



**T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

**HASAT SONRASI İŞLEMLERE YÖNELİK PORTAKALIN  
FİZİKSEL VE SÜRTÜNME ÖZELLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Nida ÇALIŞKAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KAHRAMANMARAŞ  
Nisan-2009**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

**HASAT SONRASI İŞLEMLERE YÖNELİK PORTAKALIN FİZİKSEL VE  
SÜRTÜNME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**NİDA ÇALIŞKAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Kod No :**

**Bu Tez 24/04/2009 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından  
Oy Birliği/Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.**

**Yrd. Doç. Dr.**  
**Kubilay K.VURSAVUŞ**  
**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr.**  
**Muharrem ERGUN**  
**ÜYE**

**Yrd. Doç. Dr.**  
**Ali AYBEK**  
**ÜYE**

**Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.**

**Prof. Dr. Süleyman TOLUN**  
**Enstitü Müdürü**

**Bu çalışma KSÜ Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.**

**Proje No: 2008/1-9YLS**

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

## İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER .....	I
ÖZET .....	II
ABSTRACT .....	III
ÖNSÖZ .....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VI
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Genel .....	1
1.2. Biyolojik Malzemelerin Fiziksel ve Sürtünme Özellikleri .....	4
1.3. Çalışmanın Amacı .....	8
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	9
3. MATERYAL VE METOT .....	15
3.1. Materyal .....	15
3.2. Metot .....	16
3.2.1. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi .....	16
3.2.2. Sürtünme Özelliklerinin Belirlenmesi .....	19
3.2.3. İstatistiksel Değerlendirme .....	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	21
4.1. Fiziksel Özelliklere İlişkin Sonuçlar .....	21
4.2. Sürtünme Özelliklerine İlişkin Sonuçlar .....	32
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	41
5.1. Fiziksel Özelliklere İlişkin Sonuç ve Öneriler .....	41
5.2. Sürtünme Özelliklerine İlişkin Sonuç ve Öneriler .....	42
KAYNAKLAR .....	44
ÖZGEÇMİŞ .....	48

T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZET

**HASAT SONRASI İŞLEMLERE YÖNELİK PORTAKALIN FİZİKSEL VE  
SÜRTÜNME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Nida ÇALIŞKAN

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Kubilay K. VURSAVUŞ

Yıl: 2009 Sayfa: 48

Jüri: Yrd. Doç. Dr. Kubilay K. VURSAVUŞ  
: Yrd. Doç. Dr. Muharrem ERGUN  
: Yrd. Doç. Dr. Ali AYBEK

Bu çalışmada, Washington Navel portakal çeşidinin hasat sonrası işlemlerine yönelik bazı fiziksel ve sürtünme özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla, uzunluk, genişlik, kalınlık, küresellik, geometrik ortalama çap, aritmetik ortalama çap, hacim, yüzey alanı, izdüşümü alanı, ortalama izdüşümü alanı, meyve kütlesi, meyve yoğunluğu, hacimsel yoğunluk, porozite, kabuk kalınlığı, kabuk oranı ve özgül ağırlık gibi bazı fiziksel özellikleri ölçülmüştür. Ayrıca, sürtünme yüzeyi ve kayma hızının statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, portakalın fiziksel özellikler kullanılarak kütle ve hacim tahmini yapılabileceği belirlenmiştir. Sürtünme özelliklerine ilişkin olarak ise, sürtünme yüzeyi ve kayma hızının statik sürtünme katsayısı üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip olduğu, dinamik sürtünme katsayısı üzerinde ise sadece sürtünme yüzeyinin etkisinin bulunduğu yapılan varyans analizi sonucuna göre belirlenmiştir. Statik ve dinamik sürtünme katsayısı en düşük oluklu mukavva ve plastik sürtünme yüzeyinde ölçülmüştür. Bu nedenle hasat sonrası işlemlerde mekanik hasar riskinin oluklu mukavva ve plastik sürtünme yüzeyleri kullanılarak azaltılabileceği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Portakal, fiziksel özellik, sürtünme katsayısı

**T.R.  
UNIVERSITY OF KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM  
INSTITUTE FOR GRADUATE STUDIES IN SCIENCE AND ENGINEERING  
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY**

**MSc THESIS**

**ABSTRACT**

**DETERMINING THE PHYSICAL AND FRICTIONAL PROPERTIES OF  
ORANGE FRUIT SUBJECT TO POST-HARVEST TECHNOLOGY**

**Nida ÇALIŞKAN**

**SUPERVISOR: Asist. Prof. Dr. Kubilay K. VURSAVUŞ**

**Year : 2009 Pages : 48**

**Jüry: Asist. Prof. Dr. Kubilay K. VURSAVUŞ  
.: Asist. Prof. Dr. Muharrem ERGUN  
: Asist. Prof. Dr. Ali AYBEK**

In this study, some physical and frictional properties of Washington Navel orange variety subject to postharvest technology were investigated. For that purpose, some physical properties such as length, width, thickness, sphericity, geometrical mean diameter, arithmetic mean diameter, volume, surface area, projected area, mean projected area, fruit mass, fruit density, bulk density, porosity, flavedo (rind) thickness, albedo thickness, rind ratio and specific gravity were measured. Furthermore, the effects of abrasion surface and sliding speed on static and dynamic coefficients of friction were determined. According to the results of the present study, mass and volume of oranges could be estimated by using the physical properties of orange fruits. Related to frictional properties, abrasion surface and sliding speed were found to have significant effect on static coefficient of friction whereas only abrasion surface affected statistically on dynamic coefficient of friction according to the results of analysis of variance. The lowest static and dynamic coefficient of friction was measured on a corrugated card board and plastic abrasion surface. Therefore, it was determined that the risk of mechanical damage could be minimised using corrugated cardboard, and plastic abrasion surfaces.

**Key Words: Orange, physical property, coefficient of friction**

## ÖNSÖZ

Tarımsal ürünlerin biyolojik-teknik özellikleri; fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Fiziksel özellikler de; mekanik, termik, elektrik ve optik özellikler olmak üzere dört alt gruba ayrılmaktadır. Tüm bu özellikler tarımsal ürünlerin hasat sonrası işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tasarım parametreleri olarak ta adlandırılabilir olan fiziko-mekanik özellikler ürün taşımacılığı, paketleme, sınıflandırma ve depolama gibi hasat sonrası işlem aşamalarında dikkate alınan parametrelerdir. Uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap, hacim, yoğunluk, kütle gibi özellikleri ile küresellik, yuvarlaklık vb. şekil özellikleri paketleme ve sınıflandırma aşamasında önemli iken, sürtünme özellikleri de taşıma materyallerinin seçiminde ve depolama yapılarının tasarımında önem taşımaktadır.

Tarımsal ürünlerde hem üretici hem de tüketici açısından istenen ortak özellik kalitenin korunmasıdır. Narenciye meyvelerinde (portakal, limon ve greyfurt) tarımsal ürünlerin makine parçalarına karşı sürtünmeleri oluşan mekanik zedelenmelerin temel sebeplerinden biridir. Ürüne ait fiziksel ve sürtünme özelliklerinin bilinmesi taşıma ekipmanları ve depolama yapılarının tasarımında önem taşımaktadır. Tasarım için gerekli olan güç kaynağının seçiminde ve gerçek boyutların hesaplanmasında, farklı yüzeyler üzerindeki sürtünme katsayısı değerleri etkili olmaktadır

Hasat ve hasat sonrası işlemler sırasında, tüm tarımsal materyallerde olduğu gibi narenciye ürünlerinde de bir seri işlemler uygulanmakta ve bu işlemler sırasında materyaller dış kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Özellikle makine bileşenleri ile materyal arasında meydana gelen sürtünme nedeniyle narenciye meyveleri kalite açısından önemli derecede değer kaybına uğramaktadır. Bu çalışmada; Washington Navel çeşidi portakalların hasat sonrası bazı fiziko-mekanik ve sürtünme özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırma konusunun seçiminden değerlendirilmesine kadar geçen her aşamada değerli katkılarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Kubilay K. VURSAVUŞ'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, araştırmanın düzenlenmesi için maddi kaynak sağlayan KSÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına, denemelerin kurulma ve yürütülme aşamalarında bölüm olanaklarını kullanma imkanı sağlayan Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Başkanlığına ve Yrd. Doç. Dr. Ahmet İNCE'ye ve son olarak çalışmam süresince bana güç kaynağı olan aileme teşekkür ederim

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Yıllar itibariyle Türkiye portakal dikiliş alanı üretim ve verim miktarı .....	3
Çizelge 1.2. 2004 – 2005 Yılları Türkiye narenciye ihracatı .....	3
Çizelge 1.3. Ürün bazında Türkiye narenciye ihracatı .....	3
Çizelge 4.1. Washington Navel portakal çeşidinin bazı fiziksel özellikleri .....	22
Çizelge 4.2. Fiziksel özelliklere ilişkin korelasyon katsayıları .....	23
Çizelge 4.3. Statik ve dinamik sürtünme katsayısına ilişkin genel varyans analizi sonuçları .....	32
Çizelge 4.4. Statik sürtünme katsayısına ilişkin varyans analizi (ANOVA) tablosu .....	32
Çizelge 4.5. Sürtünme yüzeyine ilişkin ortalama farklılıkların önem durumunu gösteren çoklu karşılaştırma testi sonuçları (statik sürtünme katsayısı) .....	33
Çizelge 4.6. Sürtünme yüzeyinin statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları .....	34
Çizelge 4.7. Kayma hızının statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları .....	34
Çizelge 4.8. Kayma hızına ilişkin ortalama farklılıkların önem durumunu gösteren çoklu karşılaştırma testi sonuçları (statik sürtünme katsayısı).....	35
Çizelge 4.9. Sürtünme yüzeyi x kayma hızı etkileşiminin statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin regresyon katsayıları .....	36
Çizelge 4.10. Dinamik sürtünme katsayısına ilişkin varyans analizi (ANOVA) tablosu .....	38
Çizelge 4.11. Sürtünme yüzeyine ilişkin ortalama farklılıkların önem durumunu gösteren çoklu karşılaştırma testi sonuçları (dinamik sürtünme katsayısı) .....	38
Çizelge 4.12. Sürtünme yüzeyinin dinamik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları .....	39

