

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
2024-YL-54

**BAZI TURUNÇGİL ÇEŞİTLERİNİN MEKANİK HASAT
PARAMETRELERİNİN LABORATUVAR
KOŞULLARINDA BELİRLENMESİ**

Sena Nur KILIÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Türker SARAÇOĞLU

AYDIN-2024

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince, bu tezin oluşum ve yönetim aşamalarında yardımını ve desteğini benden esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Türker SARAÇOĞLU'na ve beni hep destekleyen merhum babama sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Sena Nur KILIÇ





BİLİMSEL ETİK BEYANI

“Bazı Turunçgil Çeşitlerinin Mekanik Hasat Parametrelerinin Laboratuvar Koşullarında Belirlenmesi” başlıklı Yüksek Lisans tezimdaki 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 eksiksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Sena Nur KILIÇ

11/07/2024



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR	iii
BİLİMSEL ETİK BEYANI.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
RESİMLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.2. Turunçgil Bitkileri	1
1.3. Dünyada ve Türkiye’de Turunçgil Üretimi	3
1.4. Turunçgil Çeşitlerinin Kültürel Bakım İşlemleri	7
1.4.1. Budama	8
1.4.2. Sulama	9
1.4.3. Toprak İşleme	9
1.5. Turunçgillerde Hasat	9
1.5.1. Titreşimli Meyve Hasadı	10
1.5.2. Çırpıcılar	13
1.5.3. Robotik Hasat Sistemleri	15
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1. Bitkisel Materyal	21

3.1.2. Denemede Kullanılan Cihazlar	23
3.2. Yöntem.....	26
3.2.1. Boyut Özelliklerinin Belirlenmesi	26
3.2.2. Kütle ve Tutunma Kuvvetlerinin Belirlenmesi	26
3.2.3. Sarsma Denemeleri	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1. Boyut Özelliklerine Ait Sonuçlar	29
4.2. Kütle ve Tutunma Kuvvetlerine Ait Sonuçlar	29
4.3. Sarsma Denemelerine Ait Sonuçlar	32
5. SONUÇ	43
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Mandalina üretiminde ülkelerin üretim payları (%) (TEPGE, 2023)	4
Şekil 1.2. Türkiye greyfurt üretiminde önemli iller (TÜİK, 2023)	5
Şekil 1.3. Türkiye’de 2022 yılı portakal üretiminin iller bazında dağılımı (TÜİK, 2023).....	5
Şekil 1.4. Türkiye’de 2022 yılı mandalina üretiminin iller bazında dağılımı (TÜİK, 2023).....	6
Şekil 1.5. Türkiye’de 2022 yılı limon üretiminin iller bazında dağılımı (TÜİK, 2023.18).....	7
Şekil 1.6. Kablolu tip sarsıcı fonksiyonu ve çalışma ilkesi (1-Kuyruk mili, 2-Mafsallı mil, 3-Eksantrik, 4-Yön değiştirme kasnağı, 5-Halat, 6-Kelepçe, 7-Dal) (Erdoğan, 1989; Yıldız, 2012).....	12
Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan turunçgil türlerinin ortalama kütle (m) değerleri.....	30
Şekil 4.2. Çalışmada kullanılan turunçgil türlerinin ortalama tutunma kuvveti (F) değerleri.....	31
Şekil 4.3. Çalışmada kullanılan turunçgil türlerinin ortalama $F \cdot m^{-1}$ değerleri.....	32
Şekil 4.4. Portakal meyvesinde farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma süresi (s).....	32
Şekil 4.5. Greyfurt (Marsh Seedles) meyvesinde farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma süresi.....	33
Şekil 4.6. Mandalina (Klemantin) meyvesinde farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma süresi.....	34
Şekil 4.7. Limon (Mayer) meyvesinin farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma süresi.....	34
Şekil 4.8. Portakal için farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma yüzdeleri	35
Şekil 4.9. Greyfurt için farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma yüzdeleri	36

Şekil 4.10. Mandalina için farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma yüzdeleri	36
Şekil 4.11. Limon için farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma yüzdeleri.....	37
Şekil 4.12. İvmeye bağlı olarak portakal meyvesinin kopma oranı.....	38
Şekil 4.13. Greyfurt meyvesi için ivmeye bağlı kopma oranı	39
Şekil 4.14. Mandalina meyvesi için ivmeye bağlı kopma oranı	39
Şekil 4.15. Limon türü meyveler için ivmeye bağlı kopma oranı	40
Şekil 4.16. İvmeye bağlı olarak portakal türünün kopma süresi (s)	41
Şekil 4.17. İvmeye bağlı olarak greyfurt meyvesinin kopma süresi (s).....	41
Şekil 4.18. İvmeye bağlı olarak mandalina meyvesinin kopma süresi (s).....	41
Şekil 4.19. İvmeye bağlı limon meyvesinin kopma süresi (s)	42

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1.1. Elde taşınır dal sarsıcı (Anonim, 2024)	11
Resim 1.2. Gövde sarsıcı (Ortiz ve Torregrosa, 2013).	13
Resim 1.3. Taç çırpıcı (Shamshiri, 2008)	14
Resim 1.4. Kuvvetli hava akımı sarsıcı (Whitney ve Schultz, 1975)	14
Resim 1.5. Robotik hasat makinası (Anonim, 2024)	15
Resim 3.1. Marsh Seedles greyfurt çeşidi	21
Resim 3.2. Klemantin mandalina çeşidi.....	22
Resim 3.3. Mayer limon çeşidi	22
Resim 3.4. Washington Navel portakal çeşidi	23
Resim 3.5. El dinamometresi	24
Resim 3.6. Laboratuvar tipi sarsıcı düzen.....	24
Resim 3.7. Laboratuvar tipi sarsıcı düzen eksantrik mekanizması	25
Resim 3.8. Tutunma kuvvetlerinin ölçülmesi	26



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünyada turunçgil üretimi (bin ton) (USDA, 2023).....	3
Çizelge 4.1. Denemede kullanılan dört farklı turunçgil türlerinin ortalama meyve ve sap boyut ölçüleri	29





ÖZET

BAZI TURUNÇGİL ÇEŞİTLERİNİN MEKANİK HASAT PARAMETRELERİNİN LABORATUVAR KOŞULLARIN DA BELİRLENMESİ

Kılıç S. N. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Prof. Dr. Türker Saraçoğlu, Aydın, 2024.

Amaç: Çalışmada bazı turunçgil çeşitlerinin mekanik hasadında kullanılabilecek titreşim esaslı makinaların tasarımında önemli parametreler olan genlik ve frekans değerleri, sarsma süresiyle birlikte kullanılarak ivme değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada materyal olarak greyfurt, portakal, mandalina ve limon türleri kullanılmıştır. Denemelerde meyvelerin boyut analizleri ve tutunma kuvvetleri bir kumpas, hassas terazi ve el dinamometresi ile ölçülmüştür. Ölçümler sonucu tutunma kuvveti/meyve kütlesi ($F \cdot m^{-1}$) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen ivme değerleri esas alınarak her farklı tür için belirlenen 3 farklı genlik ve frekans değerlerinde laboratuvar ortamında oluşturulmuş olan bir sarsıcı düzen yardımıyla turunçgil meyvelerinin tek tek denemeleri yapılmıştır.

Bulgular: Denemelerde dört farklı turunçgil türünün farklı frekans ve genlik değerleri kombinasyonlarında sabit sürede (10 saniye) kopma süreleri, kopma oranları, ivme değerlerine bağlı olarak etkinlik değerleri ve düşme süreleri belirlenmiştir.

Sonuç: Çalışmada turunçgil meyvelerinin hasadı için en uygun frekans ve genlik değerlerinin; portakal için 10 Hz frekans 40 mm genlik, greyfurt için 12 Hz frekans 40 mm genlik, mandalina için 10 Hz frekans 25 mm genlik ve limon için 12 Hz frekans 40 mm genlik değerleri olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada belirlenen genlik ve frekans değerlerinde yaklaşık 2 s'lik bir sarsma süresinin kopmanın gerçekleşmesi için yeterli olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Frekans, Genlik, İvme, Mekanik hasat, Turunçgiller.



ABSTRACT

DETERMINATION OF MECHANICAL HARVEST PARAMETERS OF SOME CITRUS VARIETIES UNDER LABORATORY CONDITIONS

Kılıç S. N. Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Agricultural Machinery, Supervisor: Prof. Dr. Türker Saraçoğlu, Aydın, 2024.

Objective: In this study, it was aimed to determine acceleration values by using amplitude and frequency values and shaking time, which are important parameters for the design of vibration-based machines that can be used in the mechanical harvest of some citrus species.

Material and Methods: Grapefruit, orange, tangerine and lemon types were used as materials in the study. In the trials, the size analysis and holding strength of the fruits were measured with a caliper, precision scale and hand type dynamometer. As a result of the measurements, detachment force/fruit mass ($F \cdot m^{-1}$) values were determined. Based on the acceleration values obtained, individual trials of citrus fruits were carried out with the help of a shaker arrangement created in the laboratory condition at 3 different amplitude and frequency values determined for each different species.

Results: In the experiments, detachment times, detachment rates, efficiency values and detachment times based on acceleration values were determined in different combinations of frequency and amplitude values of four different citrus species in a fixed period (10 s).

Conclusions: In the study, it was determined that the most appropriate frequency and amplitude values for harvesting citrus fruits were; 10 Hz frequency 40 mm amplitude for orange, 12 Hz frequency 40 mm amplitude for grapefruit, 10 Hz frequency 25 mm amplitude for mandarin, and 12 Hz frequency 40 mm amplitude for lemon. It was found that a shaking time of approximately 2 s was sufficient at the amplitude and frequency values determined in this study.

Keywords: Acceleration, Amplitude, Citrus, Frequency, Mechanical harvesting.



1. GİRİŞ

Turunçgiller, yaprağını dökmeyen ağaç tipine sahip Rutaceae Familyası'nın Aurantioideae Alt Familya'sının üyesi olan Citrus cinsine ait bir meyve grubudur. Ekvatorun 40° kuzey ve güney enlemleri arasında yer alan ülkelerin neredeyse hepsinde yetiştiriciliği yapılan turunçgiller, çok yıllık bitkiler olup soğuk iklim koşullarına dayanıksızdırlar. Arap Yarımadası'nın doğusundan Filipinler'in doğusuna ve Himalayalar ile Hindistan'dan Avusturalya'ya kadar olan bölgeyi içine alan geniş bir coğrafyada yetiştiriciliği yapılmasına rağmen asıl anavatanı Güneydoğu Asya'dır. Turunçgiller geniş bir cins, tür ve çeşit zenginliğine sahip olmasına rağmen bunların hepsi ekonomik önem kazanamamıştır. Geniş bir coğrafyada yetiştiriciliği yapılan meyve grubunun subtropik iklim koşulları olan bölgelerde daha kaliteli ve verimli üretildiği görülmektedir. Tropik ve yarı tropik iklim koşullarına sahip bölgelerde meyvenin iç ve dış kalitesinde bozulmalar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Taze meyve tüketimi denildiğinde akla ilk gelen meyve grubu olan turunçgiller işlenmiş olarak birçok yan ürün elde edilmesinde de ana materyal olarak kullanılmaktadır. Başta meyve suyu sanayi olmak üzere, kabuklarının işlenmesi ile elde edilen marmelat, konserve, reçel gibi gıda ürünlerinin üretiminde ve gıda sanayi dışında kimya sanayinde hoş koku verici olarak parfüm, sabun, çeşitli ilaçların üretiminde de sıkça kullanılmaktadır (Tuzcu, 1990).

1.2. Turunçgil Bitkileri

20 milyon yıllık bir tarihçeye dayanan turunçgiller familyasına ait ilk tür ağaç kavunu (*Citrus medica L.*) olarak bilinmektedir. Kalın ve sert kabuğa sahip olan ağaç kavunu meyvesi en fazla Akdeniz çevresi, Hindistan ve Güney ile Orta Amerika'nın bazı bölgelerinde yetiştirilmektedir. Yavaş büyüyen ağaç kavunu yaklaşık 3-4 yaşında meyve vermeye başlar ve meyve boyu ortalama 12-15 cm arasında, dış yüzeyi pürüzlü ve kokulu bir yapıya sahiptir (Kafa ve Canıhoş, 2010).

Turunç (*Citrus aurantium L.*) ve limonun (*Citrus limon (L) Burm. f*) M.S. 1. veya 2. yüzyılda Romalılar tarafından ticaret yolu ile Avrupa'ya getirildiği bilinmektedir. Limon,

turunç ile ağaç kavunu çaprazlanması ile elde edilmiş doğal bir melezleme türüdür. Ana vatanı hala kesin olarak belirlenmemekle birlikte Çin’de yine M.S. 1175 ve M.S. 1178 yıllarına ait kaynaklarda “li-mung” olarak adlandırılan ve limon bitkisine benzer olarak betimlenen bir bitki türünün olduğu bilinmektedir. Limon, fungal hastalıklara karşı hassas bir tür olduğundan nemli subtropik ve tropik iklim koşullarına sahip bölgelerde hem düşük verim hem de kalitesiz meyve vermektedir (Tuzcu, 1990).

Portakal (*Citrus sinensis* L.), yüksek B ve C vitamini ve antioksidan içeriği ile çok uzun yıllardan beri en fazla tüketilen turunçgil meyvelerinin başında yer almaktadır. Şadok (*Citrus maxima* L.) ve mandalina (*Citrus reticulata* Blanco) bitkilerinin melezlemesi olduğu düşünülen portakal türünün birçok çeşidi mevcuttur. Oldukça düşük sıcaklıklara dayanıklı olan meyve grubu ülkemize ilk defa Portekiz’den getirilmiştir. Ağaç boyu yaklaşık 2-3 m, meyve kabukları orta kalınlıktadır (Gülşen, 2000).

Turunçgiller familyasına ait bir diğer tür olan mandalina (*Citrus reticulata* Blanco), 1805 yılında Çin’den İngiltere’ye oradan da Malta adasına getirilmiştir. Ülkemizde en çok Akdeniz ve Ege Bölgesinde yetiştiriciliği yapılan tür soğuk iklim koşullarına portakal, limon gibi diğer türlerden daha dayanıklıdır. Örneğin portakal çeşitleri 0 °C sıcaklığa dayanabiliyorken mandalina çeşitleri -4 °C sıcaklığa dayanabilirler. Tangerina, nova, satsuma, klemantin, fairchild marisol gibi birçok çeşidi bulunmaktadır (Tuzcu, 1990).

Greyfurt (*Citrus paradisi*) türü, doğal bir portakal (*Citrus sinensis* L.) ve şadok (*Citrus maxima* L.) melezlemesi ile oluşmuştur. 1750’li yıllarda Jamaika’da ortaya çıkan bu tür bütün dünyaya buradan yayılmıştır. Greyfurt türü kaliteli meyve verimi için yüksek sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır. Akdeniz iklimi gibi subtropik iklim bölgelerinde yetişen meyve asit içeriği yüksek ve sert kabuğa sahip olduğundan meyve suyu oranı oldukça düşüktür. Meyve eti rengine göre beyaz etli ve renkli olarak sınıflandırılmaktadır. Renkli greyfurt çeşitleri iç ve dış pazarda beyaz greyfurt meyvelerine göre daha çok rağbet görmektedir (İlbay, 2016).

Çin greyfurtu olarakta bilinen şadok (*Citrus maxima*), turunçgiller familyasına ait meyve türleri içinde en büyük meyveye ve aynı zamanda en az asit miktarına sahip türdür. Meyve çapı 15-20 cm’yi ağırlığı ise 2 kg’a ulaşabilmektedir (Tuzcu, 1990).

