	%97,31
R^2	%97,45

Şekil 4.8’de doğrusal olmayan (üssel) matematiksel model tarafından tahmin edilen Z_h değerleri ile ölçülen Z_h değerlerinin dağılımı görülmektedir. Korelasyon katsayısı %99 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.8. Elma meyvesi zedelenme hacmi doğrusal olmayan (üssel) modelin tahmin ettiği Z_h değerleri ile ölçülen değerlerin karşılaştırılması

Elma meyvesi için elde edilen zedelenme alanı ve zedelenme hacmi modelleri en iyi tahminlemeyi aşağıdaki değerler arasında gerçekleştirmektedir. Aşağıda ifade edilen sınır değerler dışında bir değer kullanıldığında modelin zedelenme alanına ve zedelenme hacmine yönelik yaptığı tahminleme değerinde sapma olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

$$0,006 \leq E \leq 207 \text{ GPa}$$

$$0,2 \leq h \leq 0,8 \text{ m}$$

$$59,99 \leq L \leq 73,74 \text{ mm}$$

$$51,76 \leq W \leq 70,83 \text{ mm}$$

$$49,95 \leq T \leq 67,31 \text{ mm}$$

$$88,32 \leq m \leq 157,24 \text{ g}$$

$$2195,70 \leq A_p \leq 4073,14 \text{ mm}^2$$

Abedi ve Ahmadi (2013) tarafından elma meyvesinde zedelenme hacmini tahminlemeye iki farklı model denklemi elde edilmiştir. Model denklemlerinde pik kuvveti (PF), eğrilik yarıçapı (R), akustik sertlik (S), sıcaklık (T) ve darbe enerjisi (E_i) bağımsız değişkenleri bulunmaktadır. İkinci model denklemine ilk model denkleminde farklı olarak darbe enerjisi (E_i) değişkeni girmiştir. İlk denklemin R^2 değeri 0,87 ikinci denklemin R^2 değeri ise 0,93 olarak hesaplanmıştır. Yuwana (1998)'da, çalışmada elma meyvesinin zedelenme hassasiyetine etki eden parametreleri belirlemek amacıyla çoklu regresyon analizini kullanmıştır. Maksimum ivme, hız değişimi, ilk hız, absorbe edilen enerji, maksimum deformasyon ve kalıcı deformasyona dayalı çoklu regresyon analizinde; tahmin edilen zedelenme çapı ile ölçülen zedelenme çapı arasındaki ilişki için ve %0,04 oranında hata payına sahip 0,95 oranında korelasyon katsayısı (r) elde edilmiştir. Tahmini zedelenme derinliği ve ölçülen zedelenme derinliği arasındaki ilişki için hata düzeyi %0,09 ve korelasyon katsayısı (r) 0,94 şeklinde bulunmuştur. Tahmini zedelenme hacmi ve ölçülen zedelenme hacmi arasındaki ilişki için hata düzeyi %3,64 ve korelasyon katsayısı (r) 0,95 olarak ifade edilmiştir. Sonuç olarak araştırmacı yalnızca maksimum hızlanma ve hız değişikliğine dayalı çoklu regresyon modelinin yine de güvenilir zedelenme olasılığını tahmin ettiğini vurgulamıştır.

Bu çalışmada ise elma meyvesinde zedelenme hacminin tahmin edilmesine yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan (üssel) olmak üzere iki farklı formda model geliştirilmiştir. Elma meyvesi zedelenme hacmi için doğrusal modelde elastisite modülü (E), meyve kütlesi (m), projeksiyon alanı (A_p), çarpma yüksekliği (h) parametreleri yer almaktadır ve R^2 değeri 0,96 olarak hesaplanmıştır. Elma meyvesi zedelenme hacmi için doğrusal olmayan (üssel) modelde bulunan parametreler elastisite modülü (E), çarpma yüksekliği (h) parametreleridir ve R^2 değeri 0,97 olarak belirlenmiştir. Elde edilen modellerde yüksek regresyon katsayısının çarpma yüzeyinin elastisite modülü, projeksiyon alanı ve çarpma yüksekliği gibi parametrelerle elde edilmesi, modellerin meyve hasat ve işleme sistemlerinin tasarımlarında kullanılması açısından oldukça pratik kolaylıklar sağlayacağı düşünülmektedir.

4.5.9. Şeftali ve Nektarin Meyveleri İçin Model Sonuçları

Çalışma kapsamında şeftali ve nektarin meyvelerinde 2021 ve 2022 yıllarında birer defa çarpma denemeleri gerçekleştirilmiştir. Ayva ve elma meyvelerinde uygulanan yöntemler şeftali ve nektarin meyveleri için de uygulanmış ve 72 saat beklenmiştir. Ancak şeftali ve nektarin meyveleri üzerinde zedelenme oluşumu gözlenmemiştir. Bu nedenle zedelenme hesabına yönelik herhangi bir ölçüm yapılmamış ve dolayısıyla model geliştirilememiştir. Bu durum için meyvenin olgunlaşma döneminin ve meyve eti doku özelliklerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Farklı olgunlaşma dönemlerinde denemelerin tekrar edilmesi ve geliştirilen modellere olgunlaşma döneminin de etkili parametre olarak dahil edilmesi ileride yapılacak çalışmalar için önerilmektedir.

Şeftali ve nektarin zedelenme parametrelerinin modellenmesi üzerine yapılan çalışmalar aşağıda sunulmuştur. Ancak bu denemelerde meyvelerin olgunlaşma dönemleri için yeterli bir bilgi bulunmamaktadır.