## ŞEKİLLER DİZİNİ

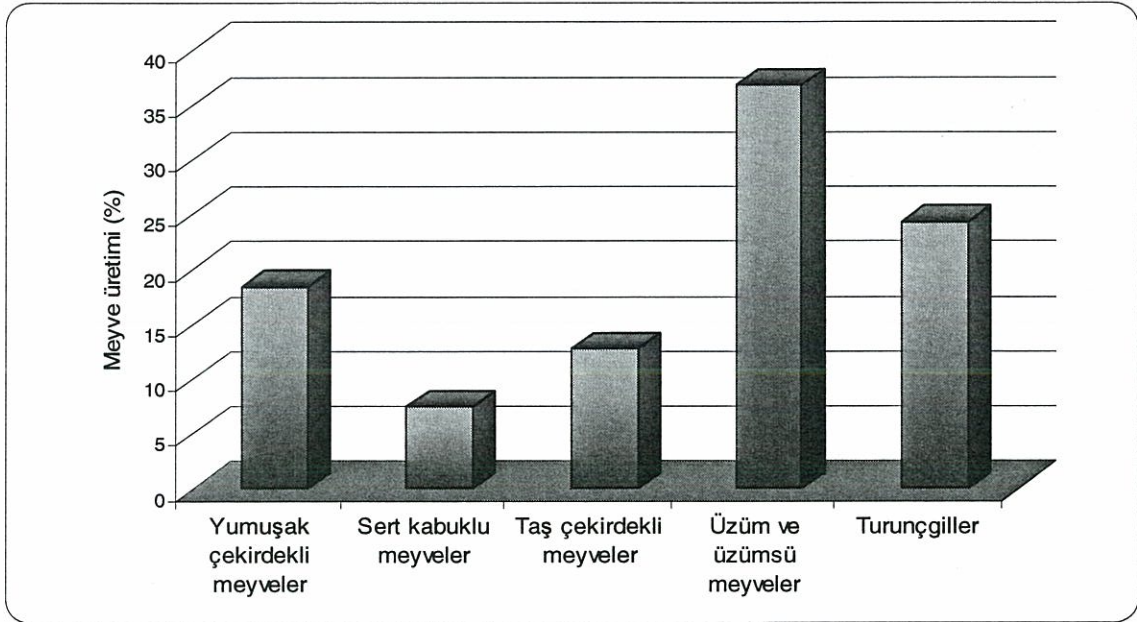
Şekil 1.1. Türleri itibarı ile meyve üretimi .....	1
Şekil 1.2.Yıllar İtibariyle Türkiye’de meyve üretim miktarı .....	2
Şekil 1.3 Narenciye meyvelerinin kabuk yüzeyinde oluşan yağ lekeleri: oil spots ( <i>Oleocellosis</i> ) .....	7
Şekil 1.4. Narenciye meyvesi kabuk yüzeyindeki yağ lekelerinin oluşumu .....	8
Şekil 3.1. Sürtünme özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan test cihazı .....	15
Şekil 3.2. Washington Navel portakal çeşidinin üç eksen boyunca görünüşü .....	16
Şekil 3.3. Portakal ve limon örneğinde albedo ve flavedo’nun belirlenmesi .....	18
Şekil 3.4. Sürtünme katsayılarının hesaplanmasında kullanılan kuvvet-yer değiştirme grafiği .....	19
Şekil 4.1. Ölçülen meyve hacmi ile hesaplanan hacim arasındaki ilişki .....	24
Şekil 4.2. Meyve hacmi ile meyve kütlesi arasındaki ilişki .....	25
Şekil 4.3. Ölçülen meyve hacmi ile meyve kütlesi arasındaki ilişki .....	25
Şekil 4.4. Meyve kütlesi ile boyutlar arasındaki ilişki .....	26
Şekil 4.5. Meyve hacmi ile boyutlar arasındaki ilişki .....	27
Şekil 4.6. Meyve kütlesi ile meyve izdüşümü alanları arasındaki ilişki .....	28
Şekil 4.7. Meyve hacmi ile meyve izdüşümü alanları arasındaki ilişki .....	30
Şekil 4.8. Portakal hacmi ile yüzey alanı arasındaki ilişki .....	30
Şekil 4.9. Portakal kütlesi ile meyve yüzey alanı arasındaki ilişki .....	31
Şekil 4.10. Kayma hızının statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisi .....	35
Şekil 4.11. Statik sürtünme katsayısı üzerine kayma hızı ve sürtünme yüzeyinin etkisi .....	37
Şekil 4.12. Kayma hızının dinamik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisi .....	40

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Genel

Bir ülke, ekonomik bakımdan geliştikçe meyve ve sebze üretimine verilen önem artmakta ve hububat tüketimi azalmasına rağmen bu ürünlerin insan başına düşen tüketimi hızla yükselmektedir (Özbek, 1996; Vursavuş, 2004). Türkiye 43 milyon tonluk yaş meyve ve sebze üretimi ile dünyanın önemli üretici ülkeleri arasındadır. Ülkemiz rakamsal olarak önemli bir üretici ülke görünümünde olmakla birlikte ihracatın üretime oranı %5 civarındadır. Bu yapının en önemli nedenleri ürünlerin gıda sanayine ham madde olarak kullanılması ve yurt içinde tüketilmesi ile ihracata konu olan yaş meyve ve sebzelerin, uluslar arası piyasalarda talep edilen miktar ve kaliteye uygun çeşitlerin olmamasıdır (Anonim, 2008a).

Türkiye yaklaşık olarak 13.2 milyon ton düzeyine ulaşan yaş meyve üretimi ile dünyanın önemli üretici ülkelerinden birisi konumundadır. Türkiye'nin yaş meyve ve sebze üretimi 5 ana grup altında incelenmektedir. Yaklaşık 13.2 milyon ton meyve üretimi içinde üzüksü meyveler %36 ile (4.86 milyon ton) en önemli paya sahiptir (Şekil 1.1). Turunçgiller yaş meyve üretimimizin yaklaşık %24'ünü (3.22 milyon ton) oluştururken portakal bu grubun en fazla ticari öneme sahip meyvesidir.

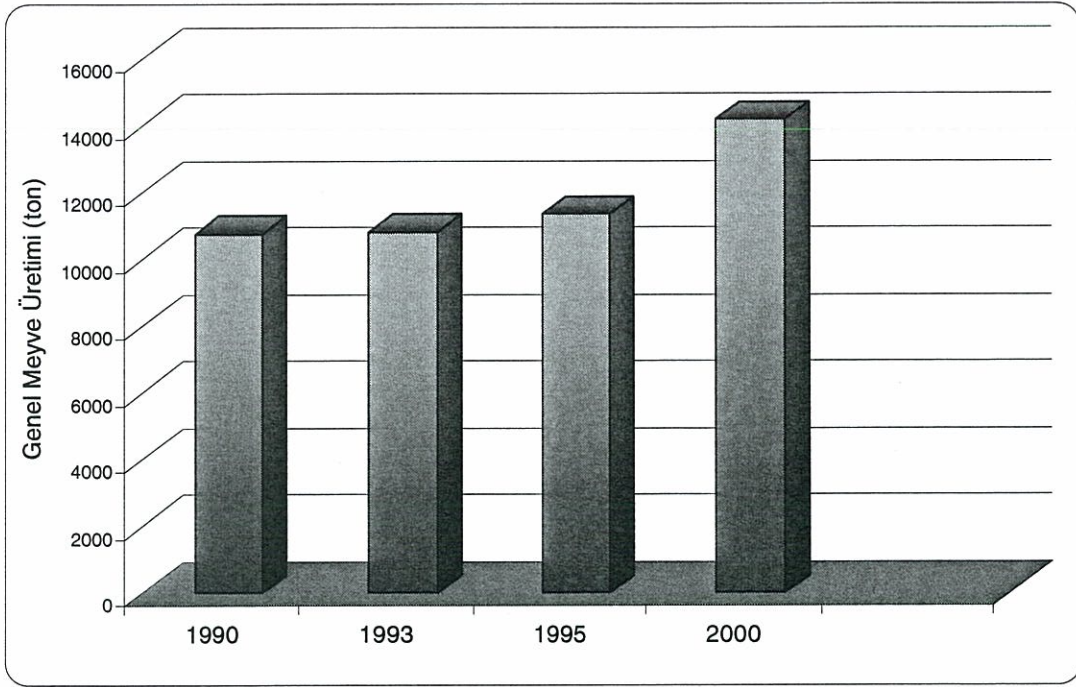


Şekil 1.1. Türleri itibarı ile meyve üretimi (Anonim, 2008b)

Narenciye'nin ekonomik olarak üretimi yapılan çeşitleri portakal, mandarin, limon ve greyturttur. Zengin bir C vitamini içeriğine sahip olan narenciyeler insan sağlığı için son derece önemlidir. Taze olarak tüketimlerinin yanında meyve suyu olarak da tüketilirler. Ayrıca eczacılık ve parfüm sanayinde de aromalarından faydalanılmaktadır (Güder, 2005).

Gelişmiş ülkelerde işlenmiş narenciye ürünlerinin tüketimi taze tüketimden daha büyük bir artış göstermektedir. Gelişmiş ülkelerde modern işleme tesislerinin bulunması ve

işlenmiş ürünlerin nakliye ve depolama koşullarına uygunluğu bu ürünlerin tüketimini artırmaktadır. Narenciye meyvelerinin olgunlaşmasının uzun bir döneme yayılması ve olgunlaşan meyvelerin ağaç üzerinde bekletilebilmesi pazarlamada oldukça kolaylık sağlayabilmektedir. Son üç yılda Türkiye'nin yaş meyve ve sebze ihracatının yarısının narenciyeden karşılanıyor olması narenciye üretiminin Türkiye açısından önemini de ortaya koymaktadır. Son tarım sayımı verilerine göre 104 bin işletmede narenciye üretimi yapılmaktadır. Yaş meyve-sebze üretiminde üzüm ve elmadan sonra 3. sırada yer alan narenciyeden, yaş meyve-sebze ihracatının da yaklaşık %50'sini karşılamaktadır (Güder, 2005). Yıllar itibari ile genel meyve üretim miktarı Şekil 1.2'de verilmiştir.



Şekil 1.2.Yıllar İtibariyle Türkiye'de meyve üretim miktarı

Narenciye ürünlerinde portakal, mandarin, limon, turunc ve greylort ülkemizde önemi zaman içinde artan kültür bitkileridir. Türkiye'de narenciye üretiminin %90'ı Akdeniz Bölgesi'nden sağlanmaktadır. Akdeniz Bölgesi içerisinde Çukurova'nın özel bir önemi vardır ve bu yöre Türkiye üretiminin %90'ını sağlayan Akdeniz Bölgesi üretiminin %70'ini karşılamaktadır. Çukurova Bölgesi Türkiye portakal ve mandarin üretiminin %60'ını, limon üretiminin %90'ını, altıntop üretiminin ise %90'dan fazlasını karşılamaktadır. Üretimin %8.8' ini ise Akdeniz bölgesinden sonra ikinci büyük narenciye üreticisi olan Ege Bölgesi karşılamakta, geri kalan %0.6'sını ise Doğu Karadeniz Bölgesi özellikle de Rize karşılamaktadır (Güder, 2005). Yıllar itibariyle Türkiye portakal dikiliş alanı üretim ve miktarları Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Türkiye'de portakal dikiliş alanı yıllar itibariyle farklılıklar göstermekle birlikte en yüksek üretim 2004 yılında 39.295 ton olarak gerçekleşmiştir. Üretimde yıllara oranla bir takım değişiklikler gözlenmiş ve en yüksek üretim 2004 yılında 1 215 000 tonla gerçekleşmiştir. Verim'e bakıldığında yine yıllar itibariyle dalgalanmalar göstermiş en

yüksem verim baz alınan yıla göre 2001 yılında % 39.4 ile 31.8 ton/ha olmuştur. 2004 yılında ise buna yakın bir değere ulaşarak verim 30.8 ton/ha olmuştur.