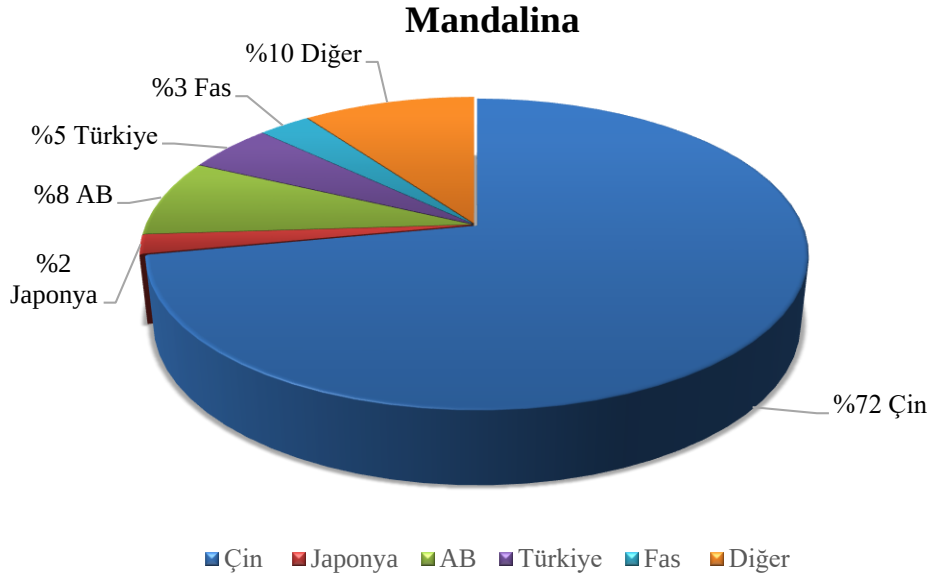
1.3. Dünyada ve Türkiye’de Turunçgil Üretimi

Çizelge 1.1 incelendiğinde U.S. Department of Agriculture (USDA)’nın verilerine göre, 2022/2023 üretim yılında dünyada bazı turunçgil türlerinin üretiminin (portakal, limon, mandalina ve greyfurt) yaklaşık 101 milyon ton olarak gerçekleştiği görülmektedir. Bahsedilen dört tür için yapılan üretimin %47’si portakal, %37’si mandalina, %9’u limon ve %7’si greyfurtur..

Çizelge 1.1. Dünyada bazı turunçgil türlerinin üretimi (bin ton) (USDA, 2023)

	Portakal	Limon	Mandalina	Greyfurt	Toplam
2018/2019	54.302	9.033	32.908	6.816	103.059
2019/2020	46.102	8.806	32.711	6.797	94.416
2020/2021	48.186	9.362	36.026	6.681	100.255
2021/2022	50.410	10.204	37.832	6.965	105.411
2022/2023	47.765	9.069	36.923	6.807	100.564

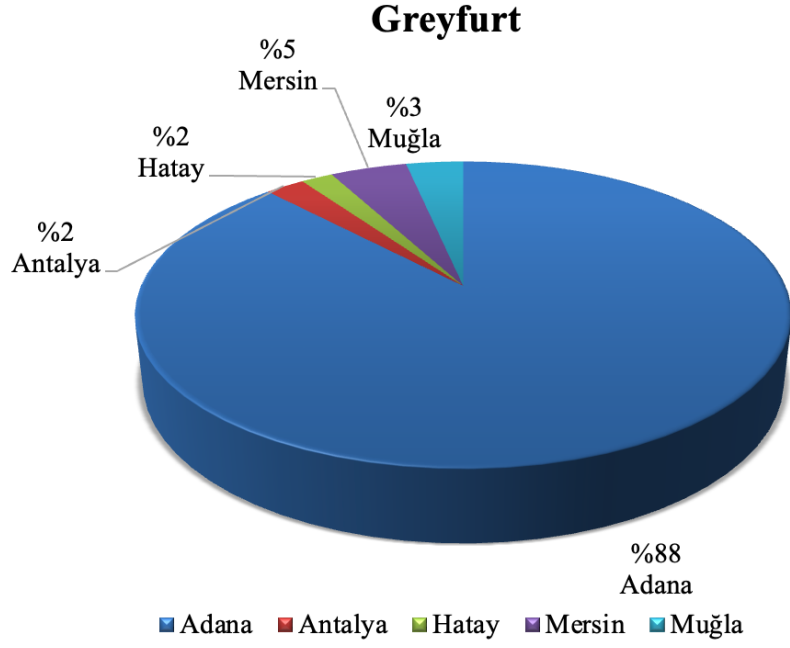
Dünyada en çok turunçgil üretimi yapan ülkelerin başında gelen Çin, gerek turunçgillerin anavatanı olması sebebiyle gerekse %51’lik bir oran ile dünyada en çok turunçgil dikimi yapılan ülkeler arasına girmesinden dolayı yüksek bir üretim payına sahiptir. Çin’in yanı sıra Brezilya, AB ve Meksika gibi ülkeler de yüksek üretim paylarına sahiptir. 2022/2023 yılı piyasasında portakal üretiminde en fazla Brezilya, Çin ve AB ülkelerinin önde olduğunu görülmektedir. Mandalina üretiminin geneline bakıldığında %72’lik bir oran ile en fazla Çin, %8 AB ve %5 oran ile Türkiye üretim payı oluşturmuştur (Aygören, 2023).



Şekil 1.1. Mandalina üretiminde ülkelerin üretim payları (%) (Aygören, 2023)

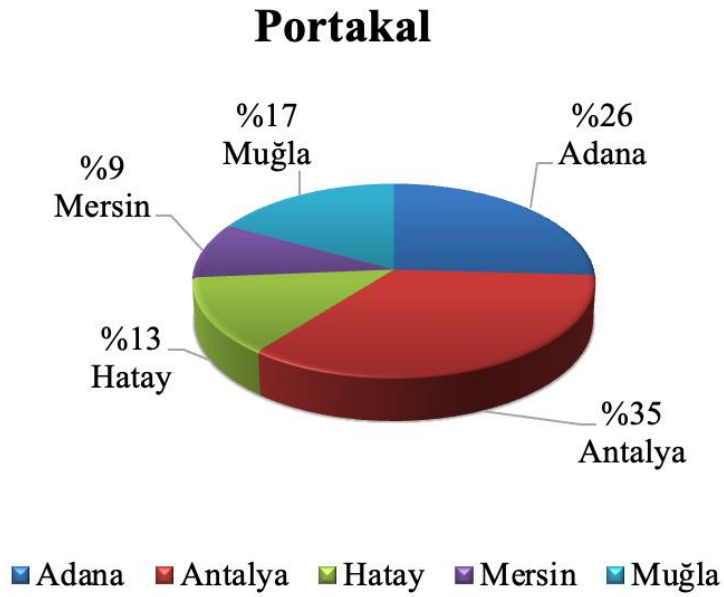
Türkiye, 2023 yılında toplamda yaklaşık 7,8 milyon ton turunçgil üretimi gerçekleştirmiştir. Ülkemizde gerçekleştirilen turunçgil üretiminin büyük bir payı Akdeniz Bölgesi'nde gerçekleştirilmektedir. Turunçgil türlerine göre değerlendirildiğinde toplam portakal üretiminin %84'ü, mandalina üretiminin %92'si, limon üretiminin %93'ü ve greyfurt üretiminin ise %97'si Akdeniz Bölgesi'nde üretilmektedir (TÜİK, 2023).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Bitkisel Üretim İstatistikleri'ne göre, 2022 yılında 1 milyon 322 bin ton portakal, 1 milyon 865 bin ton mandalina, 1 milyon 323 bin ton limon, 198 bin ton greyfurt üretimi gerçekleşmiştir. Toplam turunçgil üretiminde bir önceki yıla göre %21 azalma görülmüştür. 2023 yılında ise 2 milyon 311 bin ton portakal, 284 bin ton greyfurt, 2 milyon 325 bin limon ve 2 milyon 952 bin ton mandalina üretimi gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2023). Şekil 1.2'de Türkiye greyfurt üretimindeki illerin dağılımı görülmektedir.



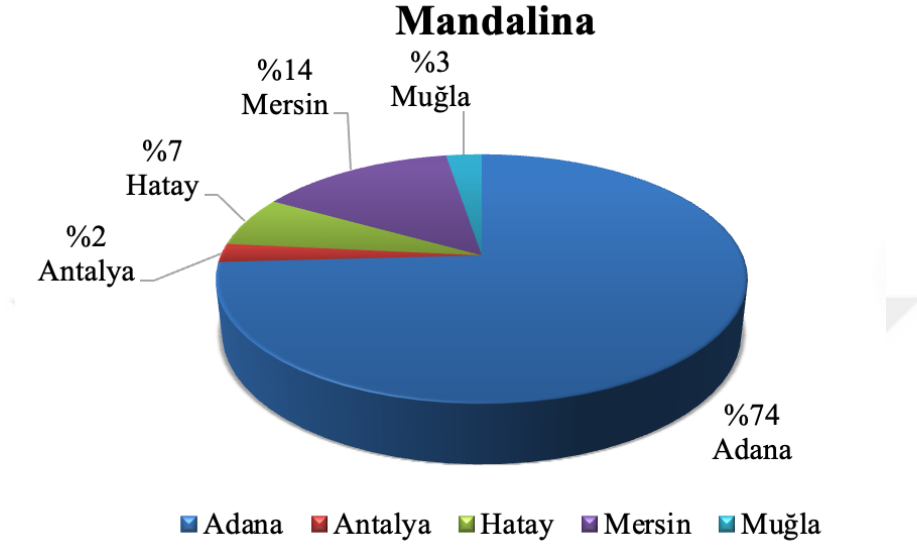
Şekil 1.2. Türkiye greyfurt üretiminde önemli iller (TÜİK, 2023)

Türkiye’de 2023 yılında yaklaşık 2,3 milyon ton portakal üretimi gerçekleşmiştir. Toplam üretimin iller bazında dağılımına bakacak olursak; %35 üretim payı ile Antalya, Antalya’yı Adana (%26) ve Muğla (%17) illeri takip etmektedir (Şekil 1.3). Bir önceki üretim piyasasına göre toplam portakal üretiminde %60 oranında artış görülmektedir.



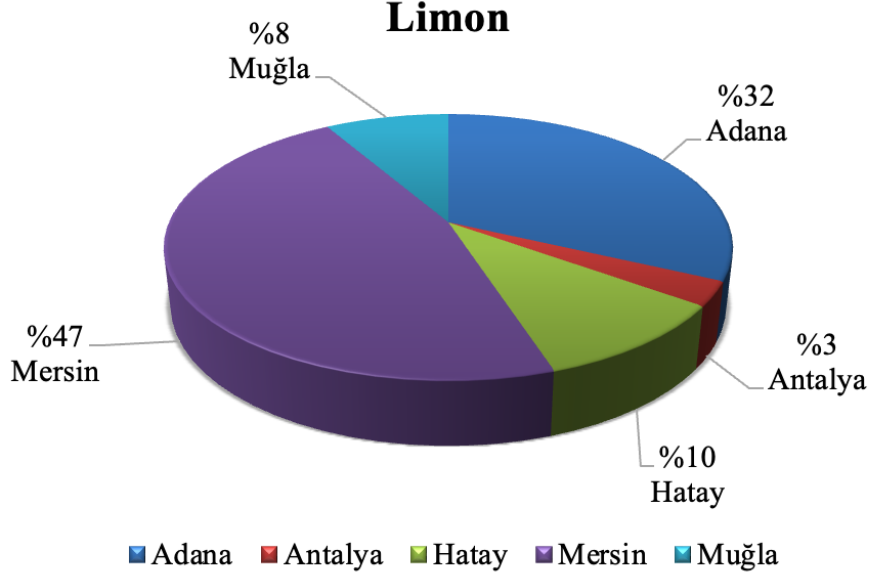
Şekil 1.3. Türkiye’de 2023yılı portakal üretiminin iller bazında dağılımı (TÜİK, 2023).

2023 yılında ülkemizde 2.9 milyon ton mandalina üretiminin iller bazında bakıldığında %74 gibi büyük bir oranının Adana ilinden karşılandığı görülmektedir. Mersin %14 oranında mandalina üretimi payı ile Adana’dan sonra en fazla üretim yapılan il olmuştur (Şekil 1.4). Üretimi yapılan mandalina çeşitlerinin dağılımına bakılınca ise en fazla Satsuma ve Klemantin çeşidi mandalinalar oluşturmaktadır.



Şekil 1.4. Türkiye’de 2023 yılı mandalina üretiminin iller bazında dağılımı (TÜİK, 2023)

Türkiye’de 2022 yılında gerçekleştirilen limon üretiminde 2021 yılına göre %15 oranında azalma gözlemlenmektedir. İl bazında üretim paylarına bakıldığında ise %47 üretim payı ile Mersin’in limon üretiminde ilk sırada yer aldığı gözlemlenmektedir. Mersin’i Adana (%32) ve Hatay (%10) illeri takip etmektedir. 2023 yılında ise toplam 2.3 milyon ton limon üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Türkiye’de 2022 yılı limon üretiminin iller bazında dağılımı (TÜİK, 2023)

1.4. Turunçgil Çeşitlerinin Kültürel Bakım İşlemleri

Turunçgil üretiminde, iklim ve toprak koşulları yetiştirilen çeşit ve plantasyon alanı için oldukça önemli bir etken olmaktadır. İklim koşulları yetiştiricilik açısından oldukça önemlidir. Bir turunçgil bahçesi kurarken en çok dikkat edilmesi gereken birinci unsur havanın akış yönü olmalıdır. Soğuk hava dağlardan denize doğru seyredeceğinden bahçenin soğuk hava akımını muhafaza edemeyeceği alanlara kurulması üretimi doğrudan etkileyecektir. Soğuk havanın akış yönü hesap edilerek bahçe plantasyonun ayarlanması meyvenin verimini doğrudan etkileyen sıcaklık etkeninin minimum hasar vermesine yardımcı olacaktır.

Toprak koşulları bakımından bakıldığında zaman bolca oksijene ihtiyaç duyan turunçgil ağaçları kökleri rahatça hava alabilecek konumda olacağı toprak koşullarına ihtiyaç duyarlar. Ağaç kökleri oldukça fazla oksijene ihtiyaç duyduklarından geçirgen toprak tipinde yetiştirilmediğinde boğulma tepkisi olarak ağaç kökleri yüzeye doğru çıkmaya başlar. Geçirgenliği yüksek olan kumlu-tınlı toprak tiplerinde etkili şekilde yetiştirilen turunçgil ağaçlarının kök derinlikleri 5-6 metreye kadar ulaşabilmektedir. Verimli bir şekilde yetişmesi istenen turunçgil ağaçları için önemli olan bir başka koşulsu taban suyudur. Turunçgiller çok fazla su ihtiyacı olan bitkiler değildir aksine susuzluğu tercih ederler. Bahçenin toprak yapısı geçirgen olmayan ağır toprak özelliğinde ise bu durumda birikmiş olan su içerisinde

tuz, sülfat, alkali maddeleri kök etrafında asidik bir ortam oluşturacağı için bu tarz koşullara sahip plantasyonlarda bahçe kurulumu tercih edilmemelidir (Kafa ve Canıhoş, 2010).

1.4.1. Budama

Ağaçların güçlü ve dengeli taç oluşturması, ağaçtan uzun süre verim almak ve alınan ürünün kaliteli olması için, alet ve makinaların kullanımının kolaylaştırılması, yaşlı ağaçlardan tekrar verim alınması amacıyla budama işlemi gerçekleştirilmektedir. Budama yapılmadan önce, bitkinin fizyolojisi, bahçe plantasyonu, bitki yaşı, iklim koşulları, kullanılan alet ve makina özellikleri, bitki çeşidi gibi bir takım özelliklere dikkat edilmelidir (Demir, 2020).

Budama zamanları limon hariç diğer bütün turuncgiller için kış aylarında gerçekleştirilmektedir. Verimlilik budaması (hastalıklı, kuru ve obur dalların kesimi) kış aylarında büyüme durunca, temizleme suretiyle yapılmaktadır. Şekil, verim ve gençleştirme olarak 3 çeşit budama vardır. Şekil budaması genç ağaçların gelişiminde sağlam yapılı ve dengeli taç oluşturması amacıyla yapılan budama çeşididir. Kurumuş, hastalıklı, obur nitelikli ve birbirine rakip olan dalların kesilmesine ise verim budaması denilmektedir. Belirtilen bu durumların dışındaki ağaçlarda budama yapılması ağaca çok büyük ölçüde zarar verir. Sadece limon meyvesinde bu durum tepe tomurcuğu baskınlığı sebebiyle geçerli değildir. Tepe tomurcuğu sürgün üzerindeki yan tomurcukların gelişimini engellemektedir. Limon ağacı sürgünleri diğer türlere göre yan dal verememe ve dik büyüme eğiliminde olduklarından çiçek tomurcuğu oluşumu içinde yan dal gerektiğinden tepe tomurcuğu baskınlığı kaldırılmalıdır. Bu sebeple diğer çeşitlerden farklı olarak her sene düzenli olarak uç alma budaması sadece limon ağacında yapılmaktadır. Turuncgillerde yüksek verim elde etmek ağacın ne kadar sürgün oluşturduğu ile ilgilidir. Sürgünler genç ağaçlarda normal gelişen ve meyve tomurcuğu oluşturma bakımından daha fazla olmasına karşın ağaç yaşı ilerledikçe yeterli miktarda oluşmamaktadır. Gençleştirme budaması yaşlı ağaçların daha verimli ve düzgün sürgün ile meyve tomurcuğu oluşturması için yapılmaktadır (Turgutluoğlu, 2020a).