Maness vd. (1992) tarafından dört şeftali çeşidi üzerinde zedelenme direncinin tahminlenmesi amacıyla çarpma testleri gerçekleştirilmiştir. Meyve çeşidi, meyve olgunluğu, düşme yüksekliği, darbe kuvvetlerinin zedelenme oluşumu ve zedelenme hacmi üzerindeki etkileri varyans analizi ile test edilmiştir. Çalışmada ortalama zedelenme hacminin düşme yüksekliği ve meyvenin olgunluk derecesine bağlı olarak artış gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Benzer olgunluk derecesine sahip meyveler için meyvede zedelenme yüzdesi ile zedelenme hacmi arasında yapılan regresyon analizi sonucunda korelasyon katsayısı 0,86 olarak elde edilmiştir.

Polat vd. (2012), tarafından gerçekleştirilen çalışmada nektarin meyvesi mekanik özellikleri ve zedelenme hassasiyetinin belirlenmesi amacıyla sıkıştırma ve çarpma testlerine tabi tutulmuştur. Çarpma testlerinde nektarinler hem yan hem de alt yüzeylerinden çarpmaya maruz bırakılmışlardır. İstatistiksel analiz sonucuna göre farklı düşme yüksekliklerinde (30, 40 ve 50 cm) nektarinlerin hem yan hem de alt yüzeyleri için zedelenme hacmi ve absorbe edilen enerji miktarı değerleri 0,01 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Nektarinlerin yan ve alt yüzeylerinin çarptırılması sonucu elde edilen zedelenme hacmi değerleri arasındaki farklılık ise istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Nektarinlerin yan yüzeylerinin zedelenme hassasiyeti alt yüzeylerine göre daha yüksek bulunmuştur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Denemelerde ayva, elma, şeftali ve nektarin meyveleri kullanılmıştır. Denemeler meyve çeşitlerinin her birinden 150'şer adet olmak üzere toplamda 600 adet meyve ile 20 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Meyveler sarkaç düzeneği kullanılarak 5 farklı yükseklikte (20, 35, 50, 65 ve 80 cm) ve üç farklı yüzeyde (ahşap, kauçuk ve çelik) çarpma testine tabi tutulmuşlardır.

Ayva, elma, şeftali ve nektarin meyvelerinin nem içerikleri hesaplanmıştır. En yüksek nem içeriğine sahip meyvenin şeftali, en düşük nem içeriğine sahip meyvenin ayva meyvesi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Meyve sertliği için en yüksek değer ayva meyvesinde, en düşük değer şeftali meyvesinde elde edilmiştir.

Meyvelerin boyutsal değerleri belirlenmiştir. Uzunluk, kalınlık, genişlik değerleri sırasıyla; ayva meyvesi için, $83,24 \pm 4,70$, $77,98 \pm 3,50$, $73,79 \pm 3,58$ mm, elma meyvesi için, $64,18 \pm 2,94$, $61,98 \pm 3,00$, $56,93 \pm 3,14$ mm, nektarin meyvesi için $65,43 \pm 4,29$, $61,96 \pm 3,82$, $59,62 \pm 3,40$ mm ve şeftali meyvesi için $66,15 \pm 2,73$, $64,45 \pm 2,79$, $62,42 \pm 2,83$ mm olarak bulunmuştur. Meyvelere ait fiziksel boyutlar karşılaştırıldığında; ayva meyvesinde kütle hacim, projeksiyon alanı ve geometrik ortalama çap değerleri diğer meyvelerden yüksek bulunmuştur. En yüksek küresellik ve yoğunluk değerine sahip meyve şeftali meyvesi olmuştur.

Meyvelerin esneklik katsayısı değerleri belirlenmiştir. En yüksek esneklik katsayısı değeri çelik yüzeyde ve 20 cm çarpma yüksekliğinde elma meyvesinde, en düşük esneklik katsayısı değeri kauçuk yüzeyde 65 cm çarpma yüksekliğinde şeftali meyvesinde hesaplanmıştır.

Çarpma yüksekliği ile zedelenme alanı ve zedelenme hacmi arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Çarpma yüksekliği arttıkça zedelenme alanı ve zedelenme hacmi değerleri artış göstermiştir.

Ayva meyvesinde meydana gelebilecek zedelenme alanı tahminine yönelik elde edilen doğrusal ve doğrusal olmayan (üssel) matematiksel modellerden, doğrusal olmayan (üssel) modelin tahmin potansiyelinin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayva meyvesinde oluşabilecek zedelenme alanı tahminine yönelik doğrusal modelin R^2 değeri %91,96 iken doğrusal olmayan (üssel) modelin R^2 değeri %96,56 olarak hesaplanmıştır.

Ayva meyvesinde oluşabilecek zedelenme hacmi tahminleme oranı doğrusal modelde %88,57 ve doğrusal olmayan (üssel) modelde %97,87 olarak belirlenmiştir. Bu durum ayva meyvesinde oluşabilecek zedelenme hacmi değerinin doğrusal olmayan (üssel) model kullanılarak daha yüksek doğruluk oranında tahminleneceği anlamına gelmektedir.

Ayva meyvesi zedelenme alanı ve zedelenme hacmi için oluşturulan doğrusal ve doğrusal olmayan (üssel) matematiksel modellerin tamamında modellere en yüksek katkıyı sağlayan iki değişken elastisite modülü (E) ve çarpma yüksekliği (h) olmuştur.