Çizelge 1.1: Yıllar itibariyle türkiye portakal dikiliş alanı üretim ve verim miktarı (Anonim, 2008a)

Yıllar	Dikiliş Alanı (ha)	Üretim(ton)	Verim(ton/ha)
1995	36 883	842 000	22,8
1996	37 533	890 000	23,7
1997	37 776	740 000	19,5
1998	37 629	970 000	25,7
1999	38 212	1 100 000	28,7
2000	38 895	1 070 000	27,5
2001	39 295	1 250 000	31,8
2002	39 000	1 160 000	29,7
2003	39 000	1 160 000	29,7
2004	39 295	1 215 000	30,9

Ülkemizin yaş meyve ihracatı 2005 yılında bir önceki yıla göre % 29.8 oranında artarak 2 469 892 000 ABD doları olarak gerçekleşmiştir. Miktar açısından baktığımızda yaklaşık 2 milyon ton olan yaş meyve ve sebze ihracatımızın yarısını narenciye ürünlerinin oluşturduğunu söylemek mümkündür. 2004–2005 yılları Türkiye narenciye ihracatı oranları Çizelge 1.2’de verilmiştir (Anonim, 2006c). Buna göre ülkemizin 2005 yılı toplam taze meyve ve sebze ihracatının miktar bazında % 49’u, değer (ABD \$) bazında % 42’si narenciye ürünlerinden oluşmaktadır. Değer bazında baktığımızda 2005 yılında ülkemizin narenciye ihracatının bir önceki yıla göre % 36 oranında arttığı gözlemlenmektedir. Ürün bazında Türkiye narenciye ihracat oranları Çizelge 1.3’de verilmiştir (Anonim, 2006c). Değer (\$) bazında baktığımızda Türkiye’nin 2005 yılı narenciye ihracatında % 42 ile en yüksek pay limonundur. Türkiye’nin toplam narenciye ihracatında mandalınanın payı % 27, portakalın payı % 18, greyfurt’un payı ise % 13’dür (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.2. 2004 – 2005 Yılları Türkiye narenciye ihracatı

Yıllar	İhracat miktarı (kg)	Değer (\$)	Değişim	
			İhracat miktarı	Değer
2004	695 280 554	297 877 811	----	----
2005	890 290 371	405 285 062	28	36

Çizelge 1.3. Ürün bazında Türkiye narenciye ihracatı

Ürünler	2004		2005	
	Miktar(Kg)	Değer(\$)	Miktar(Kg)	Değer(\$)
Limon	223.247.624	99.428.448	359.722.806	170.683.442
Mandalina	226.306.797	97.302.373	250.102.469	110.912.348
Portakal	127.410.103	49.739.266	179.941.695	72.740.706
Greyfurt	118.316.020	51.407.724	100.513.774	50.944.908
Diğer Narenciyeler	-	-	9.627	3.658
Narenciye Toplamı	695.280.544	297.877.811	890.290.371	405.285.062

Türkiye 60'ın üzerinde ülkeye meyve-sebze ihracatı gerçekleştirmektedir. Almanya, Suudi Arabistan, Romanya, Avusturya, İngiltere, Hollanda ve Belçika geleneksel pazarlarımızdır. Bağımsız Devletler Topluluğu ülkeleri ve özellikle Rusya ve Ukrayna Türkiye'nin yeni ve gelişen pazarları görünümündedir (Vursavuş, 2004). Türkiye narenciye ihracatında en önemli ülkeler; Rusya Federasyonu, Ukrayna, Suudi Arabistan, Romanya, Almanya, Polonya, Yunanistan, Hollanda, İngiltere, Makedonya, Macaristan, Bulgaristan ve Çek Cumhuriyeti olarak sayılabilir.

Dünyada üretici ülkeler sınıflandırması içinde yer alabilmek ihracatın ne ölçüde gerçekleştiğine bağlıdır. Bu anlamda da üretim miktarı, endüstri kalitesi, alt yapı ve kullanılan girdiler, finans ve pazar şartları olarak adlandırılan, dünyada kabul görmüş rekabet kriterleri doğrultusunda ülkemiz yaş meyve ve sebze sektörünün yapılandırılması gerekmektedir. Aksi durumda önemli üretici olmamız tek başına bir anlam ifade etmemektedir (Anonim, 2008a).

## 1.2. Biyolojik Malzemelerin Fiziksel ve Sürtünme Özellikleri

Tarımsal mekanizasyonda kullanılan makine ve tesislerin tasarımında tarımsal ürünlerin fiziko-mekanik özelliklerinin bilinmesi gereken parametrelerin başında gelmektedir. Bu parametreler yardımıyla hasat, hasat sonrası işlemler, temizleme, sınıflandırma ve depolama işlemlerinin daha iyi koşullarda gerçekleştirilmesi sağlanabilmektedir. Bu parametreler özellikle hasat öncesi, hasat ve hasat sonrasındaki işlemlerin davranış ve kalite tahmininin yapılabilmesinde gereksinim duyulan girdileri oluşturmaktadır. Örneğin, ürüne ait fiziko-mekanik özelliklerin bilinmesi bir yandan hasat için gereksinim duyulan koşulların yaratılmasına olanak sağlarken diğer yandan da paketleme sırasında uygun paketleme koşullarının ve katsayılarının belirlenmesine de yardımcı olmaktadır. Fiziksel özellikler arasında, kütle, hacim, izdüşümü alanı ve özgül ağırlık sınıflandırma sistemlerinden önemli olanlardandır. Diğer önemli parametreler, uzunluk, genişlik ve kalınlıktır (Mohsenin, 1980; Khoshnam ve ark. , 2007). Meyveler çoğunlukla boyut dikkate alınarak sınıflandırılmaktadır. Fakat kütesine göre sınıflandırma yapabilecek bir makinenin geliştirilmesi daha ekonomik olabilir. Bu nedenle, kütle ve uzunluk, genişlik ve kalınlık boyutlarına gereksinim duyulmaktadır. Sınıflandırma kullanılan parametrelerden biri de yüzey alanıdır. Meyvelerin yüzey alanı çoğunlukla meyvelerin çapı ya da kütesine dayalı olarak belirlenmektedir. Bir meyvenin çapı ya da kütesi bilinerek yüzey alanları geliştirilmiş olan model eşitlikler kullanılarak hesaplanabilmektedir.

Tarımsal ürünlerde hem üretici hem de tüketici açısından istenen ortak özellik kalitenin korunmasıdır. Narenciye meyvelerinde (portakal, limon ve greyfurt) tarımsal ürünlerin makine parçalarına karşı sürtünmeleri oluşan mekanik zedelenmelerin temel sebeplerinden biridir. Ürüne ait fiziksel ve sürtünme özelliklerinin bilinmesi taşıma ekipmanları ve depolama yapılarının tasarımında önem taşımaktadır. Tasarım için gerekli olan güç kaynağının seçiminde ve gerçek boyutların hesaplanmasında, farklı yüzeyler üzerindeki sürtünme katsayısı değerleri etkili olmaktadır (Sabahoğlu ve Öztürk, 1996; Sabahoğlu ve ark., 2001). Narenciye meyvelerinin ekonomik önemine rağmen bu konu üzerinde yürütülmüş çalışmalar sınırlı sayıdadır. Genellikle meyvelerin sınıflandırılması; boyut, şekil, kütle, renk, ses, olgunluk gibi fiziksel özellikleri göz önüne alınarak yapılmaktadır. Meyvelerin boyut özellikleri standart paketler ve kasalardaki tekdüzellik ve

paketleme açısından da gereklidir. Hacimsel kütle, özgül kütle, porozite, gibi bazı fiziksel özelliklerde sınıflandırma sistemleri, taşıma ve depolama gibi işlemlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Narenciye ve bunun dışındaki materyaller kullanılarak yapılmış olan bir çok çalışma olmasına rağmen ülkemizde bu konuda yapılan çalışma sayısı yeterli düzeyde değildir. Yurt dışı ve yurt içindeki bazı araştırmacılar patates, kavun, elma ve portakalı materyal olarak kullanarak bu ürünlerin sürtünme katsayılarını hesaplamışlardır (Schaper ve Yaeger, 1992; Sabahoğlu ve ark., 2001; Puchalski ve ark., 2003; Singh ve ark., 2004; Singh ve Reddy, 2006, Puchalski ve Brusewitz, 1996; Topuz ve ark., 2005).

Tarımsal ürünlerin makine parçalarına karşı sürtünmeleri ve buna bağlı sürtünme katsayılarının bilinmesi aynı zamanda taşıma ekipmanları ve depolama yapılarının tasarımında önem taşımaktadır. Tasarım için gerekli olan güç kaynağının seçiminde ve gerçek boyutların hesaplanmasında, farklı yüzeyler üzerindeki sürtünme katsayısı değerleri etkili olmaktadır.

Bir cisme bir kuvvet uygulandığında bu kuvvete zıt yönde cismin temas ettiği yüzey ile cisim arasında bir kuvvet oluşur. Bu kuvvete **“sürtünme kuvveti”** adı verilir (Alayunt, 2000). G ağırlığındaki bir kütleyle, bir kuvvet uygulandığında, kütle ile yüzey arasındaki sürtünme kuvveti yenilene kadar kütle herhangi bir harekette bulunmaz. İşte bu hareketsiz yüzeyler arasında meydana gelen sürtünme kuvveti **“statik sürtünme kuvveti”** adını almaktadır. Kütle yüzey üzerinde hareket halindeyken, bu hareketi yavaşlatmaya çalışan kuvvete ise **“dinamik sürtünme kuvveti”** adı verilmektedir (Sabahoğlu ve Öztürk, 1996).

Sürtünme kuvveti harekete zıt yönde olup, harekete engel olmaya çalışır. İlk hareketin başlayabilmesi için statik sürtünme kuvvetinin yenilmesi gerekir. Bir kez hareket başladıktan sonra bu statik sürtünme kuvveti giderek azalmaya başlar. Böylece daha düşük bir kuvvet ile hareketine devam eder (Alayunt, 2000).

Sürtünme katsayısı sürtünme kuvvetinin ( $F$ ), normal kuvvete ( $N_n$ ) oranı olarak tanımlanmaktadır (Eşitlik 1.1).

$$\mu = \frac{F}{N_n} \quad (1.1)$$

Burada:

$\mu$  : Statik veya dinamik sürtünme katsayısı,

$F$  : Statik veya dinamik sürtünme kuvveti (N) ve

$N_n$  : Normal kuvvet (N)'dur.

Sürtünme direncine etki eden faktörler; normal basınç, kayma hızı, yüzey koşulları, nem ve çevre etkisi olarak sıralanabilir. Biyolojik materyallerin taşınması ve iletiminde, boşaltma ve yükleme işlemlerinde materyaller yüzey üzerinde kaymaktadır (Öztürk ve Sabahoğlu, 1994; Altuntaş, 2005). Materyalin herhangi bir yüzey üzerindeki kayma hızının etkisi, ürünün nem düzeyine bağlı olmakta ve sürtünme direncine etkisi fazla olamamaktadır (Alayunt, 2000). Veri tabanından yararlanılarak elde edilen sonuçların değerlendirilmesi sonucu sürtünme katsayılarına etkileri bakımından kayma hızları arasındaki farklılık önemli derecede görülmemektedir. Sürtünme yüzeyinin yapısı ve çeşidi

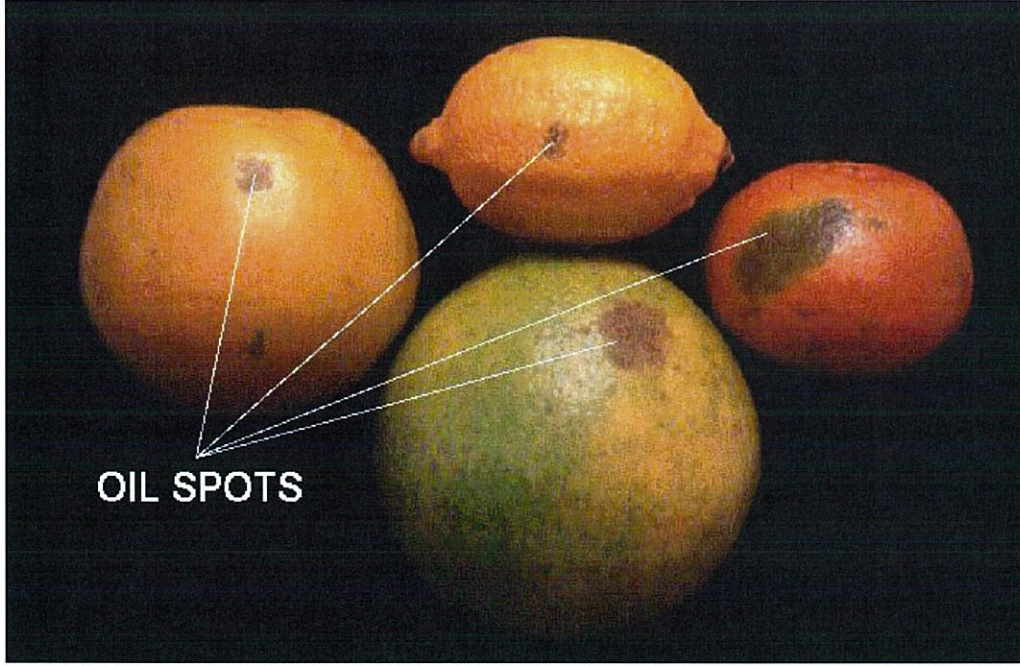
sürtünme katsayılarını etkilemektedir. Bu etki derecesini belirlemek için ürünlerin her biri için çeşitli yüzeyler üzerindeki ortalama sürtünme katsayıları elde edilebilmektedir (Öztürk ve Sabahoğlu, 1994; Altuntaş, 2005).