1.4.2. Sulama

Turunçgiller, sulama pratiğinin bilinçli bir şekilde uygulanmasıyla olumlu yönde etkilenirken, bilinçsiz sulama yöntemleri istenmeyen sonuçlara neden olabilir. Sulama, kök gelişimini, ağacın taç genişliğini, meyve kalitesini ve verimini doğrudan etkiler. Toprağın nem, sıcaklık, tuzluluk ve besin maddeleri alımı, kök sağlığı ve gelişimi üzerinde belirleyici bir faktördür. Aşırı sulama, kök çürüklüklerine ve yapraklarda kloroz gibi sorunlara yol açabilir. Turunçgillerin yıllık su gereksinimi genellikle 800 ila 1200 mm arasındadır. Bu miktarın bir kısmı yağışlarla karşılanır. Bölgenin iklimine bağlı olarak, sulama genellikle 15 Mayıs ile 15 Ekim arasında gerçekleştirilir. Başlangıçta, sulama sıklığı genellikle 25 ila 30 gün arasında değişirken, yaz aylarında bu sıklık 15 ila 20 güne düşer. Ancak düzensiz sulama, çiçek ve meyve dökülmesine ve meyve çatlamasına neden olabilir. Toprağın yapısına bağlı olarak, fidanlar için 8 ila 12 litre, orta büyüklükteki ağaçlar için 40 ila 60 litre ve tam gelişmiş ağaçlar için 100 ila 200 litre su verilmesi gerekebilir (Demir, 2020; Turgutoğlu, 2020a; Turgutoğlu, 2020b; Eryılmaz, 2020).

1.4.3. Toprak İşleme

Turunçgil ağaçları köklerinin oksijen ihtiyacından kaynaklı sıkışık toprak istemezler. Ağaç kökleri normal şartlarda 30-90 cm derinlikte olduğu için pulluk ile toprak havalandırmaya yönelik bir çalışma yapılamaz. Toprak yeterince oksijen almıyor ise kökler yukarı çıkacağından herhangi bir toprak işleme makinası köklere zarar vererek birtakım hastalıklara yol açabilmektedir. Tüm bu sebeplerle yabancı otlarla mekanik mücadele için basit el aletleri önerilmektedir.

1.5. Turunçgillerde Hasat

Genel olarak meyve hasadı elle, yarı makinalı ve makinalı olmak üzere üç farklı yöntem ile gerçekleştirilmektedir. Turunçgil üretimi yapılan ülkelerin geneline bakıldığında başta Türkiye olmak üzere çoğunlukla elle hasat gerçekleştirildiğini görmekteyiz. Elle hasat insan iş gücü kullanılarak yapılan toplama işlemidir. Hasat meyveden meyveye değişmekle

birlikte ortalama 450-2000 işgücü-h/ha arasında insan işgücü gerektirmektedir. Bu rakam üretim için toplam çalışma zamanının %40-80'ini, toplam üretim maliyetinin %30-60'ını oluşturmaktadır. Elle hasat taze olarak ihraç edilen meyvelerin zedelenmemeleri için özellikle tercih edilen bir yöntem olsa da, yüksek iş gücü gereksinimine ve toplam maliyete etkisi oldukça yüksektir (Yıldız, 2012).

Makinalı hasatta, meyvelerin dalından ayrılması ve toplanması genellikle mekanik aletlerle sağlanır. Taze tüketim ve endüstriyel kullanım için yapılan meyve hasadı, meyvelerin hasat öncesi durumuna bağlı olarak farklı hasat teknikleri, çeşitli dikim düzenleri ve ağaç yapıları gerektirir. Taze tüketim amaçlı hasatta, elle hasat ve bazı destekleyici araçlar kullanılırken, endüstriyel kullanım için, genellikle yüksek boylu ağaçlarda mekanik hasat makineleri tercih edilir (Civil, 2009).

Mekanik turunçgil hasadında uygulama biçimine göre hasat titreşim esaslı ve çırpma esaslı olmak üzere iki ana bölümde incelenebilir. Bu yöntemler ile kütleli meyve hasadı gerçekleştirilmektedir. Titreşim esaslı hasatta meyve ağaçlarının ana gövdesi veya dalları titreştirilerek elde edilen ivmenin meyve sap sistemine iletilmesi ve meyvenin düşürülmesi sağlanmaktadır. Çırpma esaslı meyve hasadında ise meyve bulunan dalların çırpıcı organlar ile hareketlendirilmesi ve aynı zamanda meyvelere yapılan temasla meyvelerin düşürülmesi sağlanmaktadır.

Bu hasat yöntemlerin dışında ayrıca gelişen teknolojiyle beraber robotik hasat sistemleri geliştirilmiş ve bu sistem içerisinde bilgisayar kontrollü olarak tek tek meyve toplama işlemleri yapılmaktadır.

1.5.1. Titreşimli Meyve Hasadı

Meyve hasadında mekanizasyon ilke ve yöntemlerinin uygulanabilmesi için hasat edilecek olan meyvenin temel biyomekanik özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Ülkemizde turunçgil hasadının neredeyse tamamı elle gerçekleştirilmektedir. Elle gerçekleştirilen hasadın uzun süre almasıyla birlikte ortaya çıkan yüksek iş gücü ihtiyacı üretim maliyetini arttırması nedeniyle turunçgil yetiştiriciliğinde karşılaşılan büyük problemlerden biri olmaktadır. Bu nedenle mekanik hasat sistemlerinin kullanımının gerekliliği oldukça önem teşkil etmektedir. Özellikle meyve suyu sanayii için üretilen turunçgil meyvelerinin hasadında kullanılmak üzere uygun sistemlerin seçilmesi ile birlikte üretim giderlerinde %25 ile %75

oranlarında tasarruf sağlanmaktadır (Ortiz ve Torregrosa, 2013).

Taze turunçgil hasadında maksimum verimi sağlamak için hasat sırasında ağaca uygulanan titreşimin frekansı, genliği ve süresinin kombinasyonu ile mekanik hasat kriterlerinin belirlenmesi gereklidir. Titreşimli meyve hasadında temel amaç sarsma yoluyla meyvenin ivmelendirilmesidir. Bu amaçla meyvenin kopması için ağacın tamamı veya bir bölümü silkelenir. Silkeleme ile meyvede oluşan atalet kuvveti sapta burulma, çekme ile eğilme gerilmeleri ayrı ayrı veya bunların kombinasyonları şeklinde oluşmaktadır. Bu gerilimler sonucunda meyve ile meyve sapı arasında veya meyve sapı ile dal arasında ayrılma meydana gelmektedir. Bu işlemde sarsma süresinin ve buna bağlı olarak yük tekrarının büyük önemi vardır. Çünkü bu faktörler meyvenin kopması için gerekli olan frekansın büyüklüğünü etkilemektedir.

Sarsma şiddeti ve uygun frekansın belirlenerek kullanılması, genlik ve frekans arasındaki uyum ve sarsıcının dala bağlanabilmesi için pozisyonu ve hareketliliği gibi unsurlar hasat etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Bunun yanında makinanın manevra yeteneğini sınırlamayan plantasyon yapısı, ağacın düşük yoğunluklu taç yapısına sahip olması ve ağaç şeklinin kullanılan sarsıcı ile uyumlu olması gibi faktörler de dolaylı olarak verimi etkilemektedir. Ağacın elastikiyetine uygun frekans ve genlikle çalışılmasının hem etkinlik hem de ağaçta olabilecek zararlanmanın minimuma indirilmesinde etkili olmaktadır. (Gezer vd., 1998).

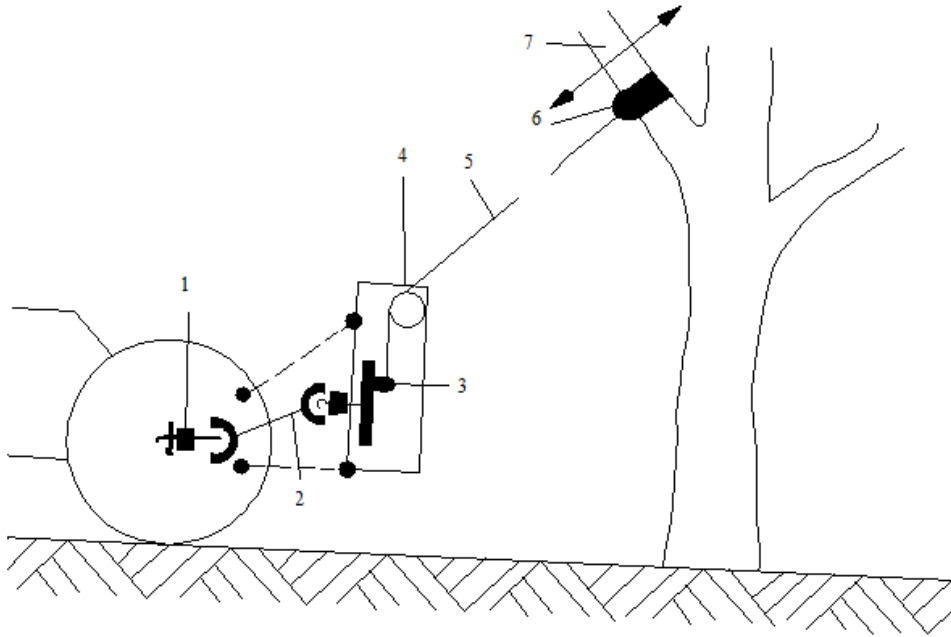
Titreşim esaslı meyve hasadında kullanılan bazı sarsıcı tipleri; elde taşınan dal sarsıcılar (Resim 1.1), kablolu tip sarsıcılar (Şekil 1.2), atalet kuvvet tipli sarsıcı ve gövde sarsıcılar (Resim 1.3) şeklinde sıralanabilir.



Resim 1.1. Elde taşınır dal sarsıcı (Anonim, 2024b)

Özellikle gövde sarsıcılar ve kendi yürür makinaların kullanılmadığı yüksek eğimli plantasyonlarda ya da küçük plantasyonlarda kullanılan, dala bir kanca ile bağlanan ve ileri-geri hareketi yapan eksantrik tipli dal silkeleyiciler, farklı meyvelerin düşürülmesinde son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tip sarsıcılar genellikle 40-50 mm çapa kadar olan dalların sarsılmasında kullanılmaktadır. Omuzda ya da sırta taşınır tipleri bulunmaktadır. Titreşim, genellikle bir krank-biyel mekanizması aracılığıyla dallara doğru gidip gelme hareketi olarak iletilir (Keçecioğlu, 1975).

Mekanik sarsıcıların en basit türlerinden biri olan kablolu sarsıcılar, genellikle traktöre monte edilerek çalıştırılır. Bu tür sarsıcılarda, kablo kuvveti, kuyruk mili üzerinde bulunan eksantrik bir kasnak aracılığıyla sağlanır ve ardından mafsallı bir yönlendirme kasnağıyla ağaca aktarılır. Titreşim hareketi, ağacın geriye doğru esnemesiyle tamamlanır. Bu nedenle, dal kalınlığına bağlı olarak traktörün kütlesinin yeterince büyük olması gerekir. Ağacın serbest geri hareketine bağlı olarak, titreşim frekansı genellikle 5 ila 8 Hz arasında, genlik ise 20 ila 60 mm arasında değişmektedir.



Şekil 1.6. Kablolu tip sarsıcı fonksiyonu ve çalışma ilkesi (1-Kuyruk mili, 2-Mafsallı mil, 3-Eksantrik, 4-Yön değiştirme kasnağı, 5-Halat, 6-Kelepçe, 7-Dal) (Yıldız, 2012)

Gövde veya ana dallara bağlanan, ileri-geri hareketli atalet kuvveti tipi sarsıcılar, kademesiz hidrolik tahrik mekanizması sayesinde frekansı değiştirme yeteneğine sahiptirler. Ağırlık merkezinden sarkıtılan sarsıcı kol, bir sarkaç gibi hareket ederek titreşimi, taşıyıcı ekipmana iletmektedir. Atalet kuvveti tipi sarsıcılar genellikle 40 cm çapa kadar olan gövde

ve dalların sarsılmasında kullanılırlar. Sarsıcı kol, kranktan aldığı hareketle ağaç ve sarsıcı arasında hareket etmektedir. Bu tür sarsıcılarda titreşim frekansı genellikle 10 ila 20 Hz arasında değişirken, genlik ise 20 ila 40 mm arasında olmaktadır.

Atalet kuvvet tipli sarsıcılarda titreşim, ana dalların sarsılmasıyla meyvenin bulunduğu ince dallara iletilir ve oluşan dinamik yük etkisi ile beraber meyvenin düşürülmesi sağlanır (Alper vd., 1976). Gövde sarsıcının kullanım süresi arazi koşullarına ve operatör yeteneğine bağlı olmakla birlikte ağaç başına 3-7 saniye arasında değişmektedir (Shamshiri, 2008). Gövde sarsıcılarının çalışma prensibi olarak çok değişiklik yapılmamasına rağmen meyvelerin zedelenmesini azaltmak amacıyla tutma platformları ile beraber kullanılmaktadır.



Resim 1.2. Gövde sarsıcı (Ortiz ve Torregrosa, 2013).

1.5.2. Çırpıcılar

Çırpıcı makinalar ağaç üzerinde meyve bulunan dalları çırpıcı kol veya parmaklara sahip üniteler ile kütleli olarak hareketlendiren makinalardır. Açık sistem taç çırpıcı ve ağacı içine alarak çırpma işlemi yapan kapalı sistem taç çırpıcılar bulunmaktadır.

Açık sistem taç çırpıcılar, yatay düzlemde dikey veya belirli bir açıda çalıştırılabilen, bir mil üzerine plastik veya kauçuk parmakların uygun aralıklarla yerleştirilmesiyle oluşturulan makinelerdir. İlerleme hızları $1.4-3.2 \text{ km.h}^{-1}$ olup, olgun meyvelerin %71-91'ini

düşürebilmektedir. Düşürülen meyveler, götürücü yardımıyla kasalara ulaştırılmaktadır (Shamshiri, 2008). Resim 1.3'te açık sistem bir taç ırpıcı görölmektedir.



Resim 1.3. Ta ırpıcı (Shamshiri, 2008)

Yüksek çatılı kapalı sistem kendi yürür ırpıcı makinalar özellikle bodur ağaçlarda kullanılmakta ve ağacın tamamını içine alarak ırpıcı organları ile hasat ettiğı meyveleri makinenin taban kısmında bulunan götürücü vasıtası ile yandaki sıra arasında bulunan vagonlara boşaltılmaktadır (Shamshiri, 2008).

Bunların yanında hava akımlı ırpıcılardan da bahsedilebilir. Bu tip makinalarda meyve bulunan dallar hava akımı ile hareketlendirilmektedir (Resim 1.4).



Resim 1.4. Kuvvetli hava akımı sarsıcı (Whitney ve Schultz, 1975)

Güçlü bir hava akımıyla bazı meyve ağaçlarının hasat edilmesi yöntemi, belirli aralıklarla kesintiye uğrayan hava akımının ağaca yönlendirilmesi ve dalların sürekli olarak esneyerek hareket etmesiyle gerçekleşir. Hava, periyodik olarak kesintili bir biçimde uygulanarak sarsma hareketi oluşturulur ve bu sayede meyveler ağaçtan uzaklaştırılır. Oluşturulan hava akımı, ağacın farklı bölgelerine, periyodik olarak hareket eden plakalar aracılığıyla dikey bir şekilde yönlendirilir. Hava başlangıçta dikdörtgen kesitli bir hava üreticisinden gelmekte ve daha sonra plakalar yardımıyla ağacın üst ve alt noktaları arasında süpürme hareketi oluşturulmaktadır (Whitney ve Schultz, 1975).

1.5.3. Robotik Hasat Sistemleri

Bir ağacı robotla hasat etme fikri 1970'li yılların başında ortaya atılmış olup teknolojinin her geçen gün ilerlemesi ile birlikte dinamik olarak gelişmektedir.



Resim 1.5. Robotik hasat makinası (Anonim, 2024a)

Resim 1.6'da görülen robotik hasat sisteminin temel çalışma prensibi, kontrol merkezinden hareketli manuel kol mekanizmasının üstüne yerleştirilen bir kamera ile meyvelerin görüntüsü bilgisayara yansımaktadır. Görüntüde meyvenin üzerinde x ve y koordinatları üzerinde orijin noktası belirlenmektedir. Kol bu noktaya kilitlenerek meyvenin ağırlık merkezinden tutarak döndürme işlemi yaparak meyveyi daldan koparmaktadır.

Robotik hasat sistemleri, farklı çeşit meyve ve sebzeler üzerinde birçok kez çalışılmıştır. Meyve ağaçlarında kullanılan robotik hasat sistemleri, meyveleri tanıyıp seçerek otomatik olarak toplayabilmektedir. Bu sistemler genellikle meyvenin olgunluğunu, rengini

ve boyutunu değerlendirebilen görüntü işleme algoritmalarıyla donatılmıştır.