Elma meyvesi zedelenme alanı ve zedelenme hacmi için oluşturulan matematiksel modellerden doğrusal olmayan (üssel) modelin tahmin potansiyelinin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Zedelenme alanı doğrusal modeli için R^2 değeri %94,97 iken doğrusal olmayan (üssel) modelin R^2 değeri %98,15 olarak hesaplanmıştır. Zedelenme hacmi için doğrusal ve doğrusal olmayan (üssel) matematiksel modellerin R^2 değerleri sırasıyla %96,91 ve %97,45 şeklindedir.

Elma meyvesinde zedelenme alanı ve zedelenme hacmi için oluşturulan matematiksel modellere en yüksek katkı sağlayan parametreler elastisite modülü (E), çarpma yüksekliği (h) ve projeksiyon alanı (A_p)'dir. Farklı olarak elma meyvesinde zedelenme hacmi için doğrusal olmayan (üssel) modele en yüksek katkıyı elastisite modülü (E) ve çarpma yüksekliği (h) parametreleri sağlarken projeksiyon alanı (A_p) modelde yer almamıştır.

Şeftali meyvesinde zedelenme çalışmaları gerçekleştirmek amacıyla 2021 ve 2022 yıllarında iki farklı çeşitten (Jale ve Fresh White) numuneler toplanıp testler gerçekleştirilmiş ancak zedelenme oluşumu için gerekli sürede meyve yüzeyinde ya da kabuk altında zedelenme hasarına rastlanmamıştır. 2021 yılında çalışmaya doku benzerliği sebebiyle nektarin meyvesi de dahil edilmiştir ancak meyvede zedelenme hasarı oluşumu görülmemiştir. Bunun sebebinin şeftali ve nektarin meyvelerinin doku yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu araştırma sonucunda elde edilen verilerin ayva, elma, nektarin ve şeftali meyveleri için hasat sırasında ya da sonrasında kullanılacak ekipman ve makinelerde uygun tasarımlar ya da modifikasyonlar yapılmasına faydalı olabileceği düşünülmektedir. Özellikle ayva ve elma meyveleri için geliştirilen zedelenme parametrelerine ait modeller meyvelerin hasat ve hasat sonrası işleme tesislerinde oluşabilecek zedelenmelerini önlemede yararlı olabileceği söylenebilir.



KAYNAKLAR

- Abedi, G. ve Ahmadi, E. (2013). Bruise Susceptibilities of Golden Delicious Apples as Affected by Mechanical Impact and Fruit properties. *The Journal of Agricultural Science*, 152(3), 439-447. doi: 10.1017/S0021859613000038
- Ahmadi, E., Ghassemzadeh, H.R., Sadeghi, M., Moghaddam, M., Neshat, S.Z. (2010). The Effect of Impact and Fruit Properties on the Bruising of Peach. *Journal of Food Engineering*, 97(1), 110-117. doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.09.024
- Ahmadi, E. (2012). Bruise Susceptibilities of Kiwifruit as Affected by Impact and Fruit Properties. *Research in Agricultural Engineering*, 58(3), 107–113.
- Alayunt, F.N. (2000). *Biyolojik Malzeme Bilgisi*. İzmir, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Anonim. (2011). *Bahçecilik, Şeftali Yetiştiriciliği*. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/%C5%9Eeftali%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf [Erişim Tarihi: 29/06/2023]
- Anonim. (2015). *Ayva Yetiştiriciliği*. T.C. Ankara Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü. <https://ankara.tarimorman.gov.tr/Belgeler/liftet/ayvayetistiriciligi.pdf> [Erişim Tarihi: 29/06/2023]
- Anonim. (2019). *Yaş Meyve ve Sebze Sektör Raporu*. Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği Arge Şubesi. <https://uib.org.tr/tr/kbfile/yas-meyve-sebze-sektor-raporu> [Erişim Tarihi: 29/06/2023]
- Anonim. (2022). *Şeftali*. <https://www.meyed.org.tr/tr/meyed-tarim/bahcecilik/seftali> [Erişim Tarihi: 29/06/2023]
- Anonim. (2023a). *Türkiye’de Meyveciliğin Durumu*. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/32001/mod_resource/content/0/1.%20Hafta-T%C3%BCrkiyede%20Meyvecili%C4%9Fin%20Durumu.pdf [Erişim Tarihi: 29/06/2023]

- Anonim. (2023b). *Leading Producers of Fresh Fruit Worldwide in 2023*.
<https://www.statista.com/statistics/279164/global-top-producers-of-selected-fresh-fruit-worldwide/#:~:text=Major%20producers%20of%20fresh%20fruit%20worldwide%202021&text=China%20was%20ranked%20first%20among,tons%20of%20fruit%20that%20year> [Erişim Tarihi: 29/06/2023]
- Anonim. (2023c). *Çeşit Bilimi-Meyve Türleri Gruplandırılması*.
https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/32002/mod_resource/content/0/2.%20Hafta-%C3%87e%C5%9Fit%20Bilimi-Meyve%20T%C3%BCrleri%20Grupland%C4%B1r%C4%B1lmas%C4%B1.pdf [Erişim Tarihi: 29/06/2023]
- Anonim. (2023d). *Ayva Fidanı, Ege 22*. <https://demirelkardesler.com/fidanlar/ayva/ege-22> [Erişim Tarihi: 29/06/2023]
- Anonim. (2023e). *Beyaz Etli Şeftaliler, Fidanı, Fresh White*.
<https://demirelkardesler.com/fidanlar/extreme-ve-fresh-provedo/beyaz-etli-seftaliler/fresh-white> [Erişim Tarihi: 29/06/2023]
- Anonim. (2023f). *Sarı Etli Nektarinler Fidanı, Extreme Red*.
<https://demirelkardesler.com/fidanlar/extreme-ve-fresh-provedo/sari-etli-nektarinler/extreme-red> [Erişim Tarihi: 29/06/2023]
- Baritelle, A., Hyde, G., Thornton, R., Bajema, R. (2000). A Classification System for Impact-Related Defects in Potato Tubers. *American Journal of Potato Research*, 77, 143-148. doi: 10.1007/BF02853938
- Beyaz, A. (2008). *Elmalarda mekanik zedelenmenin görüntü analiz tekniği ile belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bollen, A.F., Nguyen, H.X., Rue, B.D. (1999). Comparison of Methods For Estimating the Bruise Volume of Apples. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 74(4), 325-330. doi: 10.1006/jaer.1999.0468
- Büyükyılmaz, M. (1999). *Ayva çeşit seçimi*. Yalova: Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, TAGEM.