Biyolojik materyallerin nem içeriklerinin artışına bağlı olarak sürtünme katsayılarında bir artış gözlemlenmektedir. Bu artışın değeri ürün cinsine ve yüzey özelliklerine göre farklılık göstermektedir (Öztürk ve Sabahoğlu, 1994; Altuntaş, 2005). Tarımsal materyallerin tekrar tekrar yüzey üzerinden geçişi sırasında materyale ait katı ve sıvı yağlar ile mum tabakasının sürtünme yüzeyine geçmesi sürtünme direncinin yükselmesine neden olmaktadır. Ürünün yüzeyden geçişi sırasında ara kesitte sıcaklık yükselmektedir. Temas yüzeylerindeki sıcaklığın, yüzey pürüzlülüğünün ve yüzeyler arası temas süresinin artışı adhezyonu ve yüzeylerdeki aşınmayı etkiler sonuçta sürtünme kuvveti artar (Öztürk ve ark., 1995; Altuntaş, 2005).

Tarımsal ürünlerin hasat, harman ve işlenmesinde kullanılan makinaların tasarımında, söz konusu ürünlerin fiziko-mekanik özellikleri içerisindeki sürtünme karakteristiklerinin bilinmesi son derece önemlidir. Tarımsal ürünlerde nem içeriği arttıkça statik ve dinamik sürtünme katsayısı artar. Sürtünme, silo ve benzeri depolama yapılarının yanal yüzeylerdeki düşük yüklerin belirlenmesinde, özellikle yüksek debilerdeki pnömatik iletimde materyalle yanal yüzeyler arasında ve yine tarımsal ürünlerin presleme ve kesme işlemlerinde de önemli rol oynar. Sürtünme katsayısının çeşitli tarımsal ürünler için farklı yüzeyler üzerinde değişik şartlarda bilinmesi, güç kaynağının seçiminde ve gerçek boyutların hesaplanmasında etkili olmaktadır (Sabahoğlu ve Öztürk, 1996).

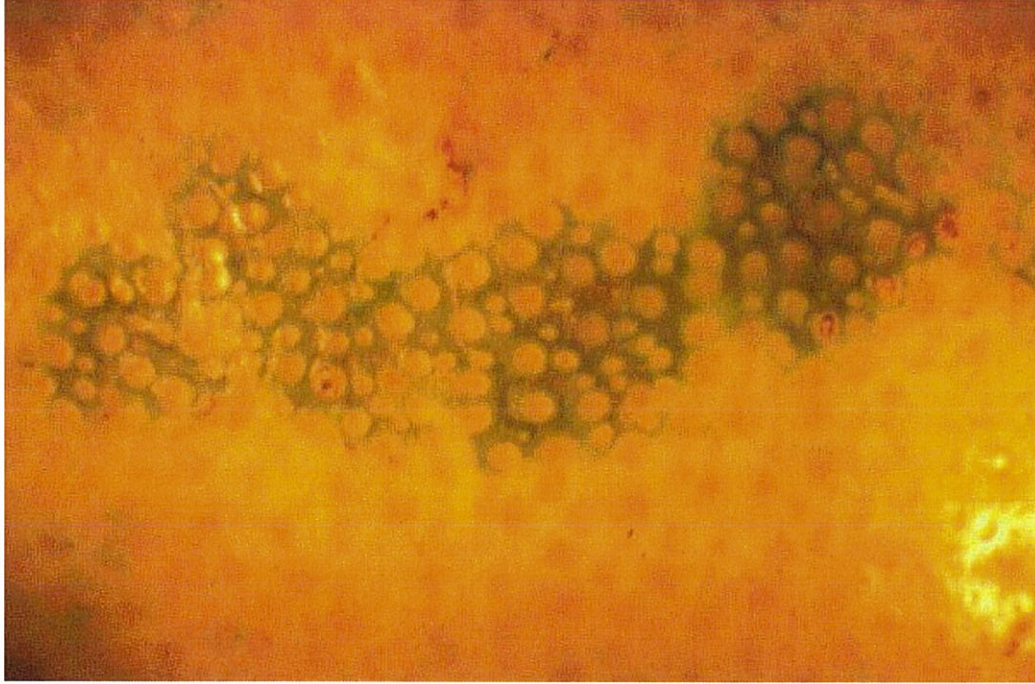
Narenciye meyveleri açısından konu incelendiğinde ise, hasat sonrası işlemler sırasında meyve ve sebzelerin makine parçalarına karşı sürtünmelerin mekanik zedelenmelerin oluşmasının ana sebeplerinden olduğu belirtilmektedir. Sürtünme katsayısı; depolama koşulları, ürün ve hasat sonrası işlem ekipmanlarının tasarımında önemli parametrelerdendir. Dış kabuk yüzey zedelenmeleri narenciye meyvelerinde yaygın olarak meydana gelmektedir. Bunun ana nedenleri de uygun olmayan hasat sonrası işlemlerinin uygulanmasıdır. Mekanik hasat ve hasat sonrası işlemler sırasında oluşabilecek sürtünme zedelenmelerinin minimum düzeye indirilebilmesi için de sürtünme özelliklerinin ayrıntılı olarak bilinmesi ve araştırılması gerekmektedir. Sürtünme katsayısı ve buna bağlı oluşabilecek mekanik zedelenme üzerine; ürünün nem içeriği, yetiştirme koşulları, temasta olduğu aşınma yüzey materyalleri, kayma hızı, yüklenme miktarı gibi bir takım parametreler etkili olabilmektedir. Meyve kasalarının taşınması sırasındaki titreşim kuvvetleri, yükleme, boşaltma ve doldurma gibi işlemlerde materyal üzerindeki sürtünme zedelenmelerinin temel nedenlerindedir.

Narenciye meyvelerinin kabuk yüzeyinde oluşan mekanik zedelenmelerin başında da *Oleocellosis* olarak da adlandırılan yağ lekeleri (oil spotting) gelmektedir. Bu tür zedelenmelerin meyve yüzeyindeki görünümü Şekil 1.3'de verilmiştir.



Şekil 1.3 Narenciye meyvelerinin kabuk yüzeyinde oluşan yağ lekeleri: oil spots (*Oleocellosis*)

Bu tür zedelenmeler hasat, hasat sonrası işlem ve pazarlama sırasında meydana gelebilmektedir. Özellikle, hasat ve hasat sonrası işlemler sırasında çarpma, sıkıştırma ve sürtünme nedeniyle kendini göstermektedir. Mekanik zedelenme toksik yağın yağ bezelerinden dışarı doğru çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum parankima, kabuk ve kabuk altında bulunan epidermal hücrelere yakın yağların yapısının bozulmasına neden olmaktadır. Zedelenmiş meyvedeki kabuk yağları bitişikteki meyvenin yüzeyi üzerinde de yağ lekelerinin oluşmasına neden olmaktadır. Sürtünme gibi mekanik dış kuvvetlerin etkisiyle yeni oluşan yağ lekelerinin meyve yüzeyinde görünmesi çok güçtür. Zamanla zedelenmiş alan kararacak ve bu durum yağ bezelerinin gözle görünür bir şekilde ortaya çıkmasına neden olacaktır (Şekil 1.4). Bu tür zedelenmeler, narenciye meyvelerinde en çok karşılaşılan mekanik zedelenme şekillerindedir. Bu tür zedelenmelerin oluşumundaki en büyük sıkıntıda yağ lekelerinin kabuk yüzeyinde hemen görünür olmamasıdır. Özellikle, hasat sonrası ürünler paketlenme evlerine ulaştıktan sonra ya da paketlenme evlerinde uygulanan işlemler sonrasında yüzeyde belirgin olarak kendini göstermektedir. Bu tür zedelenmelerin minimum düzeyde gerçekleşmesini sağlayacak hasat ve hasat sonrası ekipman yüzeylerine ilişkin de sürtünme katsayılarının bilinmesi ve en uygun yüzeyin seçilmesi gerekmektedir.



Şekil 1.4. Narenciye meyvesi kabuk yüzeyindeki yağ lekelerinin oluşumu

Akdeniz Bölgesi narenciye üretimi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Ekonomik yönden de büyük öneme sahip olan narenciye ürünlerinin dış satımında karşılaşılan en büyük sorun da kalite ile ilgilidir. Yapılan çalışmalara bakıldığında narenciye ürünlerinin temel fiziko-mekanik yapısına ve özellikle sürtünme özelliklerinin belirlenmesine yönelik ayrıntılı bir çalışma bulunmamaktadır. Ülkemizde bu konuda yapılan sınırlı sayıdaki çalışmada ürünlere ilişkin bazı fiziksel özellikler araştırılmış ancak sürtünme etkilerine yönelik ayrıntılı bir çalışmaya yer verilmemiştir.

### 1.3. Çalışmanın Amacı

Tarımsal materyallerin biyolojik teknik özellikleri; fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler olarak sınıflandırılmaktadır. Fiziksel özellikler de kendi içerisinde mekanik, elektrik, termik ve optik özellikler olmak üzere dört grupta incelenmektedir. Tarımsal materyallerin fiziko-mekanik özellikleri içerisinde yer alan boyut ve şekil özellikleri de paketleme ve sınıflandırma aşamasında sıklıkla kullanılmaktadır. Hasat ve hasat sonrası işlemler sırasında, tüm tarımsal materyallerde olduğu gibi narenciye ürünlerinde de bir seri işlemler uygulanmakta ve bu işlemler sırasında materyaller dış kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Özellikle makine bileşenleri ile materyal arasında meydana gelen sürtünme nedeniyle narenciye meyveleri kalite açısından önemli derecede değer kaybına uğramaktadır. Bu çalışmada; Washington Navel çeşidi portakalların hasat sonrası bazı fiziko-mekanik ve sürtünme özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

**2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Chen ve Squire (1971) adlı araştırmacılar portakalların farklı sürtünme yüzeyleri üzerindeki hareketleri sırasındaki aşınma durumları üzerine yüzey pürüzlülüğünün ve normal yükün etkisini incelemişleridir. Yapılan incelemeler sonucunda kullanılan sürtünme yüzeyleri üzerinde kabuk yağı ve mum kalıntılarının bulunduğu ve bu kalıntıların yüzey pürüzlülüğü ile artış gösterdiğı belirlenmiştir. Ayrıca, araştırmacılar sürtünme yüzeyindeki kalıntı miktarındaki artışın oleocellosis ve aşınma zedelenmelerini arttırdığı sonucuna varmışlardır.

Miller (1987) adlı araştırmacı Florida narenciye çeşitlerinin hasat sonrası fiziksel özelliklerini belirlemiştir. Araştırmacı sürtünme özelliklerine ilişkin yapmış olduğu ölçümlerinde dinamik sürtünme katsayısı üzerinde kontrplak, metal, polivinilklorid, polietilen ve teflon gibi yüzeylerin önemli derecede etkili olduğunu belirlemiştir.

Bucklin ve ark. (1989) adlı araştırmacılar, galvanizsiz çelik yüzey üzerinde buğday materyalinin sürtünme katsayısındaki değışimleri belirlemek amacıyla galvanizsiz çelik ve alüminyum yüzeyleri üzerinde denemelerini yürütmüşlerdir. Denemelerde metal yüzey tipi ve ürün basıncı ana faktör olarak dikkate alınmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda, sürtünme katsayısının basınç ve metal yüzey tipi ile değıştiğı ve ürün ile olan tekrarlanmış kayma teması ile azaldığı belirlenmiştir.