Bulanon vd. (2001), elma hasadında robot kullanımıyla ilgili bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Bu araştırmada, elmaların konumlarının tahmini için görüntü işleme sistemini kullanmışlardır. Doğal ışık altında CCD kamerasıyla elma görüntüleri toplamışlardır. Fuji elmasının renk modellemesini kullanarak ağaç üzerindeki yapraklar ve dalların yerlerini belirlemişlerdir. LCD modeli (aydınlık ve renk farklılıkları) ve HSI modeli (renk, parlaklık ve doygunluk) analizleri yapılmıştır. Renk zellikleri, aydınlık, renk farklılıkları ve kromatik yaklaşımlarla belirlenmiştir. Bu yöntemle meyve, yaprak ve dallar sınıflandırılmıştır.

Robotik hasat sistemleri, tarım işletmelerine işgücü maliyetlerini azaltma, hasat verimliliğini artırma ve hasat süreçlerini optimize etme avantajı sağlamaktadır. Ancak, farklı meyve ve sebzelerin farklı büyüklükleri, şekilleri ve hasat gereksinimleri gözönüne alındığında, her birrn iinzelleştirilmış robotik hasat sistemlerinin tasarlanması ve geliştirilmesi gerekebilir. Bu, robotik teknolojilerin tarım sektrndekinemli bir araştırma ve geliştirme alanı olmaya devam etmesine neden olmaktadır (Kahya, 2014).

Bu çalışmada bazı turunçgil çeşitlerinin mekanik hasadında kullanılabilecek titreşim esaslı makinaların tasarımına yönelik olaraknemli parametreler olan genlik ve frekans değerleri ile sarsma süresi birlikte kullanılarak ivme değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu parametrelerin belirlenmesi, turunçgil meyvelerinin mekanik hasadında kullanılmakzere yeni tasarlanacak makine ve ekipmanlarınretimini gerçekleştiren imalatçı firmalar için oldukça büyük birneme sahiptir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Titreşim esaslı meyve hasadında sarsıcılar ile meyveleri ağaçtan etkin bir biçimde ayırmak için önemli belli parametreler mevcuttur. Sarsıcı için ana unsur frekans, genlik olmakla birlikte silkeleme yönü, dala bağlantı noktası ve ağırlığı da önemli etmenlerdir. Meyve ve ağaç parametreleri belirlenirken ise tutunma kuvvetinin meyve ağırlığına oranı ($F \cdot m^{-1}$), meyvenin sap uzunluğu ve tutunma kuvveti değerlendirilir. Tüm bu konuların ayrı ayrı olarak üzerinde durulmuş ve birçok araştırma yapılmıştır (Yıldız, 2012).

Gezer vd. (1998) kayısı hasadının mekanizasyonuna yönelik yaptıkları denemelerde 10 mm genlik değerinde meyvenin saptan ayrılması için gereken sarsma süresinin 5 Hz frekans değeri için 65 s olarak belirlemiştir. Frekans değerini 15 Hz olarak belirlediğinde ise meyvenin kopma süresi 8,7 s'ye düştüğünü gözlemlemişlerdir. Farklı olarak frekans değerini sabit tutup genlik değerinin arttırdıklarında da kopma süresinin düştüğünü tespit etmişlerdir.

Eminoğlu vd. (2015) çalışmasında; ülkemizde elle hasat yönteminin taze tüketilen meyveler için özellikle tercih edilmiş olsa da işgücü ve üretim giderlerine bindirdiği yük dolayısıyla üreticiyi zor durumda bıraktığını belirtmişlerdir. Hasat için kalifiye eleman bulunamamasının yanı sıra hasatta elemanın kullandığı merdiven gibi yardımcı aletlerin hem kurulumu hem taşınması ekstra zaman kaybı yarattığını vurgulamışlardır. Çalışılan bahçe plantasyonun olumsuz koşullarda bu tip aletler içinde tehlikeli durumlar yaratabileceğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, bu gibi olumsuz durumların önüne geçebilmek adına tek veya çok kişilik kendi yürür ya da çekilir tip hasat platformlarının meyve hasadında kullanılmasının gerek ergonomik gerekse ekonomik açıdan iş verimini %30-50 oranında arttırmasından dolayı tercih edilmesini tavsiye etmişlerdir.

Öner (2022) Japon erik grubu içerisinde yer alan Angeleno, Black Diamond ve Laetitia cinsi erik çeşitlerinin mekanik hasat kriterlerinin belirlenmesi üzerine yapmış olduğu çalışma sonucunda Angeleno çeşidinde en düşük kopma yüzdesi değerini (%33) 2,5 Hz frekans ile 30 mm genlik değerlerinde elde etmiş, maksimum kopma oranının ise (%100) 4 Hz frekans ve 50 mm genlik değerlerinde elde edildiğini ortaya koymuştur. Çalışma kapsamında, en yüksek kopma süresine sahip olan Black Diamond çeşidinde 2,5 Hz frekans ve 30 mm genlik değerinde %20 kopma oranı yakalanırken, 5,5 Hz frekansta 30, 40, 50 mm genlik değerlerinin hepsinde %100 kopma oranına ulaşılmıştır. Laetitia çeşidi için en düşük

kopma oranına 2,5 Hz frekans ve 30 mm genlikte, maksimum kopma oranına ise 5,5 Hz frekans 40 ve 50 mm genlik değeriinde ulaşmıştır. Bütün çeşitlerde genlik değeriinin artışı ile kopma yüzdesinin arttığını belirleyen araştırmacı 5,5 Hz frekans değeriinde maksimum kopma yüzdesine ulaşıldığında arttırılan genlik miktarının ağaçta ve meyvede hasar yaratacağını belirtmiştir.

Saraçoğlu ve Ulusoy (2009), Memecik, Ayvalık ve Gemlik zeytin çeşitlerinde mekanik hasat kriterlerinin belirlenmesi üzerine yaptıkları arazi çalışmasında üç farklı genlik (30, 40, 50 mm), üç farklı frekans (20, 30, 40 Hz) değeri ile 5 ve 10 saniye sarsma sürelerinde 3 tekerrürlü olarak denemeleri gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada her zeytin çeşidi için ortalama en yüksek etkinlik yüzdesinin 50 mm genlik 40 Hz frekansta 10 saniyelik sarsma süresinde elde edildiği belirtilmiştir.

Ortiz ve Torregrosa (2013), Valencia Bölgesi'nde çoğunlukla meyve suyu endüstrisinde kullanılmak üzere yetiştirilen taze mandalina çeşidinin mekanik hasadında yüksek kopma yüzdesi elde etmek için büyük genlik değeri ve ara frekans değeri (8-10 Hz) kullanılmasını önermişlerdir. Sarsma ile ilgili saha deneylerinde büyük genlik düşük frekans ile düşük genliklerin ve ara frekans değeriilerinin %60'ın üzerinde kopma yüzdesine ulaşamadığı sonucunu ortaya koymuşlardır.

Hedden ve Coppock (1965), Florida'da narenciye çeşitleri için geliştirmiş oldukları atalet kuvvet tipli ağaç sarsıcı makina ile denemeler yapmışlardır. Denemelerde greyluft "Marsh" çeşidi ve portakal "Valencia, Hanilin ve Pincapple" çeşitleri kullanılmıştır. Makine üzerinde tutma platformu ve kasalama sistemi bulunmaktadır. Dolu kasaları boşaltıp boş kasaları tekrar yükleme stratejisiyle çalışan makina, ağaç başına 3,86 dakikada meyveyi toplayarak ağaçtan ağaca ise 1,17 dakikada geçerek saatte 12 kez hasat gerçekleştirmektedir. Makina ile yapılan denemelerde dört farklı çeşit kullanılmış ve her çeşit için ortalama aynı hasat oranları elde edilmiştir. Kopma oranı değeri Marsh çeşidi greyluft meyvesi için %80-92 oranında değişirken portakal çeşitleri için bu oran %90-98 olarak belirlenmiştir. Ağaç başına maliyet tahminleri işletme, amortisman, faiz, vergiler, onarımlar vb. hesaplandığında 2,17 \$'lık bir hasat maliyeti hesaplanmıştır. Sonuç olarak geliştirilen sistem ortalama 10 toplayıcının işini daha az sürede yaparak daha az maliyet ile daha fazla gelir elde ettiğini göstermiştir.

Saraçoğlu ve Özarslan (2012), ülkemizde geleneksel yöntemler kullanılarak hasat edilen kestane meyvesinin mekanik hasadına yönelik kullanılabilecek titreşim esaslı makinalardaki önemli parametreler olan genlik, frekans ve ivme değeri üzerine

gerçekleştirdikleri çalışmada, en yüksek kopma oranlarını elde etmek için denemeler gerçekleştirmişlerdir. Yüksek hızlı bir el kamerası yardımı ile kaydedilen meyvelerin görüntülerinin analizi sonucunda meyvenin doğal konumundan sınır sapma açılarında kopma süreleri ve kopma oranları belirlenmiştir. Araştırmacılar, kopma kuvvetleri ve hasattan hemen önce ölçülen meyvelerin kütlelerini de belirleyerek ölçülen tutunma kuvveti/meyve kütlesi ($F \cdot m^{-1}$) değerlerini hesaplamışlardır. Bu denemeler sonucunda elde edilen ivme değerleri esas alınarak belirlenen üç farklı genlik (30, 40, 50 mm) ve frekans (6, 9, 12 Hz) değerlerinde, kestane meyvesinin laboratuvar ortamında esas denemelerini gerçekleştirilmişlerdir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, 12 Hz frekans ile 40 mm ve 50 mm genlik değerleri kullanarak kopma oranı değerini sırasıyla 97,4 ve % 100 olarak belirlemişlerdir.

Yalçın (2014), Gemlik zeytin çeşidi üzerinde yapmış olduğu çalışmada mekanik hasat yöntemleri kullanılarak farklı yöntemlerde hasat performanslarının ve maliyet analizlerinin karşılaştırılmasını hedeflemiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre; gövde sarsıcı makinenin 20 s⁻¹ frekans değerinde, %3,98 ile en düşük zararlanma oranına, %90 ile en yüksek hasat etkinliğine ve 1,09 min/ağaç ile en düşük hasat süresine ulaşmıştır. Gerçekleştirilen yöntemlerin net gelir açısından incelendiğinde; gövde sarsıcı, dal sarsıcı ve elle hasat sırasıyla 713 TL/saat, 411 TL/saat ve 27 TL/saat olarak hesaplamıştır.

Whitney ve Schultz (1975) yapmış oldukları çalışmada iki farklı hava salınımlı silkeleyici ile denemeler yapmıştır. Denemelerde Valencia portakalı kullanılmıştır. FMC-3 ve AREC-LA ile yapılan hasatta %50 ile %100 arasında etkinlik değeri elde etmişlerdir. Bunu yanında iş başarısını 70-100 kutu·h⁻¹ (2.9-4.1 ton·h⁻¹) arasında olduğunu belirlemişlerdir. Tutunma kuvvetleri 22.6-35.3 N arasında bulunmuştur. Ürün kaybı %20-40 arasında oluşmuştur. Bu denemeler sonucunda iş başarısı ve toplama yüzdesi düşük bulunmuştur. Denemeler tutunma kuvvetini azaltıcı kimyasal madde uygulanmış alanlarda tekrar edilmiş ve tutunma kuvvetinin 22.4 N'a kadar indiği görülmüştür. Kimyasal kullanımı nedeniyle meyvelerin %10 ve daha fazlası hasat öncesinde düşmüştür. Hasat başarısı %90-95 oranında bulunmuş, iş başarısı da en az 20 t·h⁻¹ olarak gerçekleşmiştir.

Hedden vd. (1988) dört farklı gövde sarsıcıyla beş sezon boyunca Hamlin ve Valencia portakalı üzerine yapılan bir araştırmada yardımcı kimyasal kullanımıyla Hamlin portakalında %64-90 arasında, Valencia portakalında %74-91 oranında hasat başarısı bulunmuştur. Denemelerde sarsma süresi 7 s olarak belirlenmiştir. Ancak Valencia için 7 s'lik sarsma süresi fazla bulunmuştur. Kullanılan kimyasal ile Hamlin ve Valencia'da sarsma süresinde azalma olmadığı belirlenmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel Materyal

Çalışma kapsamında materyal olarak greyfurt, mandalina, limon ve portakal turunçgil türleri kullanılmıştır.

Greyfurt (*Marsh Seedles*): Marsh seedles dünyada en fazla üretimi yapılan greyfurt çeşididir (Resim 3.1). Ortalama 250/400 g arasında ağırlığa sahip yuvarlak ve iri taç oluşturmaktadır. Düzenli verim elde edilen meyvenin çekirdeksiz olması ve ağaç üzerinde uzun süre hasat için bekletilebilmesi bu çeşidin uzunca bir süre tercih edilmesine sebep olmuştur. Renkli greyfurt çeşitlerinin üretiminin başlaması ile birlikte piyasada üretimi fazlaca düşmüştür (Turgutluoğlu, 2020a).



Resim 3.1. Marsh Seedles greyfurt çeşidi

Mandalina (*Klemantin*): 1890'lı yıllarda adını aldığı Papaz Clement tarafından keşfedilen doğal bir melezleme çeşit olan klemantin Eylül ile Şubat ayları arasında değişik dönemlerde olgunlaşabilen farklı seleksiyonlara sahiptir. Diğer mandalina çeşitlerine göre daha sık taç oluşturan klemantin meyve kalitesi yüksek fakat boyut olarak diğerlerine göre daha küçük boyuttadır. İspanya, Fas, Kuzey ve Güney Afrika ülkelerinde en fazla yetiştiriciliği yapılan çeşitler arasında olup, farklı çeşitlere göre daha yüksek fiyatlardan

pazarlanabildiğinden ülkemizde de çiftçi tarafında oldukça fazla tercih edilmektedir (Turgutluoğlu, 2020b). Resim 3.2’de deneme bahçesinde mandalina ağaçlarından örnek görülmektedir.



Resim 3.2. Klemantin mandalina çeşiti

Limon (Mayer): 1908 yılında Çin’de ortaya çıkan limon çeşidi aslında tam bir limon çeşidi olmamakla birlikte limon ile portakal veya mandalina melezlemesi olduğu düşünülmektedir. Yediveren olarak da adlandırılan tür yıl boyu meyve vermektedir. Olgunlaşma döneminde erken hasat edilirse meyve ekşi olmakta, tam olgunlaşması beklendiği takdirde diğer limon çeşitlerine göre çok daha az ekşi olmaktadır. Ağaç fizyolojik olarak soğuk ve sıcak iklim koşullarına oldukça dayanıklıdır. Meyveler boyut olarak yuvarlak ve büyük yapılı olup ağaç boyu ortalama 2-3 m boylarına kadar ulaşmaktadır (Demir, 2020). Resim 3.3’te deneme bahçesinden örnek limon ağacı görülmektedir.



Resim 3.3. Mayer limon çeşidi

Portakal (*Washington Navel*): Brezilya'nın Bahia bölgesinde Celesta çeşiti portakal ile mutasyon sonucu ortaya çıkan portakal çeşididir (Resim 3.4). Ortalama 200/350 g ağırlıkta olan meyveler çekirdeksiz ve hafif pürüzlü yapıdadır. Olgunlaşma zamanı Aralık sonu Ocak ayı başlangıcına denk gelmektedir. Soğuk iklim olan bölgelerde özellikle kuru rüzgârdan etkilenmektedir. Olgunlaşan meyve ağaçta uzun süre bekletilemez kendiliğinden düşmektedir (Eryılmaz, 2020).



Resim 3.4. Washington Navel portakal çeşidi

3.1.2. Denemede Kullanılan Cihazlar

Dijital kumpas

Meyvelerin boyut ölçümlerinde Mitutoyo marka 0.05 mm hassasiyetinde dijital kumpas kullanılmıştır.

El dinamometresi

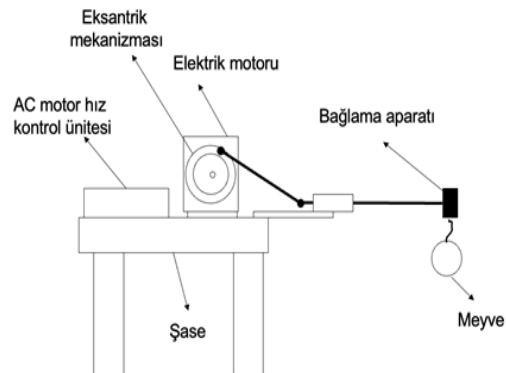
Çalışmada kullanılan meyve çeşitlerinin tutunma kuvvetleri, ölçüm kapasitesi 2 kg ölçüm aralığı 0,01 kg olan el dinamometresi ile belirlenmiştir (Resim 3.5).