- Callister, W.D., ve Rethwisch D.G., (2015). Malzeme bilimi ve mühendisliği (Sekizinci Basımdan Çeviri, Çeviri Ed. Genel, K.). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Crisosto, C.H., Garner, D., Doyle, J., Day, K.R. (1993). Relationship Between Fruit Respiration, Bruising Susceptibility and Temperature in Sweet Cherries. *HortScience*, 28(2), 132,135. doi: 10.21273/HORTSCI.28.2.132
- Çelik, H. ve Akıncı, İ. (2016). Çarpma Etkisi Altında Kalan Armut Meyvelerinin (Ankara Çeşidi) Zedelenme Hacminin Doğrusal Olmayan Dinamik Sonlu Elemanlar Analizi ile Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(1), 1-10.
- Demirsoy, F. (2021). *Yumuşak ve Sert Çekirdekli Meyveler, Elma Yetiştiriciliği Ders Notları. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü.* <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/husnud/66653/Elma%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf> [Erişim Tarihi: 16/06/2023]
- Duarte, A., Grosso, A.C., Valentao, P., Andrade, P.B. (2014). *Quince, Iberian-American Fruits Rich in Bioactive Phytochemicals for Nutrition and Health.* <https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/4677/1/Quince%20in%20Libro%20CYTED%202014-Frutas.pdf> [Erişim Tarihi: 16/06/2023]
- Ercan, N. Ve Özkarakaş, İ. (2005). Ege Bölgesinden Toplanan Bazı Ayva (*Cydonia vulgaris* Pers.) Materyalinin Adaptasyonu ve Değerlendirilmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 27-42.
- FAO. (2023). FAOSTAT Agricultural Database Web Page. [Erişim Tarihi: 05/04/2023]
- Gürhan, R., Vatandaş, M., Güner, M. (2001). Kayısının Mekanik Davranışının Belirlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 7(04), 138-140. doi: 10.1501/Tarimbil_0000000700
- Kara, M. (2012). *Biyolojik ürünlerin fiziksel özellikleri*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Knee, M. ve Miller, A.R. (2002). *Fruit quality and its biological basis: Mechanical injury*. USA: CRC Press.
- Lin, X. ve Brusewitz, G.H. (1994). Peach Bruise Thresholds Using the Instrumented Sphere. *Applied Engineering in Agriculture*, 10(4), 509-513. doi: 10.13031/2013.25880

- Lu, F., Ishikawa, Y., Kitazawa, H., Satake, T. (2010). Measurement of Impact Pressure and Bruising of Apple Fruit Using Pressure-Sensitive Film Technique. *Journal of Food Engineering*. 96(4), 614-620. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2009.09.009
- Lu, R. (2003). Detection of Bruises on Apples Using Near-Infrared Hyperspectral Imaging. *Transactions of the ASAE*, 46(2), 523. doi: 10.13031/2013.12941
- Maness, N.O., Brusewitz, G.H., McCollum, T.G. (1992). Impact Bruise Resistance Comparison Among Peach Cultivars. *HortScience*, 27(9), 1008-1011. doi: 10.21273/HORTSCI.27.9.1008
- Masum, A. (2021). *Mısır sömeği ve pamuk çırçır atıklarından kompozit malzeme üretimi ve mekanik özelliklerinin araştırılması*. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği ABD Doktora Tezi (Yayımlanmamış), İzmir.
- Menesatti, P., Beni, C., Paglia, G., Marcelli, S., D'andrea, S. (1999). Predictive Statistical Model For The Analysis of Drop Impact Damage on Peach. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73(3), 275-282. doi: 10.1006/jaer.1999.0417
- Menesatti, P. ve Paglia, G. (2001). PH-Postharvest Technology: Development of a Drop Damage Index of Fruit Resistance to Damage. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 80(1), 53-64. doi: <https://doi.org/10.1006/jaer.2000.0669>
- Menesatti, P., Paglia, G., Solaini, S., Zanella, A., Stainer, R. (2001). Forecast of Fruit Impact Bruising by Linear, Non-Linear and Logistic Regression Models. *ISHS Acta Horticulturae*, 584, 153-162. doi: 10.17660/ActaHortic.2002.584.18
- Mohsenin, N.N. (1986). *Physical properties of plant and animal materials*. New York: Gordon and Breach Science Publishers. 891 p.
- Morrison, R. (2021). *Differences Between Nectarine and Peach*. <https://tr.strephonsays.com/nectarine-and-vs-peach-3814> [Erişim Tarihi: 15.06.2023]
- Oğuz, C. ve Karaçayır, F.H. (2009). Türkiye’de Elma Üretimi, Tüketimi, Pazar Yapısı ve Dış Ticareti. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(1): 41-49.