Chung ve Verma (1989) adlı araştırmacılar, fasulye ve yer fıstığının statik ve dinamik sürtünme katsayılarını ölçmüşlerdir. Araştırmada statik ve dinamik sürtünme katsayısı üzerine nem içeriğı ve sürtünme yüzeyinin etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, nem içeriğı ve sürtünme yüzeyinin istatistiksel olarak sürtünme katsayıları üzerindeki etkilerinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

Schaper ve Yaeger (1992) adlı araştırmacılar dokuz farklı sürtünme materyali kullanılarak patatesin sürtünme katsayısı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yapılan ölçümler sonucunda statik sürtünme katsayısının 0.34-0.73 arasında değıştiğı, dinamik sürtünme katsayısının ise 0.34-0.66 arasında olduğu belirlenmiştir. Denemelerde polietilen plakanın en düşük değere ve galvanizli metal plakanın da en yüksek sürtünme katsayısı değerine sahip olduğu ortaya konmuştur.

Bucklin ve ark. (1996) adlı araştırmacılar galvanizli çelik sürtünme yüzeyi üzerinde buğdayın sürtünme davranışlarını belirlemeye çalışmışlardır. Denemelerde 0.05 mm/dakikalık kayma hızında çalışılmış ve 3.9, 6.6, 9.2 ve 11.8 kPa ürün basıncında sürtünme davranışları test edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda buğdayın galvanizli çelik yüzey üzerinde hareketi sırasında ürün basıncının sürtünme davranışı üzerinde istatistiksel olarak bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Puchalski ve Brusewitz (1996) adlı araştırmacılar karpuzun sürtünme katsayıları üzerine hasat zamanı, sürtünme yüzeyi, materyal üzerindeki yük ve kayma hızının etkilerini araştırmışlardır. Denemelerde üç kayma hızı, altı sürtünme yüzeyi, iki karpuz çeşidi ve üç yük kullanılmış ve bu faktörlerin statik ve dinamik sürtünme katsayısı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda materyal yüzeyi üzerinde kayma hızı, hasat zamanı ve sürtünme yüzeyinin hem statik hem de dinamik sürtünme

katsayısı üzerinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kayma hızının dinamik sürtünme katsayısı üzerinde istatistiksel olarak hiçbir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Puchalski ve Brusewitz (1996a) adlı araştırmacılar karpuzun aşınma direnci üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar, aşınma direnci göstergesi olarak karpuz kabuğu kalkma başlangıcı ve kalkmış olan kabuk alanını dikkate almışlardır. Ölçümlerde kuvvet-yer değiştirme eğrisinden faydalanılmıştır. Ölçümlerde kabuk kalkma alanı üzerine normal yükün ve kayma hızının etkisi araştırılmış, ve ayrıca, bu faktörlere bağlı olarak kuvvet-yer değiştirme grafiğinden gerekli tanımlamalar yapılarak kabuk kalkma alanı tahmininde kullanılacak model eşitlik için gerekli olan parametreler belirlenmeye çalışılmıştır.

Puchalski ve Brusewitz (1996b) adlı araştırmacılar karpuz yüzeyinde meydana gelen aşınma üzerinde etkili olabilecek faktörlerin belirlenmesine yönelik kuvvet-yer değiştirme grafiğinden faydalanmışlardır. Araştırmacılar bu grafiklerde yer alan noktalar üzerinde tanımlamalar yaparak tahmini aşınma yüzey alanını belirlemeye çalışmışlardır.

Sabahoğlu ve ark. (2001) adlı araştırmacılar portakalın statik ve dinamik sürtünme katsayısı üzerine yüzey ve normal yük etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, kontrplak, alüminyum, pleksiglas ve fiberglas olmak üzere dört farklı yüzey üzerinde ve dört normal yükte çalışmışlar ve sabit kayma hızında bu faktörlerin statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yapılan denemeler sonucunda, sürtünme yüzeyleri ve yük değerlerine bağlı olarak statik ve dinamik sürtünme katsayılarında değişimlerin olduğu, her iki sürtünme katsayısı için en düşük değerlerin kontrplak yüzeyde, en yüksek değerlerin ise pleksiglas yüzeyde elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Tavakoli ve ark. (2002) adlı araştırmacılar, farklı çelik yüzeyler kullanılarak nohudun dinamik sürtünme katsayısı üzerine normal basınç, nem içeriği ve kayma hızının etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar denemeleri iki siyah ve galvanizli yüzey, 4 kayma hızı (5, 20, 100 ve 500 mm/min) ve üç düşey basınç (14.28, 100 ve 150 kPa) değerlerinde yürütmüşlerdir. Yapılan denemeler sonucunda, düşük kayma hızlarında kayma hızının 5 mm/min dan 20 mm/min ya artırılmasının dinamik sürtünme katsayılarında artışa neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 500 mm/min lik kayma hızında dinamik sürtünme katsayısının azaldığı tespit edilmiştir. Galvanizsiz çelik yüzeylerde, nohutların %7.5 den %15 arsındaki nem içeriğindeki artış dinamik sürtünme katsayısında artışa neden olmuştur. Nem içeriğinin %21 olması durumunda ise dinamik sürtünme katsayısının azaldığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, galvanizli çelik yüzey kullanılması durumunda ise 5-20 mm/min kayma hızında nem içeriğindeki artışla birlikte dinamik sürtünme katsayısının azaldığını belirlemişlerdir. Fakat 100 ve 500 mm/min lik kayma hızlarında ise sürtünme davranışlarının galvanizsiz çelik yüzeylerle benzer olduğunu ortaya koymuşlardır. Normal basınç değerlerinin ise sürtünme katsayısı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ve basınç değerleri arasındaki farklarında istatistiksel olarak hiçbir öneminin olmadığı yapılan araştırmalar sonucunda belirlenmiştir.

Puchalski ve ark. (2003) adlı araştırmacılar iki farklı elma çeşidi kullanarak statik ve dinamik sürtünme katsayısı üzerine sürtünme yüzey materyali ve kayma hızının etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar denemelerde mazonit, kağıt, kauçuk ve plastik sürtünme yüzeyi kullanmışlardır. Kayma hızı ise 0.42-16.67 mm/s arasında seçilmiştir. Araştırma

sonuçlarına göre kayma hızı dinamik sürtünme katsayısı üzerinde statik sürtünme katsayısından daha etkili bulunmuştur. Ayrıca, kayma hızı ve yüzeyin iki çeşit arasında tutarsız bir şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Safa ve Khazaei (2003) adlı araştırmacılar İran'da yetiştiriciliği yapılan Post-sefid, Agdare, Nor\_alibeyk ve Yaghot-abad adlı dört nar çeşidinin bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklere ilişkin model eşitliklerin geliştirilmesine yönelik bir araştırma yapmışlardır. Araştırmacılar denemelerinde dört çeşit için; narın meyve-dane kütle oranı, nar meyve hacmi ile dane hacmi oranı, hacimsel yoğunluk, meyve yoğunluğu ve boşluk oranları gibi bazı fiziksel özellikleri ölçmüşlerdir. Araştırmacıların yapmış oldukları deneme sonuçlarına göre, nar meyvelerinin kütle ve meyve hacmi değerlerinin sırasıyla 90-321 g ve 90-310 cm<sup>3</sup> sınırlarında değiştiği ayrıca dane kütlesi ile meyve kütlesi oranının Yaghot-abad ve Post-sefid nar çeşitleri içinde sırasıyla 1.55 ve 1.31 olduğu belirlenmiştir. Dane tohum hacmi ile meyve kütle hacmi oranının maksimum ve minimum değerlerinin ise Yaghot-abad ve Post-sefid nar çeşitlerinde 1.79 ve 1.45 olarak ölçüldüğü belirtilmiştir.

Singh ve ark. (2004) adlı araştırmacılar portakal ve tatlı limonun fiziksel ve sürtünme özelliklerini belirlemişlerdir. Ölçümlerde fiziksel özellikler olarak boyut, kütle, yoğunluk ve renk özellikleri dikkate alınmıştır. Sürtünme özellikleri olarak ta statik, dinamik ve ortalama dinamik sürtünme katsayıları kullanılmıştır. Ölçümler sonucunda portakal ve tatlı limon için statik sürtünme katsayıları sırasıyla 0.27 (alüminyum) den 0.37 (yumuşak çelik) ye kadar ve 0.24 (kontrplak) den 0.32 (galvanizli demir) ye kadar değişim göstermiştir. Ortalama dinamik sürtünme katsayısının ise portakal ve tatlı limon için sırasıyla 0.27 den 0.42 ye kadar ve 0.25 den 0.36 ye kadar değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Topuz ve ark. (2005) adlı araştırmacılar Alanya, Finike Washington Navel ve Shamouti adlı dört portakal çeşitlerinin bazı fiziksel ve besin içeriklerini ölçmüşlerdir. Araştırmacılar, çeşit ve sürtünme yüzeyinin statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde etkisinin olduğunu belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre kauçuk, kontrplak ve galvanizli plaka da statik sürtünme katsayıları sırasıyla 0.18, 0.16 ve 1.47 olarak hesaplanmıştır.

Ertekin ve ark. (2006) adlı araştırmacılar Antalya bölgesinde yetiştirilen Stanley ve Frenze 90 adlı iki erik çeşidinin fiziksel ve besin değerlerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar yapmış oldukları ölçümlerde doğal yığılma açısı, porozite, küresellik indeksi, en-boy oranı, geometrik ortalama çap, yüzey alanı, meyve uzunluğu, genişliği ve kalınlığı, kabuk kalınlığı, ortalama meyve kütlesi, 1000 meyve kütlesi, hacimsel yoğunluk, meyve yoğunluğu, meyve hacmi, poisson oranı, kabuk renk özellikleri, titre edilebilir asit oranı, kabuk yüzdesi, kabuk sertliği ve meyve sertliği gibi bazı fiziksel özellikleri araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre Stanley erik çeşidinde statik sürtünme katsayısı kauçuk, kontrplak ve galvanizli plaka da sırasıyla 0.194, 0.187 ve 0.164 olarak bulunmuştur. Frenze 90 çeşidinde ise statik sürtünme katsayısı aynı yüzeyler için sırasıyla 0.147, 0.127 ve 0.125 olarak ölçülmüştür.

Kabaş ve ark. (2006) adlı araştırmacılar Türkiye'de yabancı olarak yetişen kaktüs armutlarının hasat, taşımacılık, temizleme, paketlenme, depolama ve işlemede gereksinim

duyulan ve ekipmanların tasarımında kullanılan bir çok fiziksel özellikleri belirlemişlerdir. Araştırmacılar denemelerde %89.91 den %44.76 ye kadar değişen 5 farklı nem içeriğinde ölçümleri yapmışlar ve nem içeriklerinin uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap, küresellik, yüzey alanı, hacimsel yoğunluk, meyve yoğunluğu, porozite (boşluk oranı), meyve kütlesi, izdüşüm alanı ve statik sürtünme katsayısı gibi bazı fiziksel özellikler üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacıların yapmış oldukları denemeler sonucunda statik sürtünme katsayıları galvanizli çelik plaka, kontrplak ve kauçuk için %89.91-%44.76 nem aralıklarında sırasıyla 0.243 den 0.219'a, 0.261 den 0.232'ye ve 0.296 dan 0.268'e kadar değişim göstermiştir.