Resim 3.5. El dinamometresi

Laboratuvar tipi sarsıcı düzen

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan ve meyve düşme oranlarını belirlemek amacıyla kullanılan sarsma düzeni, frekans, genlik ve sarsma sürelerinin ilişkisini incelemek için geliştirilmiştir. Bu laboratuvar tipi sarsıcı düzenek, bir elektrik motoru, AC Hız kontrol ünitesi, krank-biyel mekanizması, şasi ve bağlama elemanından meydana gelmektedir (Resim 3.6).



Resim 3.6. Laboratuvar tipi sarsıcı düzen

Eksantrik mekanizmasına mafsallı olarak bağlanan sarsıcı kol, elektrik motoru tarafından tahrik edilmekte ve motorun çalışma hızı AC Motor Hız Kontrol ünitesi ile ayarlanmaktadır. Düzenek üzerinde bulunan sarsıcı kolun bağlı olduğu eksantrik mekanizması üzerine açılmış olan farklı tespit noktası sayesinde kademeli genlik değişimleri sağlanabilmektedir (Resim 3.7).



Resim 3.7. Laboratuvar tipi sarsıcı düzen eksantrik mekanizması

Çalışmada sarsıcı sistemin tahrikinde istenilen frekansların sağlanabilmesi için 2,2 kW gücünde, 1420 min^{-1} hızında ve 50 Hz frekansında bir elektrik motoru tercih edilmiştir.

AC Motor hız kontrol ünitesi

Sarsıcının devir ayarlamalarını gerçekleştirmek için elektrik motorunu kontrol amacıyla 2,2 kW'lık AC hız kontrol ünitesi kullanılmıştır. Bu ünite, elektrik motorunu yönlendirmek ve istenilen hıza ulaşmasını sağlamak amacıyla kullanılmakta, yüksek kalkış momentiyile motorun istenilen hıza, belirlenen süre içinde ulaşmasını sağlamaktadır. Ünite üzerinde bulunan menü aracılığıyla, motorun maksimum hızı, hızlanma süresi, yavaşlama süresi, frenleme zamanı gibi önemli parametreler kolayca ayarlanabilmektedir. Bu sayede sürücü uygulamaları özelleştirilebilmekte ve sistemin verimliliği artırılabilir.

Yüksek hızlı kamera

Meyvenin kopma anını yavaş çekim olarak gözlemlemek ve kesin kopma zamanını belirlemek için "Casio FH20" dijital kamera kullanılmıştır. Kamera, üç farklı yüksek hızda (210, 420 ve 1000 fps) kayıt alabilme özelliğine sahiptir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Boyut Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışmada sarma denemeleri öncesi her meyvenin sap uzunluğu (S_L), sap çapı (S_D), meyve boyutları olan uzunluk (L) (meyvelerin sap eksenine doğrultusunda) ve genişlik (W) (meyvelerin geometrik yapısı dolayısıyla genişlik ve kalınlık değerleri eşit alınmıştır) değerleri dijital bir kumpas yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir.

3.2.2. Kütle ve Tutunma Kuvvetlerinin Belirlenmesi

Çalışmada titreşimli meyve hasadında en önemli ölçütlerden biri olan $F \cdot m^{-1}$ değerleri belirlenmiştir. F meyvenin tutunma kuvveti, m ise meyve kütlesidir. Meyvelerin tutunma kuvveti el dinamometresi ile ölçülmüştür. Ölçümler her çeşit için denemenin gerçekleştirildiği bahçede yer alan ve tesadüfi olarak seçilen 10 ağaç üstünden, her ağacın 4 farklı yönünden 3'er tane olmak üzere toplamda 120 adet meyve üzerinde gerçekleştirilmiştir (Resim 3.8). Ölçümü gerçekleştirilen meyvelerin kütleleri hassas terazi ile ölçülüp $F \cdot m^{-1}$ değerleri hesaplanmıştır.



Resim 3.8. Tutunma kuvvetlerinin ölçülmesi

3.2.3. Sarsma Denemeleri

Farklı genlik ve frekanslarda sarsma süresi arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere laboratuvar koşullarında meyvelerin tek tek sarsma deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde, meyve, dal ve sap bir sistem oluştururken, serbest uçta meyve (m kütlesi) bulunmaktadır. Meyvenin kopması için gereken ivme değeri, $F \cdot m^{-1}$ oranından büyük olmalı ya da en az ona eşit olmalıdır (Keçecioğlu, 1975). Buna göre;

$$(2\pi \cdot f)^2 \cdot s \geq \frac{F}{m}$$

Burada;

f : frekans (Hz)

s : genlik (mm)'dir.

Çalışmanın başlangıcında her turuncgil meyve çeşidi için yapılan ön denemelerle sarsma denemelerinde kullanılan üç farklı frekans ve üç farklı genlik değeri belirlenmiştir. Her çeşit için sırasıyla en düşük genlik ve frekans değerlerinden en yüksek değerlere kadar her değer için 10'ar adet meyve sarsma denemesine tabi tutulmuştur. Buna göre belirlenen genlik ve frekans değerleri sırasıyla; greyfurt ve limon meyvesi için, 20, 30 ve 40 mm ve 8, 10, 12 Hz, portakal meyvesi için, 20, 30, 40 mm ve 6, 8, 10 Hz, mandalina meyvesi için ise 15, 20, 25 mm ve 6, 8, 10 Hz olarak belirlenmiştir.

Denemelerde kullanılan meyve türlerinin aynı bahçe içerisinde yer almasına dikkat edilmiştir. Bu sayede türler arasında iklimsel, toprak özelliği vb. farklılıkların yaratacağı etki azaltılmaya çalışılmıştır. Çalışma kapsamında her deneme koşulunda üçer tekerrürlü (her tekerrürde 30 adet) toplam 90 adet meyve kullanılmıştır. Ancak aynı bahçe içerisinde yer alan mandalina meyve ağaçlarının az olması dolayısıyla her deneme koşulunda üçer tekerrürden (her tekerrürden 10 adet) toplam 30 adet meyve denemeye alınmıştır. Sarsma denemelerinde tüm meyveler laboratuvar tipi sarsıcıya tek tek bağlanarak farklı frekans, genlik ve en fazla 10 s'lik sabit sarsma süresince sarsılmışlardır. Bu sürecin tamamı yüksek hızlı kayıt yapabilen kamera ile kayıt altına alınmıştır. Kaydedilen görüntüler bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra meyvenin saptan ayrılma süresini belirlemek amacıyla “*Tracker Video Analysis and Modeling Tool*” programı kullanılmıştır. Programda, sarsma denemelerinin her birinde hız kamerası yardımıyla 210 fps formatında kaydedilen görüntüler analiz edilerek meyvenin saptan ayrılma süreleri belirlenmiştir.

Kopma oranları, deneme şartları altında kopan meyvelerin toplam meyve sayısına oranlanarak hesaplanmıştır. Aşağıdaki formül portakal, greyfurt ve limon çeşitleri için kullanılmıştır. Bu oranlar, aşağıdaki formül kullanılarak elde edilmiştir;

$$KO = \frac{M_s}{M_T} \cdot 100$$

Burada;

KO: Kopma oranı (%),

M_s : Denemede kullanılan meyve örneği içerisinde düşen meyve sayısı (adet)

M_T : Denemelerde kullanılan meyve örneği sayısı (adet)



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Boyut Özelliklerine Ait Sonuçlar

Çizelge 4.1’de 4 farklı turunçgil türüne ait meyve ve sap boyut ölçüleri verilmiştir.

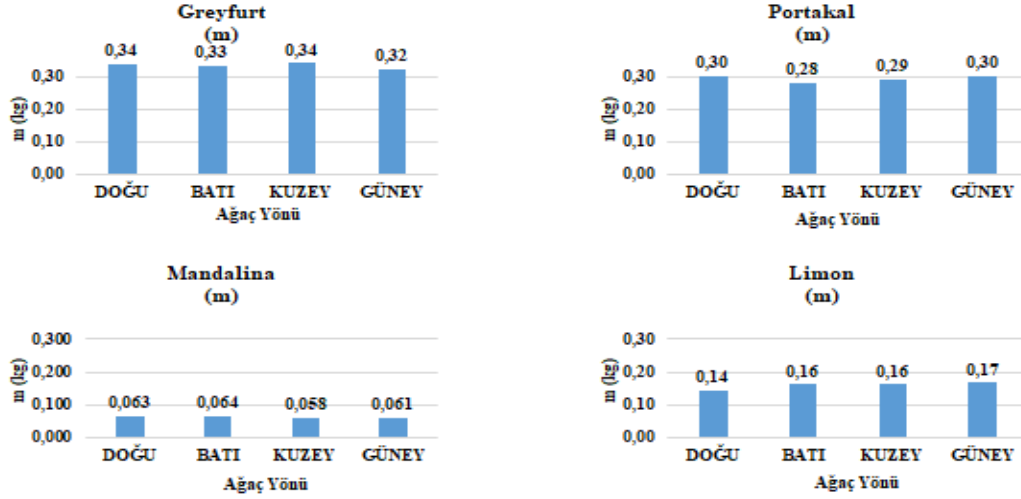
Çizelge 4.1. Denemede kullanılan dört farklı turunçgil çeşitlerinin ortalama meyve ve sap boyut ölçüleri (Standart Sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir).

	Greyfurt	Portakal	Mandalina	Limon
Meyve uzunluğu (mm) (L)	118,82 (7,37)	86,50 (2,19)	39,08 (2,22)	76,58 (4,53)
Meyve genişliği (mm) (W)	146,86 (7,17)	68,9 (3,56)	43,55 (1,7)	62,49 (4,42)
Meyve sap uzunluğu (mm) (S_L)	50,90 (6,20)	44,65 (11,77)	42,58 (1,49)	39,83 (4,11)
Meyve sap çapı (mm) (S_D)	3,21 (0,22)	3,024 (0,34)	2,97 (0,45)	3,97 (0,38)

Meyvelerin ortalama boyut ölçüleri incelendiğinde; uzunluk (L) ve genişlik (W) değerleri sırasıyla greyfurt için; 118,82, 146,86 mm, portakal için; 86,50, 68,9 mm, mandalina için; 39,08, 43,55 mm ve limon içinse 76,58, 62,49 mm olarak ölçülmüştür. Turunçgil türlerinin geneline bakıldığında boyut değerleri oldukça farklılık göstermektedir. Ortalama sap uzunluğu (S_L) ve sap çapı (S_D) değerleri incelendiğinde dört türün meyve sap çapı değerlerinin birbirine yakın olduğu, en düşük sap çapına sahip meyvenin mandalina olduğu belirlenmiştir. Ortalama sap uzunluk (S_L) değerleri incelendiğinde ise en yüksek sap uzunluğu değerine greyfurt meyvesinde (50,90 mm), en kısa sap uzunluğu değeri ise limon meyvelerinde (39,83 mm) ölçülmüştür.

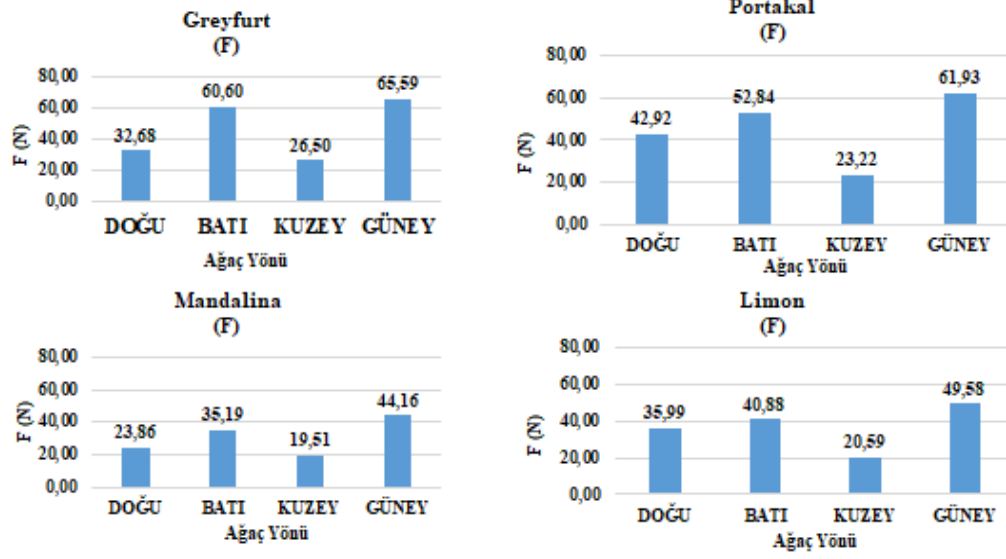
4.2. Kütle ve Tutunma Kuvvetlerine Ait Sonuçlar

Şekil 4.1’de denemede kullanılan 4 farklı turunçgil çeşidi için ortalama kütle (m) değerleri verilmiştir. Şekil 4.1 incelendiğinde ağacın dört farklı yönünden alınan meyvelerin farklı güneşlenme sürelerine bağlı olmaksızın ortalama olarak aynı kütle değerlerine sahip oldukları gözlemlenmiştir.



Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan turunçgil çeşitlerinin ortalama kütle (m) değerleri

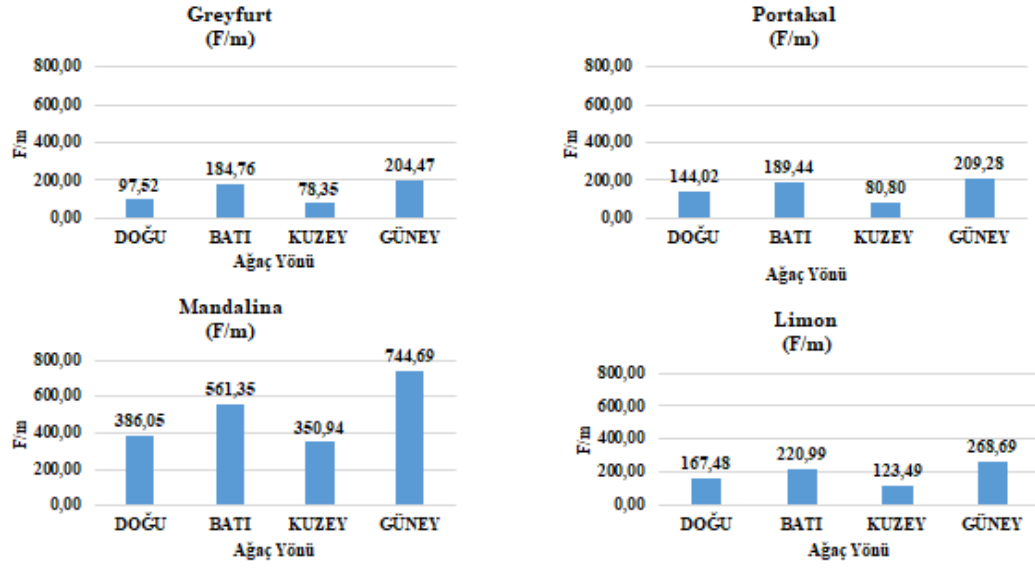
Şekil 4.2’de çalışmada materyal olarak kullanılan turunçgil türlerinin ortalama tutunma kuvvetleri (F) görülmektedir. Şekil 4.2 incelediğinde çalışmada kullanılan dört turunçgil türü içinde ağaç üzerinde kuzey ve doğu yönlerindeki meyvelerin ortalama tutunma kuvvetlerinin batı ve güney yönlerindeki meyvelerin tutunma kuvveti değerlerine göre oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Meyvelerin tutunma kuvvetini etkileyen önemli bir etken güneşlenme süreleridir. Özellikle güney ve batı yönlerindeki meyvelerin bahçe plantasyonuna göre daha fazla ışık aldığından tutunma kuvvetlerinin kuzey ve doğu yönlerine göre daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Özellikle sonbahar ve kış aylarında çok yağış alan ve don riski olan bölgelerde meyvenin kendiliğinden dökülmesinin önüne geçmek amacıyla yapılan tutunma kuvvetini arttıran ilaç uygulamalarında bu yönlerin gözletilmesi hem gereksiz ilaç uygulamalarının önüne geçecek, hem de uygulanacak titreşimli hasat uygulamalarında ağaç üzerinde homojen bir tutunma kuvveti dağılımı sağlayacaktır.