- Opara, U.L. ve Pathare, P. B. (2014). Bruise Damage Measurement and Analysis of Fresh Horticultural Produce-A Review. *Postharvest Biology and Technology*, 91, 9-24. doi: j.postharvbio.2013.12.009
- Özçağiran, R., Ünal, A., Özeke, E., İsfendiyaroğlu, M. (2005). *İlman iklim meyve türleri, cilt II*. İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Polat, R., Aktaş, T., İkinci, A. (2012). Selected Mechanical Properties and Bruise Susceptibility of Nectarine Fruit. *International Journal of Food Properties*, 15(6), 1369-1380. doi: 10.1080/10942912.2010.498546
- Ragni, L., ve Berardinelli, A. (2001). Mechanical Behaviour of Apples and Damage During Sorting and Packing. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78(3), 273-279.
- Rostampour, V. ve Motlagh, A.M. (2018). Evaluation of the Bruising Susceptibility of Apple in Transport Condition. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(5), 902-908.
- Saraçoğlu, T., Üçer, N., Özarslan, C. (2011). Engineering Properties and Susceptibility to Bruising Damage of Table Olive (*Olea europaea*) Fruit. *International Journal of Agriculture & Biology*, 13, 801-805.
- Saraçoğlu, T., Üçer, N., Özarslan, C. (2012). Selected Geometric Characteristics, Hydrodynamic Properties, and Impact Parameters of Quince Fruit (*Cydonia vulgaris* Pers.). *International Journal of Food Properties*, 15(4), 758-769. doi: 10.1080/10942912.2010.501468
- Sayyah-Afkari, A.H. ve Shekarbeigi, S. (2013). Determination of Apple Critical Drop Height and Its Relation to Bruising. *International Proceeding of Chemical, Biological and Environmental Engineering (IPCBE)*, 57, 88-91.
- Sitkei, G. (1986). *Mechanics of agricultural materials*. Hungary: Akademiai Kiado.
- Siyami, S., Brown, G.K., Burgess, G.J., Gerrish, J.B. Tennes, B.R., Burton, C.L., Zapp, R. H. (1988). Apple Impact Bruise Prediction Models. *Transaction of the ASAE*, 31(4), 1038-1046. doi: 10.13031/2013.30819
- Soylu, A. ve Türk, R. (2002). *Genel meyvecilik*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.

- Tabatabaekoloo, R. (2013). Engineering Properties and Bruise Susceptibility of Peach Fruits (*Prunus persica*). *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(4), 244-252.
- Toivonen, P.M.A., Hampson, C., Stan, S., McKenzie, D.L., Hocking, R. (2007). Factors Affecting Severity of Bruises and Degree of Apparent Bruise Recovery in a Yellow-Skinned Apple. *Postharvest Biology and Technology*, 45(2), 276-280. doi: 10.1016/j.postharvbio.2007.01.018
- TÜİK. (2023). *Türkiye İstatistik Kurumu*. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> [Erişim Tarihi: 15/05/2023]
- Usta, Y. ve Öztekin, Y.B. (2016). Şeftali Çeşitlerinde Çarpma Parametreleri İle Zedelenme Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(1), 46-53. doi: 10.7161/omuanajas.288865
- Van Linden, V., Sila, D.N., Duvetter, T. De Baerdemaeker, J. (2008). Effect of Mechanical Impact-Bruising on Polygalacturonase and Pectinmethylesterase Activity and Pectic Cell Wall Components in Tomato Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 47(1), 98-106.
- Van Zeebroeck, M., Darius, P., De Ketelaere, B., Ramon, H., Tijskens, E. (2007a). The Effect of Fruit Factors on the Bruise Susceptibility of Apples. *Postharvest Biology and Technology*, 45, 168-175. doi: 10.1016/j.postharvbio.2007.03.017
- Van Zeebroeck, M., Darius, P., De Ketelaere, B., Ramon, H., Tijskens, E. (2007b). The Effect of Fruit Factors on the Bruise Susceptibility of Apples. *Postharvest Biology and Technology*, 46, 10-19. doi: 10.1016/j.postharvbio.2007.03.017
- Vendramin, E., Pea, G., Luca, D., Pacheco, I., Dettori, M.T., Gazza, L., Scalabrin, S., Strozzi, F., Tartarini, S., Bassi, D., Verde, I., Rossini, L. (2014). A Unique Mutation in a MYB Gene Coseregulates with the Nectarine Phenotype in Peach. *PLoS One*, 9(3), e90574. doi: 10.1371/journal.pone.0090574
- Yurtlu, Y.B. (2003). *Meyve ve sebzelerde bazı mekanik özelliklerin zedelenmeye karşı duyarlılığın belirlenmesi*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Yuwana, Y. (1998). Multiple Regression Based on Impact Parameters for Bruising Prediction in Apple. *Indonesian Food and Nutrition Progress*, 5(1), 34-38. doi: 10.22146/jifnp.58
- Zarifneshat, S., Ghassemzadeh, H.R., Sadeghi, M., Abbaspour-Fard, M.H., Ahmadi, E., Javadi, A., Shervani-Tabar, M.T. (2010). Effect of Impact Level and Fruit Properties on Golden Delicious Apple Bruising. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5(2): 114-121.
- Zarifneshat, S., Rohani, A., Ghassemzadeh, H.R., Sadeghi, M., Ahmadi, E., Zarifneshat, M. (2012). Predictions of Apple Bruise Volume Using Artificial Neural Network. *Computers and Electronics in Agriculture*, 82, 75-86. doi: 10.1016/j.compag.2011.12.015