Singh ve ark. (2006) adlı araştırmacılar, Hindistan'da yetiştirilen iki popüler patates çeşidinin (Kufri Jyoti ve Kufri Sinduri) soğutma ve depolama sırasındaki ısı ve kütle transfer analizlerinin yapılabilmesi için gereksinim duyulan ortalama boyutlar (uzunluk, genişlik ve kalınlık), geometrik ortalama çap, yüzey alanı, küresellik, kütle, yoğunluk, aritmetik ortalama çap ve küresellik gibi bazı fiziksel özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, Kufri Jyoti ve Kufri Sinduri çeşidi patateslerin geometrik ortalama çap, küresellik, en-boy oranı, yoğunluk ve yüzey alanı değerlerinin sırasıyla 4.647 ve 3.692 cm, %82.45 ve 86.65, %82.99 ve 91.78, 1113.3 ve 1092.1 kg/m<sup>3</sup>, ve 30.86 ve 12.10 cm<sup>2</sup> değerlerine sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre ise Kufri Jyoti ve Kufri Sinduri çeşitleri arasında önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Haciseferoğulları ve ark. (2007) adlı araştırmacılar Zerdali, Çataloğlu, Hacıhaliloğlu, Hasanbey, Soğancı ve Kabaşlı adlı altı kayısı çeşidinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar ölçümlerde kuru madde, kül, şeker oranı, kuru madde içeriği, asitlik ve mineral gibi bazı kimyasal özellikler ile hasat, hasat sonrası işlemler, taşımacılık, depolama ve ayırma gibi işlemlerde tasarım parametresi olarak kullanılacak meyve boyutları, kütle, hacim, yüzey alanı, küresellik, geometrik ortalama çap, yoğunluk, statik ve dinamik sürtünme katsayısı gibi bazı fiziksel özellikleri ölçmüşlerdir. Ayrıca araştırmacılar materyallerin statik yük etkisi altındaki davranışlarını da araştırmışlar ve elastisite modülü ve sertlik gibi parametreleri de belirlemişlerdir. Sürtünme katsayısına ilişkin araştırma sonuçlarına göre ise, en yüksek statik sürtünme katsayılarının dökme demir, galvanizli sac demir ve kauçuk yüzeyler için, Kabaşlı çeşidinde en yüksek olduğu, buna karşın tüm yüzeyler dikkate alındığında en düşük sürtünme katsayısı değerlerinin Soğancı çeşidi kayısı da ölçüldüğünü belirlemişlerdir.

Khanali ve ark. (2007) adlı araştırmacılar mandalina meyvesinin bazı fiziksel özellikleri kullanarak kütle ve hacmin modellenmesi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu araştırmacılar, meyve sınıflandırma tesislerinde sıklıkla kullanılan sınıflandırma yöntemlerinin boyut ve meyve izdüşümü alanına göre olduğunu ve kütle-hacme göre sınıflandırma işlemi yapabilecek bir makinenin geliştirilmesinin çok daha ekonomik olabileceğini ifade etmişlerdir. Bu nedenle, araştırmacılar kütle-hacim ve diğer fiziksel özellikler arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Araştırmacılar denemelerinde Clementine, Onsho ve Page adlı üç mandalina çeşidi kullanmışlardır. Araştırmada kütle ve hacim modellemede tek ve çoklu değişken regresyonu modeli (boyut özellikleri ve izdüşümü alanları için) kullanılmıştır. Sonuçlara göre, üç mandalina çeşidi içinde hacim modellemelerinin daha güvenilir sonuçlar verdiği ve etkili parametrenin izdüşümü alanı olduğu sonucuna varılmıştır.

Razavi ve BahramParvar (2007) adlı araştırmacılar kivi meyvelerinin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar denemelerinde Hayward çeşidi kivi meyvelerini kullanmışlardır. Denemelerde kivi meyvelerinin uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çapı, aritmetik ortalama çapı, kütle, hacim, yoğunluk, porozite, küresellik, yüzey alanı, kabuk oranı, en-boy oranı, statik sürtünme katsayısı ve dayanım özellikleri gibi bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Araştırmacıların yapmış olduğu araştırma sonuçlarına göre uzunluk, genişlik, kalınlık, aritmetik ortalama çap, geometrik ortalama çap, küresellik ve en-boy oranının sırasıyla 55.5-82.3 mm, 46.8-54.8 mm, 41.5-52.4 mm, 49.8-60.99 mm, 49.56-59.28 mm, % 71.95-90.48 ve % 62.67-89.20 sınırları arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca, meyve kütlesi ve kabuk oranının da sırasıyla 75.18-135.32 g ve %8.91-12.51 değerleri arasında olduğu sonucuna varılmıştır. Kontrplak, galvanizli demir plaka, cam ve fiberglas sürtünme yüzeylerinin kullanıldığı statik sürtünme katsayılarının belirlenmesine ilişkin yapılan değerlendirme sonuçlarına göre ise değerlerin cam yüzeylerde 0.34 ile en düşük ve kontrplak yüzeyde ise 0.49 ile en yüksek değerde olduğu belirlenmiştir.

Sharifi ve ark. (2007) adlı araştırmacılar İran'da yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ve ekonomik değeri yüksek olan Tompson çeşidi büyük, orta ve küçük boylu portakal meyvelerinin bazı fiziksel özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırmacıların yapmış olduğu araştırma sonuçlarına göre orta boyutlu portakalların uzunluk, genişlik ve kalınlık boyutlarının sırasıyla 84.1, 77.4 ve 75.5 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca orta boylu portakalların hacimsel ve meyve yoğunluklarını da sırasıyla 0.44 ve 1.03 olarak ölçmüşlerdir. Bu araştırmacılar büyük, orta ve küçük boylu portakalların porozite (boşluk oranı) değerlerinin sırasıyla %44.64, 49.39 ve 51.2 ve küresellik değerlerinin de sırasıyla 0.948, 0.931 ve 0.923 olarak hesaplandığını belirtmişlerdir. Araştırmacıların yapmış olduğu istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre ise üç farklı boyuta sahip portakal çeşitlerinin fiziksel özellikleri yönünden önemli farklılıklara sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Mirzaee ve ark. (2008) adlı araştırmacılar yapmış oldukları çalışmalarında Ghavami ve Rajabali adlı iki farklı kayısı çeşidinin bazı fiziksel karakteristiklerini kullanarak meyve kütlesi tahminine yönelik bir araştırma yapmışlardır. Araştırmacılar denemelerinde meyve uzunluğu, genişliği, kalınlığı, kütlesi, hacmi, geometrik ortalama çapı, yüzey alanı gibi fiziksel özellikleri belirlemişlerdir. Bu araştırmacılar meyvelerin ölçülen ve hesaplanan fiziksel özelliklerini kullanarak kütle modellenmesinde kullanılacak eşitlik geliştirmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, Ghavami kayısı çeşidinin kütle tahmini için en iyi ve en kötü modellerin 0.80 ve 0.61'lik iyilik dereceleri ile ( $R^2$ ) sırasıyla meyve hacmi ve meyve uzunluğuna bağlı olduğunu belirlemişlerdir. Rajabali kayısı çeşidi kütle tahmini için ise en iyi ve en kötü tahmin modellerinin 0.97 ve 0.63'lük iyilik dereceleri ( $R^2$ ) ile sırasıyla ortalama meyve izdüşümü alanı ve meyve uzunluğuna bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır.

İnce ve Vursavuş (2008) adlı araştırmacılar Star Ruby çeşidi greyfurt kullanarak yapmış oldukları denemelerinde çekme hızı, sürtünme yüzeyi ve normal yükün statik ve dinamik sürtünme katsayısı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, denemelerde sürtünme yüzeyi olarak alüminyum, plastik, oluklu mukavva ve galvanizli levha kullanmışlardır. Greyfurtların 4 farklı yüzey üzerindeki statik ve dinamik sürtünme katsayıları 4 çeki hızında (50, 100,250 ve 500 mm/min) ve 3 farklı normal yükte (20, 30 ve

40 N) gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerinde sürtünme yüzeylerinin ve normal yükün etkisinin sırasıyla önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, sürtünme katsayılarının sürtünme yüzeyi ve normal yük etkisi altında artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir.

Vursavuş ve Özgüven (2008) adlı araştırmacılar geometrik özellikler kullanılarak portakalların kütle tahminine yönelik yapmış oldukları çalışmalarında Washington Navel portakal çeşitlerini kullanmışlardır. Araştırmacılar denemelerde uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap, küresellik, yüzey alanı, izdüşüm alanları, hacim, kütle vb. fiziksel özellikleri ölçmüşlerdir. Portakal kütlesi doğrusal ve doğrusal olmayan matematiksel modeller yardımıyla tahmin edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre portakal kütlelerinin boyutsal özelliklere, izdüşüm alanına ve meyve hacmine bağlı olarak tahmin edilebileceği sonucuna varılmıştır.

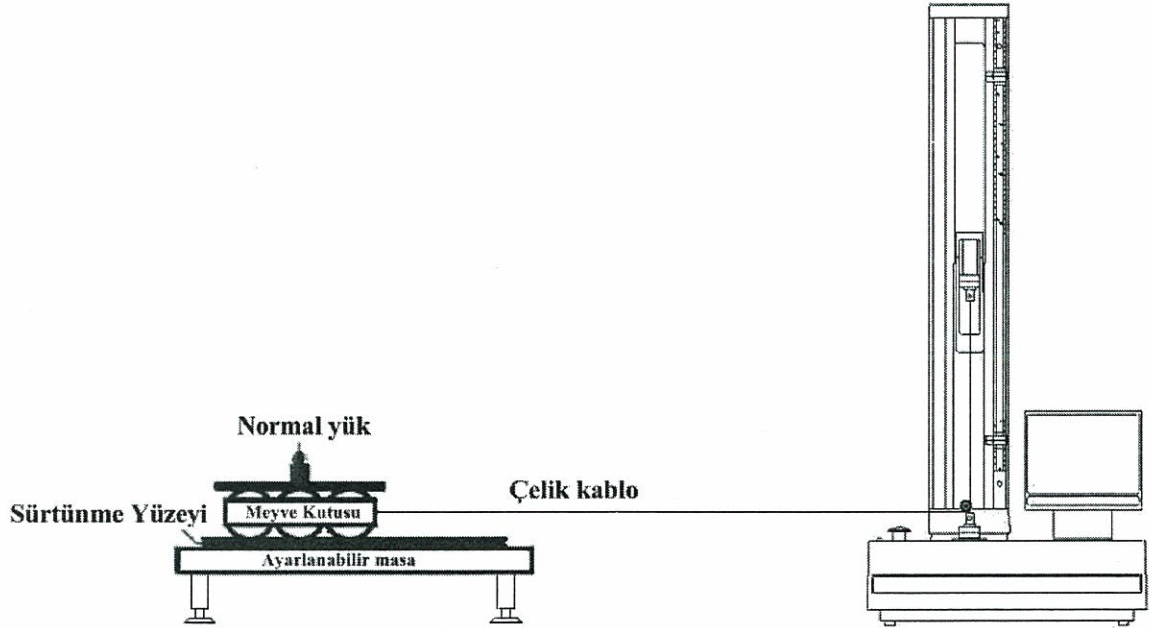
### 3. MATERİYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

Çalışmada, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde bulunan portakal bahçesindeki Washington Navel çeşidi portakallar kullanılmıştır. Bu portakallar, 2007 hasat sezonunda elle hasat edilerek toplanmıştır.

Meyvelerin boyutsal ve kütle özelliklerinin belirlenmesi 0.01 hassasiyetle ölçüm yapan kumpas ve hassas teraziden faydalanılmıştır. Ayrıca, sürtünme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Şekil 3.1’de verilmiş olan test düzeneğinden yararlanılmıştır. Meyvelerin statik ve dinamik sürtünme katsayılarının ölçülmesinde LLOYD marka materyal test kullanılmıştır (Model LRX Plus Series).

İçi meyve dolu olan kutular 300x300x300 mm boyutlarında olup tabanı açıktır. Kutu ve içerisindeki meyvelerin ortalama kütlesi yaklaşık olarak 3 kg ölçülmüştür. Yük hücreğine bağlı çelik kablo makara sistemi yardımıyla içi meyve dolu olan kutuya yatay yönde bağlanmıştır. İçi meyve dolu olan kutunun tabanındaki açıklık meyvelerin sürtünme yüzeyleriyle temasını sağlamaktadır. Test cihazının bu çalışma şekli ile sürtünme kuvvetleri kuvvet-yer değiştirme grafikleri yardımıyla ölçülmüştür.