Şekil 4.2. Çalışmada kullanılan turunçgil çeşitlerinin ortalama tutunma kuvveti (F) değerleri

Şekil 4.3’de verilen ortalama $F \cdot m^{-1}$ değerleri incelendiğinde en yüksek değerler sırasıyla; mandalina, limon, portakal ve greyfurt çeşitlerinde elde edilmiştir. Greyfurt, limon ve portakal türlerinin ortalama $F \cdot m^{-1}$ değerlerinin birbirine yakın olduğu görülürken, mandalina çeşitlerinin $F \cdot m^{-1}$ değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

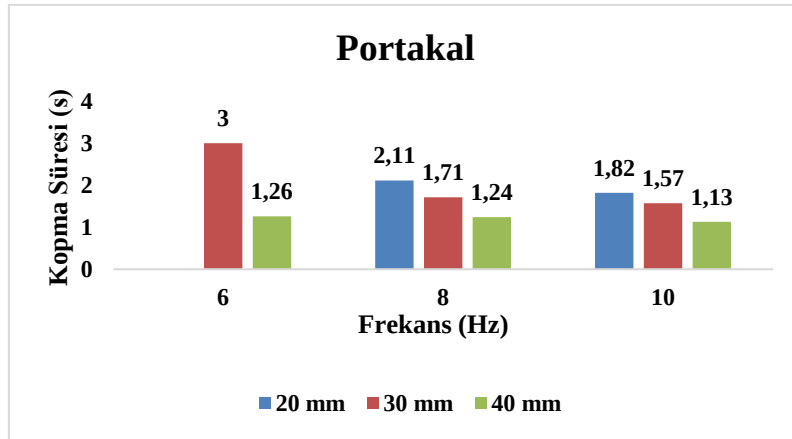
Keçecioglu (1975) titreşim hareketi yapan meyvenin kopması için gerekli ivme değerinin $F \cdot m^{-1}$ oranından büyük ya da en az ona eşit olması gerektiğini bildirmiştir. Çalışmada ölçümü yapılan turunçgil türleri içinde en yüksek ivme değerine sahip çeşidin mandalina olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Çalışmada kullanılan turuncgil çeşitlerinin ortalama $F \cdot m^{-1}$ değerleri

4.3. Sarsma Denemelerine Ait Sonuçlar

Çalışmada kullanılan dört farklı turuncgil çeşidi üzerinde yapılan denemelerde, ön denemelerle belirlenen frekans ve genlik değerleriyle meyvenin kopması için geçen ortalama süreler Şekil 4.4’de görülmektedir.

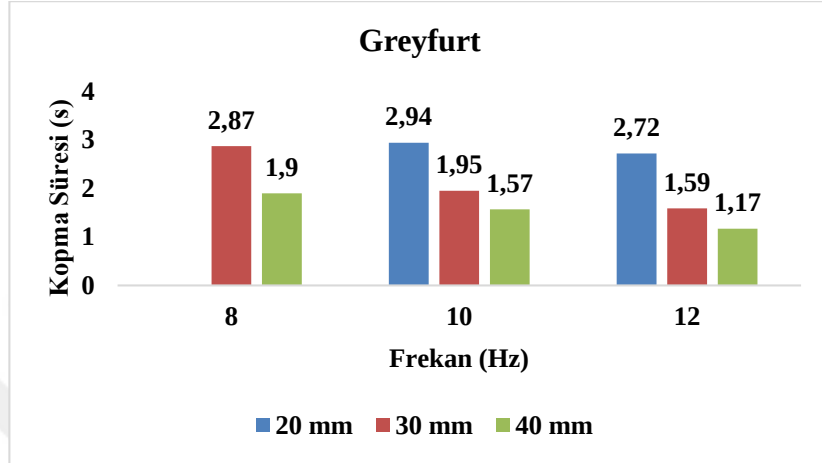


Şekil 4.4. Portakal meyvesinde farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma süresi (s)

Şekil 4.4’de portakal meyvesi için ortalama düşme süreleri incelendiğinde 6, 8 ve 10 Hz frekans değerlerinde genlik değeri arttıkça düşme süresinin azaldığı belirlenmiştir. 6 Hz frekans ve 20 mm genlik değerlerinde 10 s’lik sabit süre içerisinde hiç meyve kopması

olmamıştır. Portakal meyveleri için en uzun kopma süresi 6 Hz frekans ve 30 mm genlikte (3 s), en kısa kopma süresi ise 10 Hz frekans ve 40 mm genlik değerlerinde (1,13 s) gerçekleşmektedir.

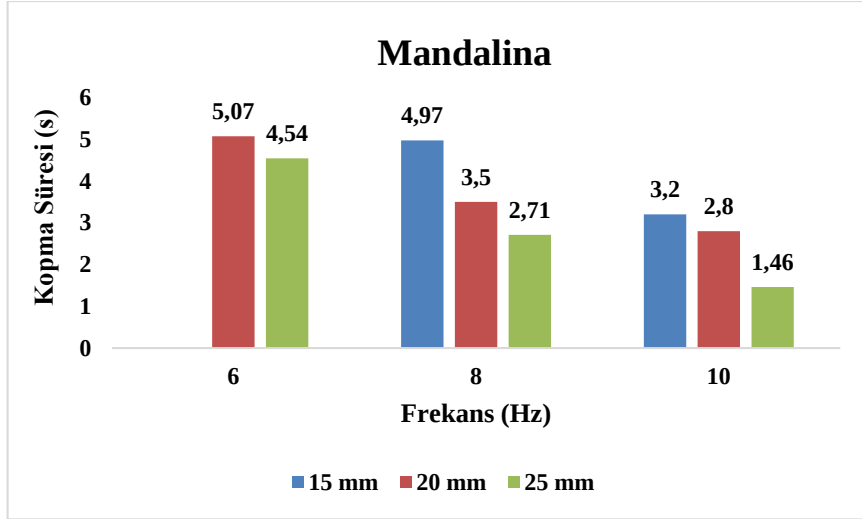
Şekil 4.5’de Marsh Seedles çeşidi greyfurt meyvesinde çeşitli genlik ve frekans değerlerinde ortalama kopma süreleri verilmiştir.



Şekil 4.5. Greyfurt (Marsh Seedles) meyvesinde farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma süresi

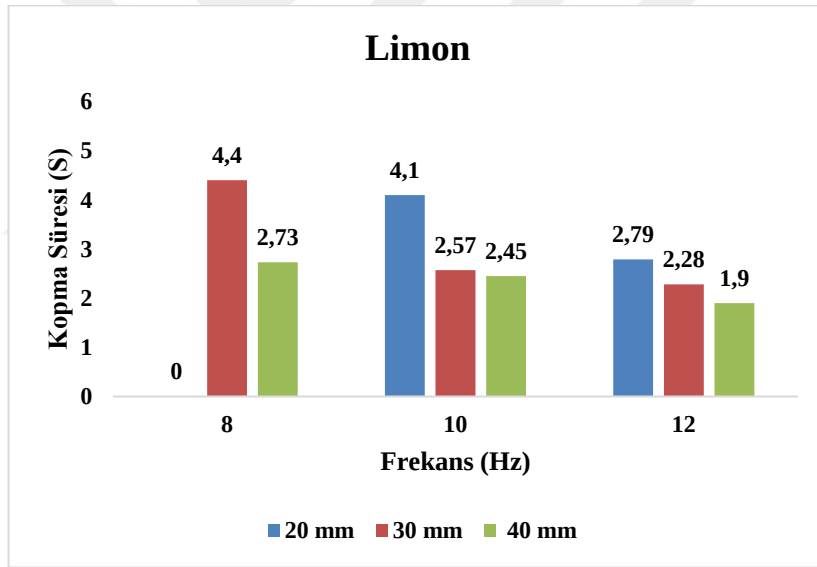
Grafik incelendiğinde, her frekans seviyesi için genlik artışının kopma sürelerini azalttığı görülmektedir. Daha düşük genlik seviyeleri, daha yüksek frekanslara ihtiyaç duymaktadır. Özellikle 8 Hz ve 30 mm genlikte gerçekleşen kopma sürelerinin diğer çeşitlerdeki ortalama düşme sürelerine göre daha az sürede kopmanın gerçekleştiği belirlenmiştir. Greyfurt (Marsh Seedles) meyvesinde en uzun kopma süresi 10 Hz frekans ve 20 mm genlik değerinde gerçekleşirken (2,94 s), en kısa kopma süresi 12 Hz frekans ve 40 mm genlik değerinde (1,17 s) gerçekleşmektedir.

Şekil 4.6’te Mandalina (Klemantin) çeşidi için ortalama düşme süreleri görülmektedir. Diğer türlerde olduğu gibi frekans ve genlik değerinin artışına bağlı olarak kopma sürelerinin azalması bu türün grafiklerinde de gözlemlenmektedir. En uzun kopma süresi 6 Hz frekans ve 20 mm genlik değerinde (5.07 s) elde edilirken, en kısa kopma süresi 10 Hz frekans ve 25 mm genlik değerlerinde gerçekleşmiştir (1,46 s).



Şekil 4.6. Mandalina (Klemantin) meyvesinde farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma süresi

Limon (Mayer) çeşidi için belirlenen ortalama kopma süreleri Şekil 4.7’de verilmiştir.

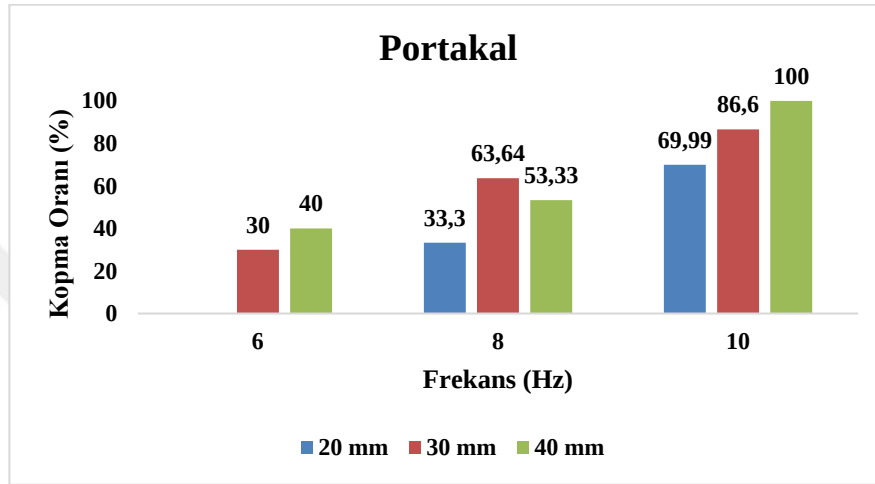


Şekil 4.7. Limon (Mayer) meyvesinin farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma süresi

Washington Navel, Marsh Seedles ve Klemantin çeşitlerinde olduğu üzere frekans ve genlik değerinin artışı ile ters orantılı olarak kopma sürelerinin düşme eğiliminde olduğu belirlenmiştir. En uzun kopma süresi 8 Hz frekans ve 30 mm genlik değerinde (4,4 s) elde edilirken, en kısa kopma süresi 12 Hz frekans ve 40 mm genlik değerlerinde ölçülmüştür (1,9 s).

Farklı frekans ve genlik değerlerinde turunçgil meyve türlerinin sabit 10 s'lik sarsma süreleri boyunca gerçekleşen kopma oranları aşağıdaki grafiklerde verilmektedir.

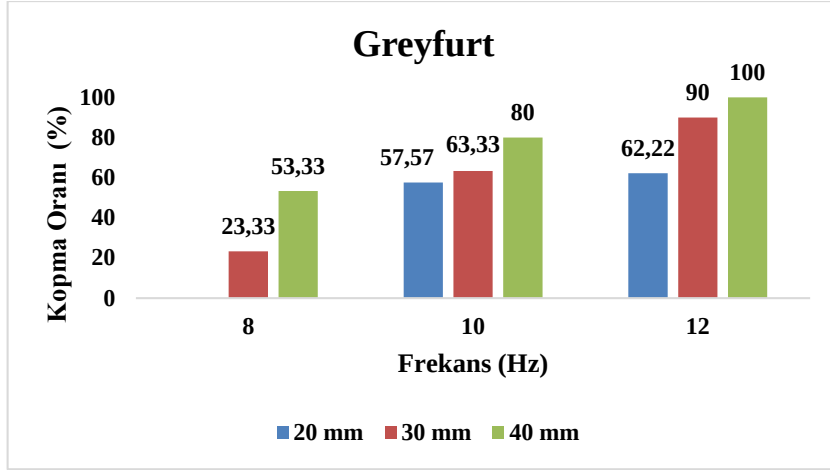
Şekil 4.8'de portakal çeşidi için 3 farklı genlik ve 3 farklı frekans değerlerindeki kopma oranları (%) verilmiştir. Grafik incelendiğinde frekans ve genlik değerlerinin artışına bağlı olarak kopma oranı değerlerinin arttığı belirlenmiştir. En düşük kopma oranı (%30) 6 Hz frekans ve 30 mm genlik değerinde belirlenmiş, en yüksek kopma oranına (%100) 10 Hz frekansta 40 mm genlik değerinde ulaşılmıştır.



Şekil 4.8. Portakal için farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma yüzdeleri

Hedden ve Coppock (1965) Florida'da turunçgiller üzerinde kullanılmak üzere geliştirdikleri atalet tip sarsıcı makina ile greyfurt ve portakal türleri üzerinde yapmış oldukları denemeler ile greyfurt için kopma yüzdesinin maksimum %98, portakal türlerinde ise bu oranın %80-92 arasında olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

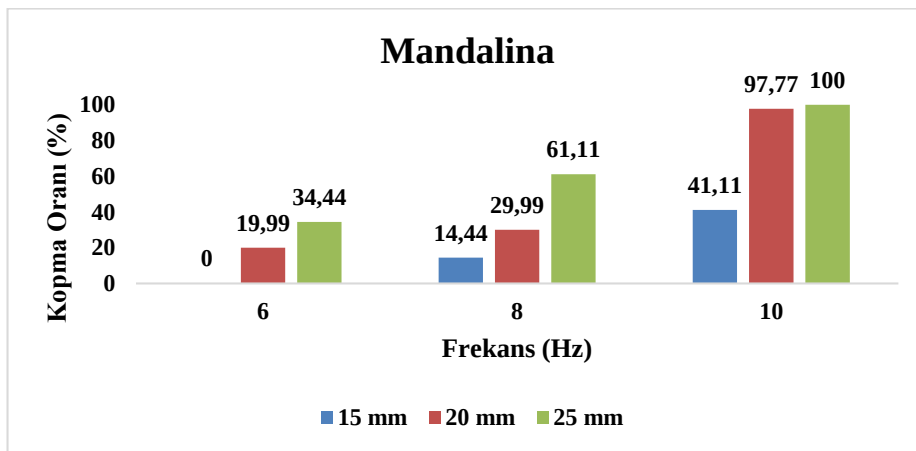
Greyfurt çeşidi meyve için kopma oranları Şekil 4.9'da sunulmuştur. Şekil incelendiğinde frekans ve genlik değeri arttıkça kopma oranının da arttığı belirlenmiştir. En düşük kopma oranı (%23,33), 8 Hz frekans ve 30 mm genlikte elde edilmiştir. En yüksek kopma oranı (%100) ise 12 Hz frekans ve 40 mm genlik değerinde gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9. Greyfurt için farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma yüzdeleri

Rahman vd. (2019) turuncgil türlerinin mekanik hasadında önemli parametreler olan genlik, frekans ve sarsma sürelerinin optimum değerlerinin belirlenmesi için benzer çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. 2, 4 ve 6 Hz frekans ile 50, 55 ve 60 mm genlik değerleri sabit 10 s sarsma süresi için yapılan denemelerde; en düşük kopma oranını (%52,9) 2 Hz frekans, 50 mm genlik değerinde, maksimum kopma oranını (%99,1) 6 Hz frekans ve 60 mm genlik değerinde elde etmişlerdir. 2 Hz frekans ve 60 mm genlik değerinde %61,7 kopma oranı, 4 Hz frekans ve 60 mm genlik değerinde ise %95,1 kopma oranı elde eden araştırmacılar, çalışmamıza benzer şekilde, frekans ve genlik değerleri arttıkça kopma oranında artacağını vurgulamışlardır.

Şekil 4.10'da mandalina meyveleri için farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma oranları verilmiştir.