EKLER

EK1. Ayva Meyvesi Zedelenme Alanı (Z_a) İçin Doğrusal Model Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: Elastisite Modülü (GPa), h, L, W, T, m, V, Ap

	-----Step 1-----		-----Step 2-----	
	Coef	P	Coef	P
Constant	206.01		184.07	
h	7.203	0.000	7.205	0.000
Elastisite Modülü (GPa)			0.2980	0.000
S		53.5982		45.5915
R-sq		88.84%		91.96%
R-sq(adj)		88.80%		91.90%
Mallows' Cp		103.00		1.99
AICc		2920.33		2834.01
BIC		2931.03		2848.25

α to enter = 0.05, α to remove = 0.05

Regression Equation

$$Z_a = 184.07 + 0.2980 \text{ Elastisite Modülü (GPa)} \\ + 7.205 h$$

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	184.07	7.50	(169.30, 198.84)	24.54	0.000	
Elastisite Modülü (GPa)	0.2980	0.0293	(0.2403, 0.3557)	10.17	0.000	1.00
h	7.205	0.133	(6.944, 7.467)	54.32	0.000	1.00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
45.5915	91.96%	91.90%	565032	91.81%	2834.01	2848.25

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	6344208	91.96%	6344208	3172104	1526.09	0.000
Elastisite Modülü (GPa)	1	211606	3.07%	214920	214920	103.40	0.000
h	1	6132602	88.89%	6132602	6132602	2950.38	0.000
Error	267	554982	8.04%	554982	2079		
Lack-of-Fit	138	533170	7.73%	533170	3864	22.85	0.000
Pure Error	129	21812	0.32%	21812	169		
Total	269	6899190	100.00%				

EK2. Ayva Meyvesi Zedelenme Alanı (Z_a) İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: Elastisite Modülü (GPa), h, L, W, T, m, V, Ap

	-----Step 1-----		-----Step 2-----	
	Coef	P	Coef	P
Constant	1.7622		1.7297	
h	0.5878	0.000	0.59559	0.000
Elastisite Modülü (GPa)			0.02609	0.000
S		0.0451961		0.0242781
R-sq		88.04%		96.56%
R-sq(adj)		88.00%		96.54%
Mallows' Cp		655.64		0.95
AICc		-901.93		-1236.46
BIC		-891.23		-1222.21

α to enter = 0.05, α to remove = 0.05

Regression Equation

$$Z_a = 1.7297 + 0.02609 \text{ Elastisite Modülü (GPa)} \\ + 0.59559 h$$

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	1.7297	0.0119	(1.7063, 1.7532)	145.24	0.000	
Elastisite Modülü (GPa)	0.02609	0.00101	(0.02409, 0.02809)	25.72	0.000	1.00
h	0.59559	0.00711	(0.58159, 0.60960)	83.73	0.000	1.00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0.0242781	96.56%	96.54%	0.160824	96.49%	-1236.46	-1222.21

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	4.42172	96.56%	4.42172	2.21086	3750.87	0.000
Elastisite Modülü (GPa)	1	0.28934	6.32%	0.39006	0.39006	661.77	0.000
h	1	4.13238	90.24%	4.13238	4.13238	7010.86	0.000
Error	267	0.15738	3.44%	0.15738	0.00059		
Lack-of-Fit	138	0.14088	3.08%	0.14088	0.00102	7.98	0.000
Pure Error	129	0.01650	0.36%	0.01650	0.00013		
Total	269	4.57909	100.00%				



EK3. Ayva Meyvesi Zedelenme Hacmi (Z_h) İçin Doğrusal Model Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: Elastisite Modülü (GPa), h, L, W, T, m, V, Ap

	----Step 1----		----Step 2----	
	Coef	P	Coef	P
Constant	224.5		-34.1	
h	55.50	0.000	55.52	0.000
Elastisite Modülü (GPa)			3.512	0.000
S		548.658		436.250
R-sq		81.85%		88.57%
R-sq(adj)		81.78%		88.48%
Mallows' Cp		162.90		6.15
AICc		4176.35		4053.60
BIC		4187.05		4067.84

α to enter = 0.05, α to remove = 0.05

Regression Equation

$$Z_h = -34.1 + 3.512 \text{ Elastisite Modülü (GPa)} + 55.52 h$$

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-34.1	71.8	(-175.4, 107.2)	-0.48	0.635	
Elastisite Modülü (GPa)	3.512	0.280	(2.960, 4.065)	12.53	0.000	1.00
h	55.52	1.27	(53.02, 58.02)	43.74	0.000	1.00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
436.250	88.57%	88.48%	51863880	88.33%	4053.60	4067.84

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value
Regression	2	393719121	88.57%	393719121	196859560	1034.39
Elastisite Modülü (GPa)	1	29559613	6.65%	29861058	29861058	156.90
h	1	364159508	81.92%	364159508	364159508	1913.47
Error	267	50813866	11.43%	50813866	190314	
Lack-of-Fit	138	50025621	11.25%	50025621	362505	59.33
Pure Error	129	788245	0.18%	788245	6110	
Total	269	444532987	100.00%			
Source	P-Value					
Regression	0.000					
Elastisite Modülü (GPa)	0.000					
h	0.000					
Error						
Lack-of-Fit	0.000					