Şekil 3.1. Sürtünme özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan test cihazı

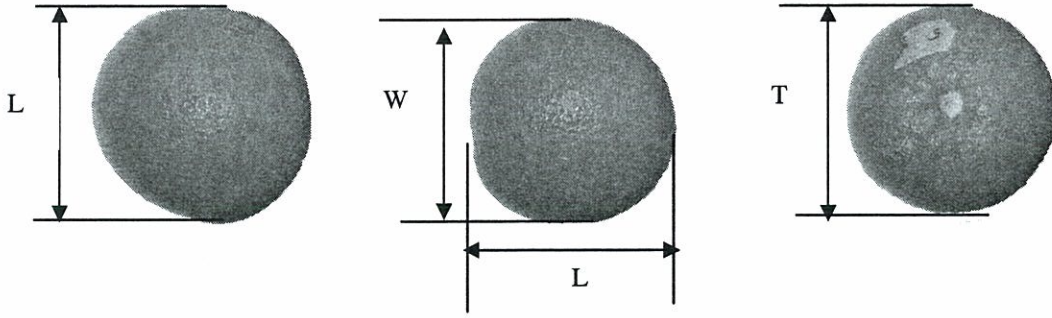
Test cihazında hareketli başlık hızı değişik hız kademelerinde ayarlanmış ve yaklaşık 250 mm’lik bir çekme uzunluğunda ölçümler yapılmıştır. Denemelerde kullanılan ve sürtünme yüzeylerinin bağlantısının yapıldığı yüzey çeki durumunun her zaman yatay konumda kalabilmesi için yüksekliği ayarlanabilir olarak tasarlanmıştır.

### 3.2. Metot

Bu çalışma iki aşamada yürütülmüştür. Birinci aşamada fiziksel özellikler belirlenmiştir. İkinci aşamada ise materyallere ilişkin sürtünme katsayılarının ölçümleri yapılmıştır.

#### 3.2.1. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Çalışmada uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap, hacim, yüzey alanı, küresellik, hacimsel yoğunluk, meyve yoğunluğu, porozite meyve kütlesi, kabuk kütlesi, kabuk (flavedo) kalınlığı, albedo kalınlığı, kabuk oranı gibi bazı fiziksel özellikler ölçülmüş ve hesaplanmıştır. Denemelerde kullanılan Washington Navel portakal çeşitlerinin üç eksen boyunca genel görünüşü Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Washington Navel portakal çeşidinin üç eksen (Uzunluk: L; Genişlik: W; Kalınlık: T) boyunca görünüşü

Elli adet meyve kullanılarak yapılmış olan boyut ölçümleri sonucunda aşağıda verilmiş olan 3.1 ve 3.2 nolu eşitlikler kullanılarak geometrik ortalama çap ve küresellik değerleri hesaplanmıştır (Mohsenin, 1980; Vursavuş ve Özgüven, 2004; Singh ve ark., 2004).

$$D_g = (LWT)^{0.333} \quad (3.1)$$

$$\phi = \frac{(LWT)^{0.333}}{L} \quad (3.2)$$

Burada:

$D_g$  : Geometrik ortalama çap (mm),

$\phi$  : Küresellik,

$L$  : Uzunluk (mm),

$W$  : Genişlik (mm) ve

$T$  : Kalınlık (mm)'dir.

Ayrıca yüzey alanı ( $S$ ) ve hacim ( $V$ ) belirlenmesinde 3.3 ve 3.4 nolu eşitlik kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır (Baryeh, 2001; Mohsenin, 1980; Jain ve Ball, 1997; Singh ve ark., 2004; Özgüven ve Vursavuş, 2005).

$$S = \pi D_g^2 \quad (3.3)$$

$$V = \frac{\pi LWT}{6} \quad (3.4)$$

Denemelerde kullanılan materyallerin meyve yoğunluğu, hacimsel yoğunluk ve porozite gibi bazı fiziksel özelliklerin hesaplanmasında ise aşağıda yer alan eşitliklerden yararlanılmıştır (Singh ve ark., 2004). Hacimsel yoğunluğun ölçümünde hacmi belli ( $V$ ) silindirik bir kap içerisine meyveler doldurulmuş ve meyvelerin kütlesi ölçülmüştür ( $m_b$ ). Bu yöntem kullanılarak hacimsel yoğunluk ölçümü aşağıda verilmiş olan eşitlik kullanılarak yapılmıştır.

$$\rho_b = \frac{m_b}{V} \quad (3.5)$$

Meyve yoğunluğunun ölçümünde ise tek bir ürünün kütlesi hassas terazide ölçülmüş ve daha sonra içi su ile dolu bir kap içerisine daldırılmıştır. İçi su dolu kap içerisine daldırma işlemi sonunda yer değişimi meydana gelen su hacmi bulunarak hesaplama yapılmıştır. Meyve yoğunluğunun hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (Alayunt, 2000; Singh ve ark., 2004; Owolarafe ve ark., 2007).

$$\rho_t = \frac{m}{V_{td}} \quad (3.6)$$

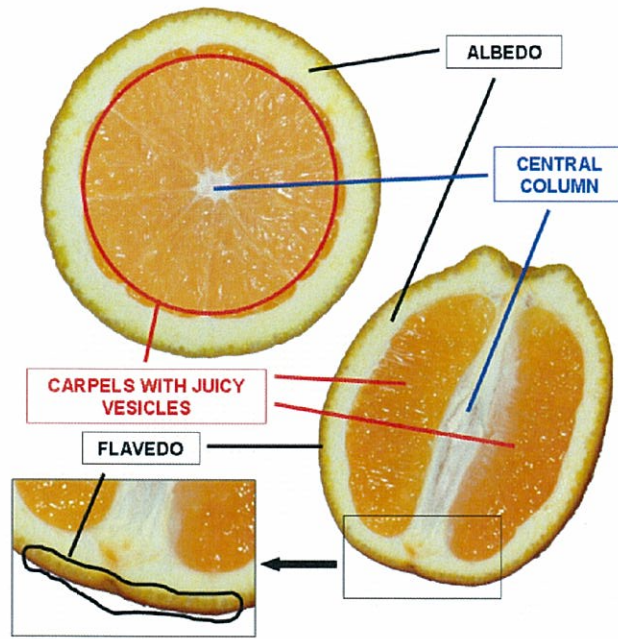
Burada:

- $\rho_b$  : Hacimsel yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ ),
- $\rho_t$  : Meyve yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ ),
- $m_b$  : Meyvelerin toplam kütlesi (kg),
- $V$  : Silindirik kabın hacmi ( $\text{m}^3$ ),
- $m$  : Tek bir meyvenin kütlesi (kg) ve
- $V_{td}$  : Yer değiştiren su hacmi ( $\text{m}^3$ )

Hacimsel yoğunluk ve meyve yoğunluğu parametreleri hesaplandıktan sonra bu değerler kullanılarak porozite ( $\varepsilon$ ) (boşluk oranı) hesaplanmıştır. Hesaplamalarda eşitlik 3.7 kullanılmıştır (Mohsenin, 1980; Vursavuş ve Özgüven, 2008).

$$\varepsilon = \frac{\rho_t - \rho_b}{\rho_t} \cdot 100 \quad (3.7)$$

Kabuk kütlesi, kabuk (flavedo) kalınlığı ve albedo kalınlığı gibi parametrelerin ölçülmesinde ise elli adet portakal örneğinden yararlanılmıştır. Portakalların kabukları bir bıçak yardımıyla yüzeyden alınmış ve bu kabuk örneklerin kabuk ve albedo kalınlıkları dijital kumpas yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Portakal ve limon örneğinde albedo ve flavedo'nun belirlenmesi

Ayrıca her meyve örneğinin toplam kabuk kalınlığı hassas terazide tartılarak ölçülmüştür. Bu ölçümler yardımıyla her meyveye ait kabuk oranları eşitlik 3.8 yardımıyla hesaplanmıştır (Topuz ve ark., 2005; Vursavuş ve Özgüven, 2008).

$$R_R = \frac{M_R}{M_F} \times 100 \quad (3.8)$$

Burada:

$R_R$  : Kabuk oranı (%),

$M_R$  : Kabuk kütlesi (g) ve

$M_F$  : Meyve kütlesi (g)'dir.

Meyve izdüşümü alanlarının ölçülmesinde ve görüntülerin işlenmesinde Vursavuş ve Özgüven (2001), Vursavuş ve Özgüven (2008) ve Demirbaş ve Dursun (2007) adlı araştırmacıların önermiş oldukları yöntemler kullanılmıştır. Meyvelerin görüntüleri uzunluk ( $PA_L$ ), genişlik ( $PA_W$ ) ve kalınlık ( $PA_T$ ) eksenini boyunca alınmış ve işlenmeleri bu boyutlar üzerinden gerçekleştirilmiştir. Görüntülerin işlenmesinde UTHSCSA Image Tool Version 3.0 görüntü işleme programından yararlanılmıştır

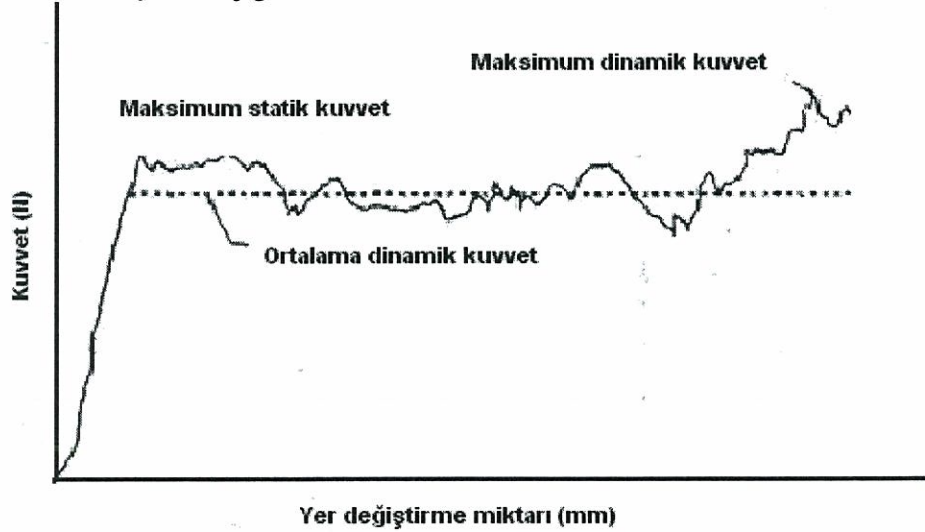
Ortalama meyve izdüşümü alanlarının hesaplanmasında ise eşitlik 3.9 kullanılmıştır (Vursavuş ve Özgüven, 2008).

$$PA_{ORT} = \frac{PA_L + PA_W + PA_T}{3} \quad (3.9)$$

### 3.2.2. Sürtünme Özelliklerinin Belirlenmesi

Denemelerde, sınıflandırma, paketlenme, depolama ve diğer hasat sonrası işlemlerde yaygın olarak kullanılan 5 farklı sürtünme yüzeyinden (oluklu mukavva, plastik, galvanizli levha, ahşap levha ve alüminyum saç) yararlanılmıştır. Statik ve dinamik sürtünme katsayılarının hesaplanmasında LLOYD marka materyal test cihazı yazılımı yardımıyla çıktı olarak alınmış olan kuvvet-yer değiştirme grafikleri kullanılmıştır (Şekil 3.4). Sürtünme yüzeyleri üzerinde hareket eden içi meyve dolu kutunun çeki hızları 25, 50, 100, 250 ve 500 mm/min olarak seçilmiştir (Puchalski ve ark., 2003; İnce ve Vursavuş, 2008).