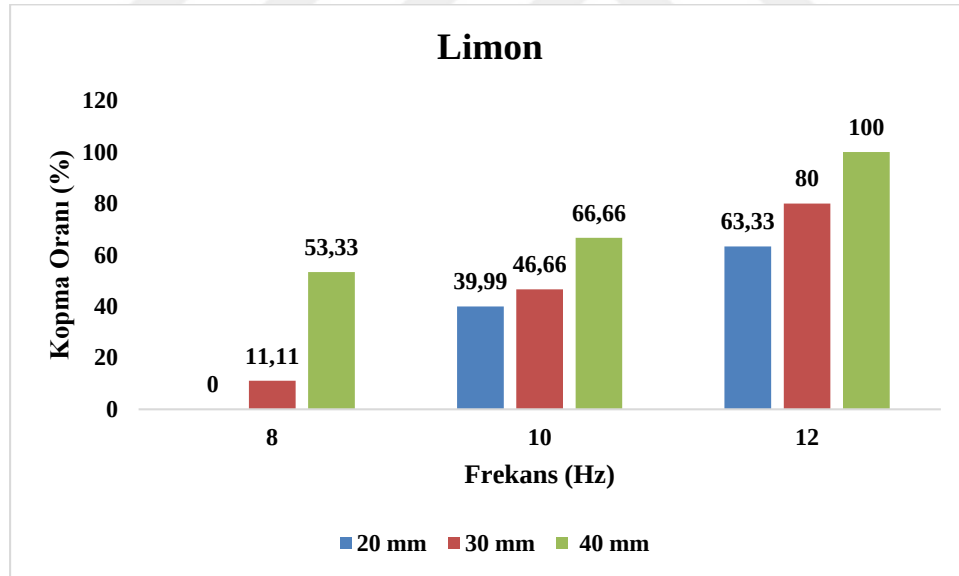


Şekil 4.10. Mandalina için farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma yüzdeleri

Şekil 4.10’da mandalina çeşidi için farklı frekans değerlerinde genlik artışının kopma oranını artırdığı gözlemlenmiştir. En düşük kopma oranı (%19,9), 6 Hz frekansta ve 20 mm genlikte elde edilmiştir, en yüksek oran ise (%100) 10 Hz frekansta ve 25 mm genlikte kaydedilmiştir.

Ortiz ve Torregrosa (2013), benzer olarak mandalina meyveleri üzerinde yürüttükleri çalışmada, sabit sarsma süresinde 10 mm genlik 6,7 Hz frekans değerlerinde ortalama kopma yüzdesinin %70 oranında olduğunu; 10 mm genlik 8,8 Hz frekans değerinde ise ortalama %90 kopma oranı elde ettiklerinin belirtmişlerdir. Titreşim süresinin logaritmik olarak artmasıyla kopma oranının da artacağını ancak titreşim süresinin sabit tutulması sonucunda yüksek kopma oranlarını elde etmek için yüksek genlik ve frekans değerlerinin kullanılması sonucuna ulaşmışlardır. Böylece titreşim süresini kısaltarak hem yakıt tüketiminden tasarruf hem de ağaca zarar verme oranının azaltılacağını vurgulamışlardır.

Limon için farklı frekans değerlerinde genlik artışının kopma oranını artırdığı Şekil 4.11’de görülmektedir. En düşük kopma oranı (%11,11), 8 Hz frekansta ve 30 mm genlikte elde edilmiş, en yüksek oran ise (%100) 12 Hz frekansta ve 40 mm genlikte kaydedilmiştir.

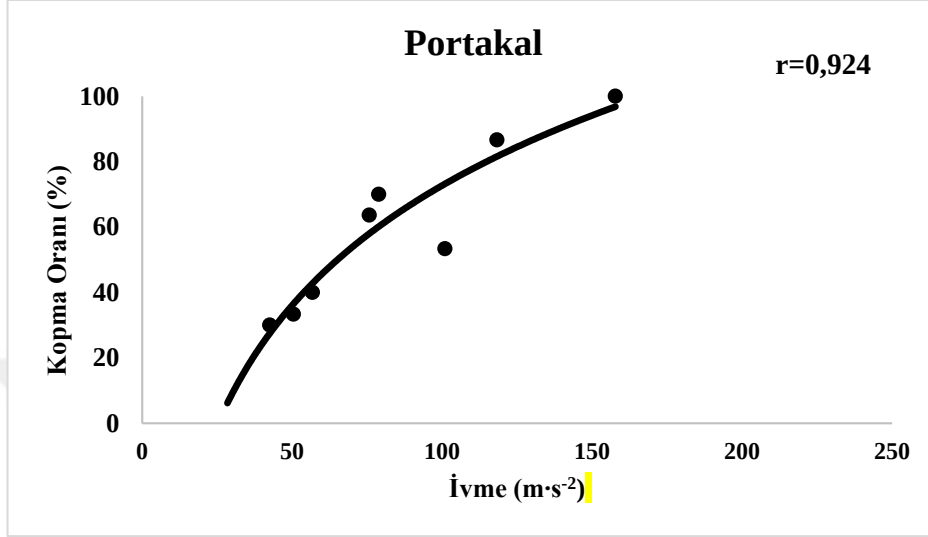


Şekil 4.11. Limon için farklı frekans ve genlik değerlerinde kopma yüzdeleri

Genel olarak bakıldığında dört farklı turunçgil türü içinde kopma oranı değerlerinin genlik ve frekans değerlerinin artışına bağlı olduğu söylenebilmektedir. Çalışmada “4.2. Kütle ve tutunma kuvvetlerine ait sonuçlar” bölümünde sunulan veriler incelendiğinde meyvelerin tutunma kuvvetleri ve kütle değerleri göz önünde bulundurularak hasatta

kullanılacak makine ve ekipman için gerekli genlik ve frekans değerlerinin belirlenmesi oldukça önemlidir.

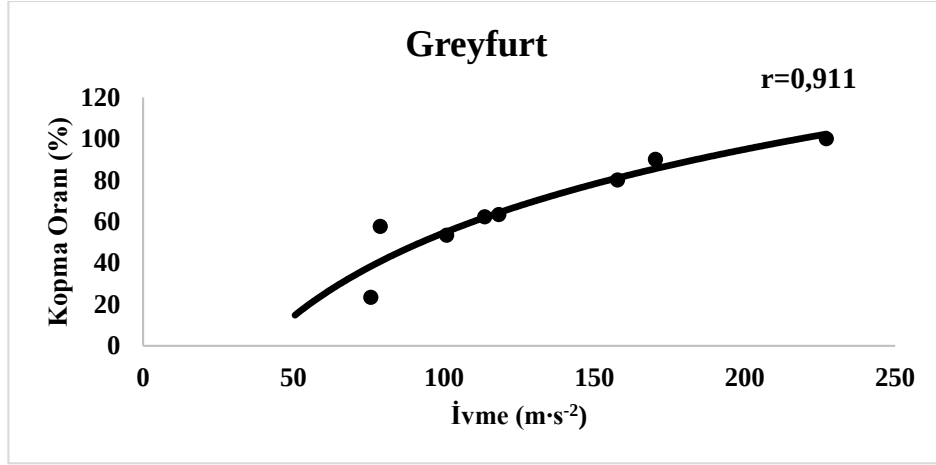
Şekil 4.12’de portakal çeşidi meyvelerin kopma ivmesi ve kopma oranı arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 4.12. İvmeye bağlı olarak portakal meyvesinin kopma oranı

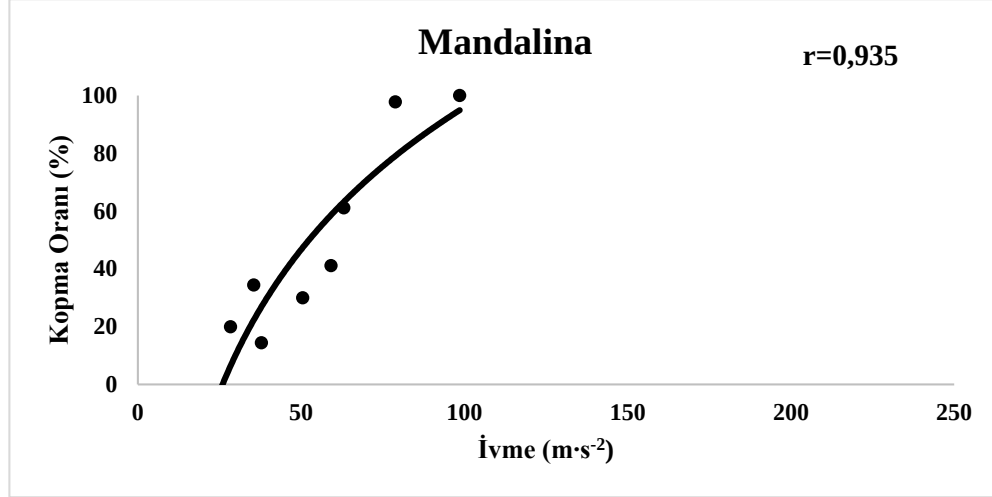
Şekil 4.12 incelendiğinde, meyveye uygulanan ivme değerinin artmasıyla birlikte kopma oranının da yükseldiği gözlemlenmektedir. İvme ile kopma oranı arasındaki ilişkiyi ifade eden korelasyon katsayısı (r), 0,924 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, en düşük ivme değeri 42,59 m.s⁻²'de kopma oranı %30 olarak belirlenmiştir. İvmenin 157,75 m.s⁻² olduğu durumda ise kopma oranı %100 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.13'te, greyfurt meyvesine ait ivme ve kopma oranı ilişkisinin görülmektedir. İvme ile kopma oranı arasındaki korelasyon katsayısı (r) 0,911 olarak tespit edilmiştir. Şekil incelendiğinde, en düşük ivme değeri 75,72 m.s⁻²'de kopma oranının %23,33 olarak ölçüldüğü belirlenmiştir. İvmenin 227,16 m.s⁻² olduğu değerlerde ise kopma oranının %100 olduğu gözlemlenmiştir.



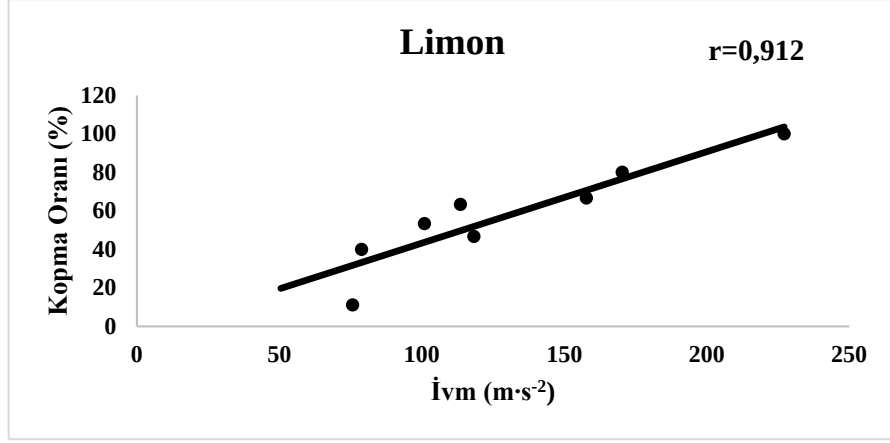
Şekil 4.13. Greyfurt meyvesi için ivmeye bağlı kopma oranı

Şekil 4.14'te, mandalina meyvelerine ait ivme ve kopma oranı ilişkisi görülmektedir. İvme ile kopma oranı arasındaki korelasyon katsayısı değeri (r) 0,935 olarak tespit edilmiştir. Şekil incelendiğinde, en düşük ivme değeri $28,40 \text{ m.s}^{-2}$ 'de kopma oranının %20 olarak ölçülmüştür. İvmenin $98,60 \text{ m.s}^{-2}$ olduğu değerlerde ise kopma oranının %100 olduğu gözlemlenmiştir



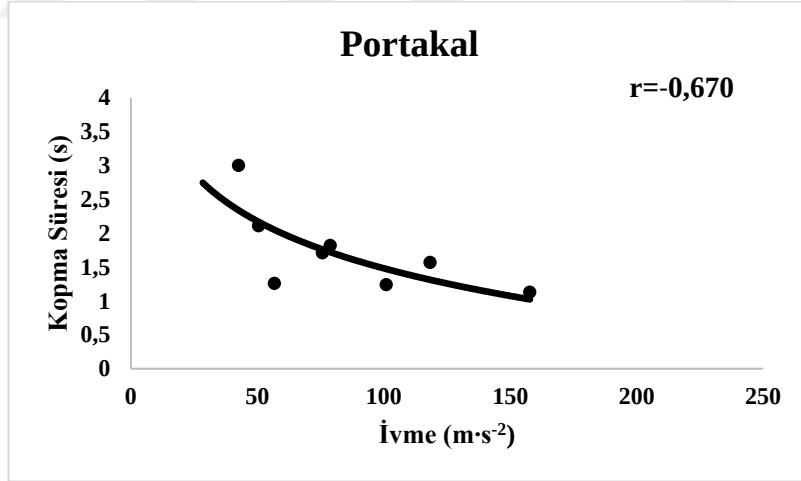
Şekil 4.14. Mandalina meyvesi için ivmeye bağlı kopma oranı

Şekil 4.15'de limon çeşidi meyvelere ait ivme ve kopma oranı ilişkisi görülmektedir. İvme ile kopma oranı arasındaki ilişkiyi ifade eden korelasyon katsayısı değeri (r), 0,912 olarak tespit edilmiştir. Şekil üzerinde yapılan incelemede, en düşük ivme değerinin $75,72 \text{ m.s}^{-2}$ olduğu durumda kopma oranının %11,11 olduğu görülmüştür. İvmenin $227,17 \text{ m.s}^{-2}$ olduğu değerlerde ise kopma oranının %100 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.15. Limon çeşidi meyveler için ivmeye bağlı kopma oranı

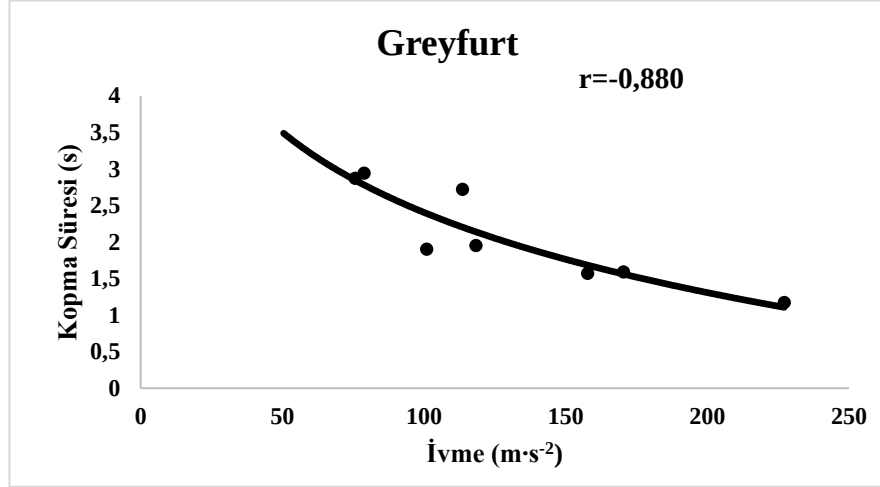
Şekil 4.16'da portakal meyvesinin ivme ve kopma süresi arasındaki ilişkiyi gösteren veriler sunulmuştur. Grafik incelendiğinde, ivmenin artmasıyla birlikte kopma sürelerinin kısılması dikkat çekmektedir. İvme ile kopma süresi arasındaki korelasyon katsayısı (r), -0,670 olarak tespit edilmiştir. Deneylerde, en yüksek ivme değerinde (157,75 m.s⁻²), meyvelerin 1,13 saniyede düştüğü belirlenmiştir. En uzun düşme süresi (4 s), ise 42,60 m.s⁻² ivme değerinde ölçülmüştür.



Şekil 4.16. İvmeye bağlı olarak portakal çeşidinin kopma süresi (s)

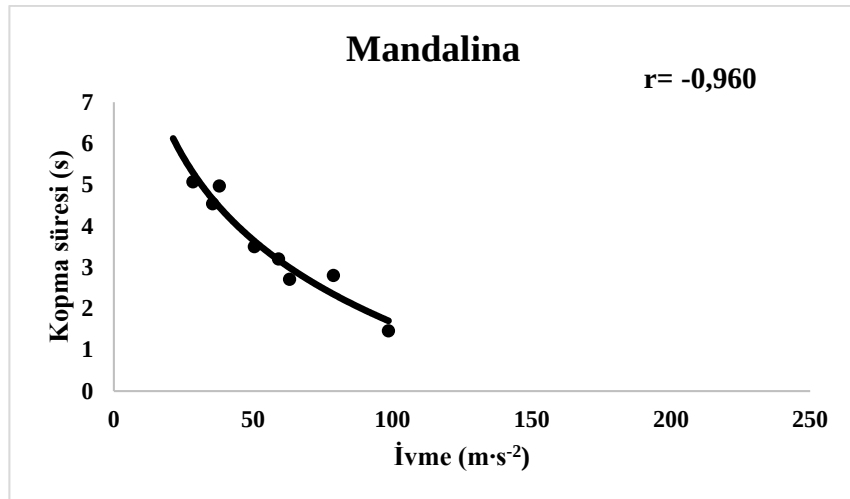
Şekil 4.17'de greyfurt türü meyvelerin ivme ve kopma süresi arasındaki ilişkiyi gösteren veriler sunulmuştur. Grafik incelendiğinde, ivmenin artmasıyla birlikte kopma sürelerinin kısılması gözlemlenmektedir. İvme ile kopma süresi arasındaki korelasyon katsayısı (r), -0,880 olarak belirlenmiştir. Deneylerde, en yüksek ivme değerinde (227,17 m.s⁻²

²) meyvelerin 1,17 s'de düştüğü tespit edilmiştir. En uzun düşme süresi (2,94 s), ise 78,88 m.s⁻² ivme değerinde ölçülmüştür.