EK 4. Ayva Meyvesi Zedelenme Hacmi (Z_h) İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: Elastisite Modülü (GPa), h, L, W, T, m, V, Ap

	-----Step 1-----		-----Step 2-----	
	Coef	P	Coef	P
Constant	1.9497		1.8870	
h	0.8969	0.000	0.91200	0.000
Elastisite Modülü (GPa)			0.05032	0.000
S		0.0793308		0.0297078
R-sq		84.77%		97.87%
R-sq(adj)		84.71%		97.86%
Mallows' Cp		1696.84		10.23
AICc		-598.12		-1127.47
BIC		-587.41		-1113.22

α to enter = 0.05, α to remove = 0.05

Regression Equation

$$Z_h = 1.8870 + 0.05032 \text{ Elastisite Modülü (GPa)} + 0.91200 h$$

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	1.8870	0.0146	(1.8583, 1.9157)	129.49	0.000	
Elastisite Modülü (GPa)	0.05032	0.00124	(0.04788, 0.05277)	40.55	0.000	1.00
h	0.91200	0.00870	(0.89486, 0.92914)	104.78	0.000	1.00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0.0297078	97.87%	97.86%	0.241647	97.82%	-1127.47	-1113.22

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	10.8386	97.87%	10.8386	5.41930	6140.49	0.000
Elastisite Modülü (GPa)	1	1.1494	10.38%	1.4510	1.45098	1644.08	0.000
h	1	9.6892	87.49%	9.6892	9.68917	10978.58	0.000
Error	267	0.2356	2.13%	0.2356	0.00088		
Lack-of-Fit	138	0.1956	1.77%	0.1956	0.00142	4.56	0.000
Pure Error	129	0.0401	0.36%	0.0401	0.00031		
Total	269	11.0742	100.00%				



EK5. Elma Meyvesi Zedelenme Alanı (Z_a) İçin Doğrusal Model Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: Elastisite Modülü (Gpa), h, L, W, T, m, V, Ap

	----Step 1----		----Step 2----		----Step 3----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	107.76		94.89		63.3	
h	6.3349	0.000	6.3708	0.000	6.3655	0.000
Elastisite Modülü (Gpa)			0.1524	0.000	0.1538	0.000
Ap					0.01077	0.036
S		34.3988		31.2796		31.0846
R-sq		93.80%		94.89%		94.97%
R-sq(adj)		93.77%		94.85%		94.92%
Mallows' Cp		65.38		8.12		5.67
AICc		2730.41		2679.18		2676.80
BIC		2741.17		2693.50		2694.66

α to enter = 0.05, α to remove = 0.05

Regression Equation

$$Z_a = 63.3 + 0.1538 \text{ Elastisite Modülü (Gpa)} + 6.3655 h + 0.01077 Ap$$

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	63.3	15.9	(32.0, 94.5)	3.98	0.000	
Elastisite Modülü (Gpa)	0.1538	0.0199	(0.1147, 0.1930)	7.74	0.000	1.00
h	6.3655	0.0893	(6.1898, 6.5412)	71.31	0.000	1.00
Ap	0.01077	0.00512	(0.00069, 0.02084)	2.10	0.036	1.00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
31.0846	94.97%	94.92%	268866	94.84%	2676.80	2694.66

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	4945254	94.97%	4945254	1648418	1705.99	0.000
Elastisite Modülü (Gpa)	1	14955	0.29%	57942	57942	59.97	0.000
h	1	4926027	94.60%	4913958	4913958	5085.57	0.000
Ap	1	4273	0.08%	4273	4273	4.42	0.036
Error	271	261855	5.03%	261855	966		
Lack-of-Fit	139	251907	4.84%	251907	1812	24.05	0.000
Pure Error	132	9948	0.19%	9948	75		
Total	274	5207109	100.00%				



EK6. Elma Meyvesi Zedelenme Alanı (Z_a) İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: Elastisite Modülü (Gpa), h, L, W, T, m, V, Ap

	-----Step 1-----		-----Step 2-----		-----Step 3-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	1.4357		1.4083		1.2147	
h	0.7059	0.000	0.71318	0.000	0.71299	0.000
Elastisite Modülü (Gpa)			0.020859	0.000	0.020907	0.000
Ap					0.0559	0.021
S		0.0371149		0.0210726		0.0209054
R-sq		94.14%		98.12%		98.15%
R-sq(adj)		94.12%		98.10%		98.13%
Mallows' Cp		589.70		7.44		4.07
AICc		-1027.06		-1337.33		-1340.65
BIC		-1016.30		-1323.01		-1322.79

α to enter = 0.05, α to remove = 0.05

Regression Equation

$$Z_a = 1.2147 + 0.020907 \text{ Elastisite Modülü (Gpa)} + 0.71299 h + 0.0559 Ap$$

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	1.2147	0.0842	(1.0490, 1.3804)	14.43	0.000	
Elastisite Modülü (Gpa)	0.020907	0.000863	(0.019207, 0.022606)	24.22	0.000	1.00
h	0.71299	0.00601	(0.70115, 0.72482)	118.60	0.000	1.00
Ap	0.0559	0.0241	(0.0084, 0.1035)	2.32	0.021	1.00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0.0209054	98.15%	98.13%	0.121925	98.10%	-1340.65	-1322.79

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	6.29867	98.15%	6.29867	2.09956	4804.07	0.000
Elastisite Modülü (Gpa)	1	0.14491	2.26%	0.25630	0.25630	586.45	0.000
h	1	6.15141	95.86%	6.14695	6.14695	14065.05	0.000
Ap	1	0.00235	0.04%	0.00235	0.00235	5.37	0.021
Error	271	0.11844	1.85%	0.11844	0.00044		
Lack-of-Fit	139	0.10435	1.63%	0.10435	0.00075	7.04	0.000
Pure Error	132	0.01408	0.22%	0.01408	0.00011		
Total	274	6.41710	100.00%				



EK7. Elma Meyvesi Zedelenme Hacmi (Z_h) İçin Doğrusal Model Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: Elastisite Modülü (Gpa), h, L, W, T, m, V, Ap

	----Step 1----		----Step 2----		----Step 3----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	-514.9		-553.2		-700.8	
h	38.658	0.000	38.765	0.000	38.740	0.000
Elastisite Modülü (Gpa)			0.4532	0.000	0.4601	0.000
Ap					0.0502	0.041
m						
S		155.057		149.265		148.388
R-sq		96.52%		96.78%		96.83%
R-sq(adj)		96.50%		96.76%		96.80%
Mallows' Cp		36.72		15.12		12.76
AICc		3558.58		3538.70		3536.52
BIC		3569.34		3553.02		3554.38

	----Step 4----					
	Coef	P				
Constant	-664					
h	38.906	0.000				
Elastisite Modülü (Gpa)	0.4980	0.000				
Ap	0.1785	0.002				
m	-3.85	0.012				
S		146.925				
R-sq		96.91%				
R-sq(adj)		96.86%				
Mallows' Cp		8.25				
AICc		3532.14				
BIC		3553.53				

α to enter = 0.05, α to remove = 0.05

Regression Equation

$$Z_h = -664.2 + 0.4980 \text{ Elastisite Modülü (Gpa)} + 38.906 h - 3.85 m + 0.1785 Ap$$

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-664.2	76.4	(-814.7, -513.7)	-8.69	0.000	
Elastisite Modülü (Gpa)	0.4980	0.0951	(0.3108, 0.6852)	5.24	0.000	1.03
h	38.906	0.427	(38.065, 39.746)	91.12	0.000	1.03
m	-3.85	1.52	(-6.84, -0.86)	-2.53	0.012	5.42
Ap	0.1785	0.0561	(0.0680, 0.2889)	3.18	0.002	5.38

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
146.925	96.91%	96.86%	6022950	96.80%	3532.14	3553.53

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value
Regression	4	182612312	96.91%	182612312	45653078	2114.84
Elastisite Modülü (Gpa)	1	1	0.00%	592086	592086	27.43
h	1	182380604	96.78%	179247897	179247897	8303.49
m	1	13098	0.01%	138685	138685	6.42
Ap	1	218609	0.12%	218609	218609	10.13
Error	270	5828503	3.09%	5828503	21587	
Lack-of-Fit	138	5553685	2.95%	5553685	40244	19.33
Pure Error	132	274818	0.15%	274818	2082	
Total	274	188440815	100.00%			

Source	P-Value
Regression	0.000
Elastisite Modülü (Gpa)	0.000
h	0.000
m	0.012
Ap	0.002
Error	
Lack-of-Fit	0.000
Pure Error	
Total	

EK 8. Elma Meyvesi Zedelenme Hacmi (Z_h) İçin Doğrusal Olmayan (Üssel) Model Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: Elastisite Modülü (Gpa), h, L, W, T, m, V, Ap

	-----Step 1-----		-----Step 2-----	
	Coef	P	Coef	P
Constant	0.4062		0.3795	
h	1.5964	0.000	1.6036	0.000
Elastisite Modülü (Gpa)			0.02029	0.000
S		0.0621762		0.0546976
R-sq		96.70%		97.45%
R-sq(adj)		96.69%		97.43%
Mallows' Cp		94.62		12.92
AICc		-743.28		-812.72
BIC		-732.52		-798.40

α to enter = 0.05, α to remove = 0.05

Regression Equation

$$Z_h = 0.3795 + 0.02029 \text{ Elastisite Modülü (Gpa)} + 1.6036 h$$

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0.3795	0.0263	(0.3278, 0.4313)	14.43	0.000	
Elastisite Modülü (Gpa)	0.02029	0.00226	(0.01585, 0.02474)	8.99	0.000	1.00
h	1.6036	0.0157	(1.5726, 1.6345)	101.96	0.000	1.00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0.0546976	97.45%	97.43%	0.836919	97.38%	-812.72	-798.40

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	31.1441	97.45%	31.1441	15.5721	5204.87	0.000
Elastisite Modülü (Gpa)	1	0.0443	0.14%	0.2416	0.2416	80.76	0.000
h	1	31.0998	97.31%	31.0998	31.0998	10394.91	0.000
Error	272	0.8138	2.55%	0.8138	0.0030		
Lack-of-Fit	140	0.7564	2.37%	0.7564	0.0054	12.44	0.000
Pure Error	132	0.0573	0.18%	0.0573	0.0004		
Total	274	31.9579	100.00%				



T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİMSEL ETİK BEYANI

‘BAZI MEYVE TÜRLERİNDE MEKANİK ZEDELENME PARAMETRELERİNİN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ’ başlıklı Yüksek Lisans tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Buse SAYAR

03/08/2023

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı: Buse SAYAR

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği

Yabancı Diller : İngilizce