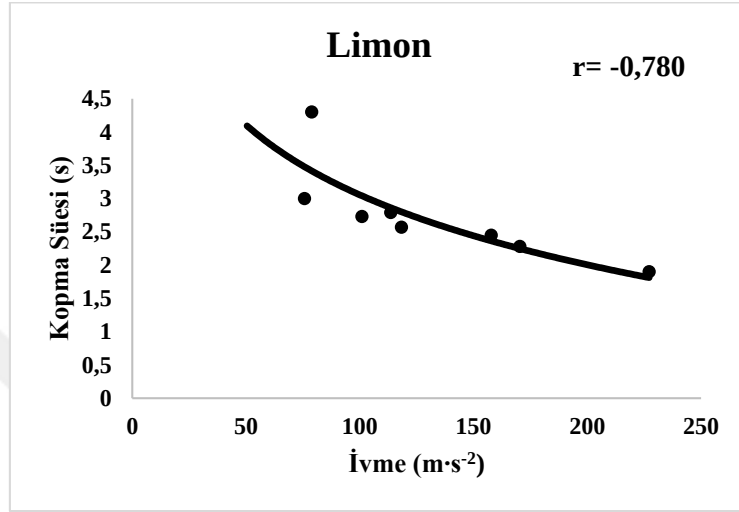
Şekil 4.17. İvmeye bağlı olarak greyfurt meyvesinin kopma süresi (s)

Şekil 4.18'de mandalina meyvesinin ivme ve kopma süresi arasındaki ilişkiyi gösteren değerler görülmektedir. Şekil incelendiğinde, ivmenin artmasıyla birlikte kopma sürelerinin kısalması dikkat çekmektedir. İvme ile kopma süresi arasındaki korelasyon katsayısı (r), -0,960 olarak belirlenmiştir. Deneylerde, en yüksek ivme değerinde (98,60 m.s⁻²) meyvelerin 1,46 s'de düştüğü tespit edilmiştir. En uzun düşme süresi (5,07 s), ise 28,40 m.s⁻² ivme değerinde ölçülmüştür.



Şekil 4.18. İvmeye bağlı olarak mandalina meyvesinin kopma süresi (s)

Şekil 4.19'da limon meyvesinin ivme ve kopma süresi arasındaki ilişkiyi gösteren veriler sunulmuştur. Şekil incelendiğinde, ivmenin artmasıyla birlikte kopma sürelerinin azaldığı gözlemlenmektedir. İvme ile kopma süresi arasındaki korelasyon katsayısı değeri (r), -0,780 olarak belirlenmiştir. Deneylerde, en yüksek ivme değerinde ($227,17 \text{ m.s}^{-2}$) meyvelerin 1,9 saniyede düştüğü tespit edilmiştir. En uzun düşme süresi (4,3 s), ise $78,88 \text{ m.s}^{-2}$ ivme değerinde ölçülmüştür.



Şekil 4.19. İvmeye bağlı limon meyvesinin kopma süresi (s)

5. SONUÇ

Turunçgil hasadı genellikle elle yapılmakta, ancak bazı büyük tarım işletmelerinde mekanik hasat yöntemleri de kullanılmaktadır. Mekanik hasat genellikle büyük ölçekli tarım işletmeleri için ekonomik ve verimli bir seçenektir. Bu yöntemde, meyveler genellikle dalından sarsılarak veya çırpma yöntemiyle toplanmaktadır. Ancak, mekanik hasadın elle hasada göre bazı dezavantajları da vardır. Makineler, meyveleri toplarken dallara zarar verebilir veya olgunlaşmamış meyveleri de düşürebilmektedir. Bu da kaliteyi etkileyen önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, bazı turunçgil türleri, özellikle yumuşak kabuklu olanlar, mekanik hasada daha az uygun olabilmektedir. Bu nedenle, mekanik hasadın kullanılabilirliği ve etkinliği, yetiştirilen turunçgil türüne bağlı olarak değiştirilebilen parametreler kullanılarak gerçekleştirilmelidir. Bazı turunçgil türlerinin mekanik hasat kriterlerinin belirlenmesinin amaçlandığı çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Dört farklı turunçgil türüne ait boyut özelliklerine bakıldığında uzunluk değerlerinin 39,08 ile 118,82 mm, genişlik değerlerinin 43,55 ile 146,86 mm arasında oldukça değişken ve farklı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca meyve sap uzunluğu değerleri (37,64-54,34 mm) ve sap çapı değerlerinin de (2,97-3,97 mm) benzer şekilde değişkenlik gösterdiği görülmektedir.

- Türlerle ait kütle ve tutunma kuvvetleri değerleri üzerinden hesaplanan $F \cdot m^{-1}$ değerleri 78,35-744,69 $m \cdot s^{-2}$ arasında değişkenlik göstermektedir. Her tür için güney ve batı yönlerinden alınan örneklerin tutunma kuvveti değerleri kuzey ve doğu yönlerinden alınan örneklerle göre daha yüksek ölçülmüştür.

- Sarsma denemelerinde turunçgil meyvelerinden portakal türü için en uzun kopma süresi 6 Hz frekans ve 30 mm genlik değerinde (3 s) olarak kaydedilirken, en kısa kopma süresi 10 Hz frekans ve 40 mm genlikte (1,13 s) gerçekleşmiştir. Greyfurt türünde en yüksek kopma süresi 10 Hz frekans ve 20 mm genlikte (2,94 s) gözlenirken, en düşük kopma süresi 12 Hz frekans ve 40 mm genlikte (1,17 s) gerçekleşmiştir. Mandalina türünde en uzun kopma süresi 6 Hz frekans ve 20 mm genlikte (5,07 s) iken, en kısa kopma süresi 10 Hz frekans ve 25 mm genlikte (1,46 s) gözlenmiştir. Limon türünde ise en uzun kopma süresi 8 Hz frekans ve 30 mm genlikte (4,4 s) olarak belirlenirken, en kısa kopma süresi 12 Hz frekans ve 40 mm genlikte (1,9 s) gerçekleşmiştir. Tüm türler incelendiğinde, en yüksek kopma süresinin

mandalina türünde, en düşük kopma süresinin ise portakal türünde olduğu belirlenmiştir.

- Portakal türü için en düşük kopma oranı (%30), 6 Hz frekans ve 30 mm genlik kombinasyonunda belirlenirken, en yüksek oran (%100) 10 Hz frekans ve 40 mm genlikte kaydedilmiştir. Greyfurt türünde en düşük kopma oranı (%23,33) 8 Hz frekansta ve 30 mm genlikte gözlenirken, en yüksek kopma oranı (%100) 12 Hz frekansta ve 40 mm genlikte tespit edilmiştir. Mandalina türünde en düşük kopma oranı (%20) 6 Hz frekansta ve 20 mm genlikte elde edilirken, en yüksek oran (%100) 10 Hz frekansta ve 25 mm genlikte görülmüştür. Limon türünde ise en düşük kopma oranı (%11,11) 8 Hz frekansta ve 30 mm genlikte gözlenirken, en yüksek oran (%100) 12 Hz frekansta ve 40 mm genlikte belirlenmiştir.

- Portakal türünde elde edilen sonuçlara göre, en düşük ivme değeri $42,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 'de kopma oranı %30 olarak ölçülmüş, ivme değerinin $157,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ olduğu durumda ise kopma oranı %100 olarak belirlenmiştir. Greyfurt türünde en düşük ivme değeri $75,72 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 'de kopma oranı %23,33 olarak saptanmış, ivme değeri $227,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ olduğu durumda kopma oranı %100 olarak ölçülmüştür. Mandalina türünde en düşük ivme değeri $28,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 'de kopma oranı %20 olarak kaydedilmiş, ivme değeri $98,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ olduğu durumda ise kopma oranı %100 olarak gözlemlenmiştir. Limon türünde ise en düşük ivme değeri $75,72 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 'de kopma oranı %11,11 olarak belirlenmiş, ivme değeri $227,16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ olduğu durumda kopma oranı %100 olarak ölçülmüştür. Bu bulgular, genlik ve frekansın türevi olan ivme değerinin artışının kopma oranlarını artırdığını göstermektedir

- Portakal türünde kullanılan en yüksek ivme değerinde ($157,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), meyvelerin 1,13 saniyede düştüğü ve en uzun düşme süresinin (3 s), $42,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ivme değerinde olduğu belirlenmiştir. Greyfurt türünde kullanılan en yüksek ivme değerinde ($227,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), meyvelerin 1,17 saniyede düştüğü ve en uzun düşme süresinin (2,87 s), $75,72 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ivme değerinde olduğu belirlenmiştir. Mandalina türü için kullanılan en yüksek ivme değerinde ($98,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), meyvelerin 1,46 s'de düştüğü ve en düşük ivme değerinde ($28,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), en uzun düşme süresinin (5,07 s) olduğu, limon türünde ise en yüksek ivme değerinde ($227,16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) meyvelerin 1,9 s'de düştüğü ve en düşük ivme değerinde ($78,88 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), en uzun düşme süresinin (4,3 s) olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tüm türlerin sonuçları incelendiğinde, ivme değerindeki artışın kopma sürelerinin azalmasına neden olduğu görülmüştür.

- Ağaç meyvelerinin hasadı için makine seçimi veya tasarımı yapılması ve hasadın mekanik olarak gerçekleştirilmesi için, öncelikle ağaç ve hasadın özellikleri belirlenmelidir.

Daha sonra, makinenin en etkili ve hızlı şekilde hasat işlemini gerçekleştirebilmesi için frekans, genlik ve sarsma süreleri üzerinde titizlikle durulmalıdır. Yapılan bu çalışmada turunçgil türleri meyvelerinin hasadı için en uygun frekans ve genlik değerlerinin; portakal için 10 Hz frekans 40 mm genlik, greyluft için 12 Hz frekans 40 mm genlik, mandalina için 10 Hz frekans 25 mm genlik ve limon için 12 Hz frekans 40 mm genlik değerleri olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada belirlenen genlik ve frekans değerlerinde yaklaşık 2 s'lik bir sarsma süresinin yeterli olduğu bulunmuştur. Kopma sürelerini etkileyen bir diğer faktörün ise kopma ivmesi olduğu söylenebilir.





KAYNAKLAR

- Anonim, (2024a). <https://www.tv48.com.tr/robotik-meyve-toplama-makinasi-hasat-icin-meyve-topluyor/201163> [Erişim Tarihi: 23/07/2024]
- Anonim, (2024b). <https://www.cifarellispa.com/en/product/shaker-SC605/> [Erişim Tarihi: 23/07/2024]
- Alper, Y., Foux, A. ve Linor, J. (1976). Detachment analysis of oranges in shake harvesting. *Transactions of the ASABE*, 19(6), 1029-1033.
- Aygören, E. (2023). *Ürün raporu: Turunçgiller*. (Yayın No: 382 ISBN:978-605-7599-26-1). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/37/Urun-Raporlari>
- Bulanon, D.M., Kataoka, T., Zhang, S., Ota, Y., Hiroma, T. (2001), Optimal Thresholding for The Automatic recognition of Apple Fruits. ASAE, <http://asae.frymulti.com/abstract.asp?aid=3672&t=2>.
- Civil, C. (2009). *Eğirdir bölgesinde yetiştirilen bazı erik çeşitlerinde mekanik hasat parametrelerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Demir, G. (2020). *Limon yetiştiriciliği*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/batem>
- Eminoğlu, B., Öztürk, R., Acar, A.İ., Kalınkara, V. (2015). Meyve hasadında kullanılan hasat platformlarının çalışma koşullarının iyileştirilmesi yönünden değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tarım Dergisi*, 3(3), 233-23.
- Eryılmaz, Z. (2020). *Portakal yetiştiriciliği*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/batem>
- Gezer, İ., Dursun, E., Güner, M. ve Erdoğan, D. (1998). Kayısının mekanik hasadında genlik frekans hız ve ivme ile sarsma süresi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(1), 52-55. Erişim adresi:

- Gülşen, O. (2000). Turunçgiller ve Taksonomik Problemleri. *Holtcultural Studies*, 17(2):98-104.
- Hedden, S.L. ve Coppock, G.E. (1965). A tree shaker harvest system for citrus. Florida State Horticultural Society, 78.
- Hedden, S.L., Churchill, D.B. ve Whitney, J.D. (1988). Trunk shakers for citrus harvesting– Part 2: Tree growth, fruit yield and removal. *Applied Engineering in Agriculture*. 4(2): 102-106. (doi: 10.13031/2013.26589)
- İlbay, Z. (2016). *Turunçgil meyve ve yapraklarının farklı ekstraksiyon yöntemleriyle ekstraksiyonu ve matematik modellemesi*. [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi].
YÖK Ulusal Tez Merkezi.<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=Whe39SPUzb6tBGTNm40-Dw&no=BmyaUbgbywQ4VOygzIcsGA>
- Kafa, G., ve Canihoş, E. (2010). *Turunçgil yetiştiriciliği*. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü Televizyon Yoluyla Yaygın Çiftçi Eğitimi Projesi.
- Kahya, E. (2014). Kivi Hasadı İçin Robotik Tutucu Tasarımı. *International Journal of Technological Sciences*, 6(2), 18-35.
- Keçecioğlu, G. (1975). *Atalet kuvvet tipli sarsıcı ile zeytin hasadı imkânları üzerinde bir araştırma*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No.288, Bornova, İZMİR.
- Ortiz, C. ve Torregrosa, A. (2013). Determining adequate vibration frequency amplitude and time for mechanical harvesting of fresh mandarins. *Transactions of the ASABE*, 56(1), 15-22.
- Öner, Ç. (2022). *Japon grubu (Prunus salicina L.) bazı erik çeşitlerinin mekanik hasadına ilişkin parametrelerin belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü] <http://hdl.handle.net/11607/4847>
- Rahman, E.A.E., Ghonimy, M.I. ve Alzoheiry, A.M. (2019). Citrus harvesting by vibrating action. *Misr Journal Agricultural Engineering*, 36(1): 25 – 36.
- Saraçoğlu, T. ve Ulusoy, E. (2009). Ege bölgesi bazı yağlık zeytin çeşitlerinin mekanik hasat kriterlerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 5(1), 71-81.

- Saraçoğlu, T. ve Özarslan, C. (2012). *Kestanenin Mekanik Hasadına İlişkin Bazı Parametrelerin Belirlenmesi*, Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri ZRF 10002 No'lu Proje Sonuç Raporu, Aydın.
- Shamshiri, R.R. (2008). *Citrus mechanical harvesting*. Department of Agricultural and Biological Engineering University of Florida, ABD; Summary of Literature Review No.2.
- Turgutluoğlu, E. (2020a). *Altıntop yetiştiriciliği*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/batem>
- Turgutluoğlu, E. (2020b). *Mandarin yetiştiriciliği*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/batem>
- Tuzcu, Ö. (1990). *Türkiye'de yetiştirilen başlıca turuncgil çeşitleri*. Akdeniz İhracatçı Birlikleri Yayınları, Mersin.
- Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK] (2023). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> [Erişim Tarihi: 20.02.2024]
- USDA, 2023. The United States Department of Agriculture, (<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index>).
- Whitney, J.D., Schultz, D.R. (1975). Analysis of air shaker principles to remove citrus fruit. *Transactions of the ASAE*, 18(6), 1061–1064.
- Yalçın, M. (2014). *Gemlik Çeşidi Zeytinde Farklı Tipteki Sarsıcıların Titreşim Karakteristiklerinin Hasat Performansına Etkisi*, [Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü], İzmir.
- Yıldız, T. (2012). Bazı meyve ağaçlarının mekanik hasadında kullanılan silkeleyiciler ve farklı silkeleme yöntemlerinin incelenmesi. *Anadolu Tarım Bilimi Dergisi*, 27(3):158-164.



ÖZGEÇMİŞ

Soyadı, Adı : KILIÇ Sena Nur

Yabancı Dil : İngilizce

E-posta Adresi :

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet tarihi (yıl)
Lisans	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Byosisten Mühendisliği	2021

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer/Kurum	Unvan
2023-2024	Agrobay Seracılık	Ziraat Mühendisi