Test düzeneği üzerinde bulunan kutunun ve içerisindeki materyallerin kütleleri ile üzerine konulan yükün ağırlığı (1.5 kg  $\cong$  15 N) toplamı normal kuvvet (N) olarak dikkate alınmıştır ( $\cong$  3 kg). Denemeler sırasında bu ölçümler her sürtünme ölçümü sonrasında tekrarlanmıştır. Böylece sürtünme kuvveti hesaplamaları sonrasında yüzeyi zarar görmüş olan meyveler kutudan çıkartılmış ve yerine yeni meyveler konulmuştur. Meyve kutusu içerisindeki kütle değişimi de tartım işlemleri yapıldıktan sonra tekrar belirlenmiştir. Statik ve dinamik sürtünme kuvvetlerinin ölçümüne yönelik denemeler başladığında kuvvet zamanla artmaktadır. İçi meyve dolu kutunun yer değiştirmeye başlamasına kadar aşınma yüzeyi harekete karşı direnç göstermektedir.



Şekil 3.4. Sürtünme katsayılarının hesaplanmasında kullanılan kuvvet-yer değiştirme grafiği

Meyve kutusunun ilk harekete başladığı noktadaki en yüksek kuvvet değeri (Şekil 3.4) statik sürtünme katsayısının hesaplanmasında kullanılmıştır. Şekilde görülen maksimum ilk kuvvet değeri statik kuvvet, yer değiştirme sonundaki ortalamaları da ortalama dinamik kuvvet olarak alınmıştır. Sonuç olarak ölçümlerde; maksimum statik sürtünme katsayısı ve ortalama dinamik sürtünme katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda eşitlik 3.8'den yararlanılmıştır (Schaper ve Yaeger, 1992; Puchalski ve ark., 2003; Sabahoğlu ve ark., 2001; Çolak ve Saçılık, 2002).

$$\mu = \frac{F}{N} \quad (3.8)$$

Burada:

$\mu$  : Sürtünme katsayısı,

F : Sürtünme kuvveti (N) ve

N : Normal kuvvet (N)

Normal kuvvet olarak tanımlanan parametre, kullanılmış olan meyve kutusu ve içindeki materyallerin kütleleri toplamı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Kutu sürtünme yüzeyi ile alt kenar arasında 10 mm boşluk kalacak şekilde sabitlenmiştir. Her ölçüm sonrasında sürtünme yüzeyleri herhangi kalıntı olması durumundan dolayı temizlenmiştir.

### 3.2.3. İstatistiksel Değerlendirme

Denemelerde 25, 50, 100 ve 250 ve 500 mm/min hız kademelerinde çeki işlemi gerçekleştirilmiştir. Meyve kutusunun sürtünme yüzeyi üzerindeki çeki işlemi 250 mm yer değiştirme olarak alınmış ve bu uzunluk boyunca ölçümler yapılmıştır. Daha önceden de belirtildiği gibi sürtünme katsayısı denemelerinde 5 farklı yüzey üzerinde çalışılmıştır. Kayma hızı ve sürtünme yüzeyinin sürtünme katsayısı üzerindeki etkilerinin araştırılmasında tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme planından yararlanılmıştır. Ayrıca ortalamalar arası farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak belirlenmiştir. Tüm istatistiksel denemelerde (ANOVA, Pearson Korelasyon Matriks ve Çoklu Doğrusal regresyon analizleri) SPSS11.5 ve Sigma Plot 9.0 paket programlarından yararlanılmıştır. Her ölçüm üç tekrarlı olarak yürütülmüştür. Denemeler sonunda toplam (5x5x3) 75 ölçüm (75x8=600 meyve) alınmıştır. Ayrıca, sürtünme özelliklerinin belirlenmesine ilişkin yapılan denemelerde her ölçüm için 8 meyve kullanılmıştır (paket içerisindeki meyve sayısı).

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

##### 4.1. Fiziksel Özelliklere İlişkin Sonuçlar

Denemelerde kullanılan Washington Navel portakal çeşitlerinin bazı fiziksel özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelge 4.1'de portakalların uzunluk, genişlik ve kalınlık, geometrik ortalama çap ve aritmetik ortalama çap gibi boyutsal özellikleri ile hacim, yüzey alanı, izdüşüm alanları, meyve kütlesi, meyve yoğunluğu, hacimsel yoğunluk, porozite (boşluk oranı), kabuk (flavedo) ve albedo kalınlığı, kabuk oranı ve özgül ağırlık değerleri gibi fiziksel özelliklerinin ortalama, maksimum ve minimum değerleri görülmektedir. Deneme materyallerinin ortalama uzunluk, genişlik ve kalınlık değerleri sırasıyla 76.97, 76.11 ve 75.82 mm olarak ölçülmüştür. Ayrıca geometrik ortalama ve aritmetik ortalama çap değerleri de sırasıyla 76.28 ve 76.30 mm olarak hesaplanmıştır. Denemelerde kullanılan portakalların küresellik oranı 0.99 (%99) olarak ölçülmüştür. Vursavuş ve Özgüven (2008) adlı araştırmacılar aynı çeşit portakal kullanarak yapmış oldukları çalışmalarında uzunluk, genişlik, kalınlık ve geometrik ortalama çap değerlerini sırasıyla 77.13, 76.57, 76.20 ve 76.61 mm olarak ölçmüşlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Vursavuş ve Özgüven (2008) adlı araştırmacıların değerleri ile karşılaştırıldığında sonuçların birbirine yakın olduğu görülebilmektedir. Ayrıca Topuz ve ark. (2005) adlı araştırmacılar da aynı çeşit kullanılarak yapmış oldukları çalışmalarında uzunluk, genişlik ve ortalama çap değerlerini sırasıyla 82.60, 80.14 ve 80.90 mm olarak ölçmüşlerdir. Sonuçlar bu değerler ile karşılaştırıldığında ortalamaların daha düşük değerlerde kaldığı görülebilmektedir. Bunun nedeni iklim, yetiştirme koşulları ve denemelerde kullanılan örnek dağılımı olarak açıklanabilir.

Portakalların ölçülen ve hesaplanan hacim değerleri sırasıyla 224.43 ve 235.25 cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Ayrıca, yüzey alanı, ortalama izdüşümü alanı, meyve kütlesi, hacimsel yoğunluk, porozite, kabuk (flavedo) kalınlığı, albedo kalınlığı, kabuk kütlesi, kabuk oranı ve özgül ağırlık (specific gravity) ortalama değerleri sırasıyla 183.47 cm<sup>2</sup>, 71.75 cm<sup>2</sup>, 224.71 g, 1.001 kg/m<sup>3</sup>, 0.72 kg/m<sup>3</sup>, %29.13, 2.34 mm, 2.98 mm, 59.24 g, %27.05 ve 1.001 olarak belirlenmiştir. Portakalların uzunluk, genişlik ve kalınlık eksenleri boyunca hesaplanan izdüşümü alanları da sırasıyla 73.09, 73.71 ve 68.35 cm<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.1'de verilmiş olan fiziksel özellikler hasat sonrası işlemler süresince bir çok aşamada kullanılan parametrelerdir. Örneğin, küresellik oranı ürünlerin iriliğine ve şekil özelliğine göre sınıflandırılmasında etkili iken, özgül ağırlığı yoğunluğa göre sınıflandırmada önemli olabilmektedir. Bunun yanında meyve kütleleri ve hacimleri paketlemede paket iletkenlik katsayılarının belirlenmesinde kullanılabilir (Kabaş, 2002; Topuz, 2005). Ayrıca, meyvenin boyutsal özellikleri de farklı tasarlanmış sınıflandırma sistemlerinde kullanılmaktadır. Örneğin bantlı, merdaneli veya makaralı götürücülerin kullanılması durumunda materyallerin boyutsal özellikleri önemli olabilmektedir. Böylece, merdaneli veya makaralı götürücüler arasındaki mesafelerin ayarlanması ve makara çapının belirlenmesi yapılabilir. Oyuklu silindirik tip, konik silindirik tip veya döner silindirik tip sınıflandırma makinelerinde meyvelerin boyutsal ve şekil özellikleri kullanılmaktadır. Narenciye sınıflandırmada kullanılan boy standartlarında ise portakalların boy numaraları ve buna bağlı sınıflandırmaları çapları dikkate alınarak yapılmaktadır. Hem mekanik hem de elektronik tip sınıflandırma tesislerinde boyut sınır

değerleri tesiste kullanılan sınıflandırma yazılımında (software) kullanılması açısından önemli olmaktadır. Bazı narenciye paketlenen tesislerinde birbirine paralel olarak yerleştirilmiş silindirler kullanılarak ürünler çaplarına göre sınıflandırılmaktadır. Silindirler aralarındaki mesafeler sona doğru gidildikçe artmaktadır. Ayrıca, silindirler arasındaki mesafeler istenilen çap ve sınıflandırılacak ürüne göre ayarlanabilmektedir (Kabaş, 2002).

Çizelge 4.1. Washington Navel portakal çeşidinin bazı fiziksel özellikleri

Özellikler	Kısaltma	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Uzunluk(mm)	L	76.97	66.36	90.31	5.72
Genişlik (mm)	W	76.11	69.53	95.20	5.25
Kalınlık (mm)	T	75.82	69.62	92.86	4.75
Küresellik	$\phi$	0.99	0.93	1.06	0.025
Geometrik ortalama çap (mm)	$D_g$	76.28	68.65	92.77	4.96
Aritmetik ortalama çap (mm)	$D_a$	76.30	68.67	92.79	4.96
Hacim (cm <sup>3</sup> )	V				
Ölçülen	$V_O$	224.43	167.72	357.10	44.30
Hesaplanan	$V_H$	235.25	169.32	417.81	49.80
Yüzey alanı (cm <sup>2</sup> )	S	183.47	270.23	270.23	24.83
İzdüşüm alanı (cm <sup>2</sup> )	PA				
Uzunluk	$PA_L$	73.09	59.45	100.54	11.20
Genişlik	$PA_W$	73.71	59.08	120.64	12.43
Kalınlık	$PA_T$	68.35	52.38	109.20	12.32
Ortalama izdüşüm alanı (cm <sup>2</sup> )	$PA_{ORT}$	71.75	58.62	110.13	11.43
Meyve kütlesi (g)	m	224.71	167.88	357.56	44.25
Meyve yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_F$	1.001	0.998	1.027	0.004
Hacimsel yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_H$	0.72	0.610	0.897	0.08
Porozite (%)	$\epsilon$	29.13	10.18	39.49	7.85
Kabuk (flavedo) kalınlığı (mm)	KK	2.34	1.73	3.14	0.42
Albedo kalınlığı (mm)	AK	2.98	1.97	4.02	0.51
Kabuk kütlesi (g)	$m_K$	59.24	48.08	84.04	9.65
Kabuk oranı (%)	$R_R$	27.05	22.04	32.28	2.92
Özgül ağırlık (specific gravity)	SG	1.001	0.99	1.027	0.004

Meyvelerin fiziksel özellikleri kullanılarak tesisin randımanlı çalışıp çalışmadığı da belirlenebilmektedir. Örneğin, ortalama ürün çapı, birim alandaki ürün sayısı (adet/m<sup>2</sup>) ve ürünün toplam ağırlığı (kg/m<sup>2</sup>) ile 10 kg'lık ürünün kapladığı alan (m<sup>2</sup>/10 kg) kullanılarak tesisin çalışma kapasitesi hesaplanabilmektedir. Görüldüğü gibi burada da meyvelerin fiziksel özelliklerinden yararlanılmaktadır.

Bilindiği gibi meyvelerin sınıflandırılmasında birçok parametre kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak şekil özellikleri, boyut özellikleri, kütle, hacim, yoğunluk, sertlik, meyve yüzeyindeki kusurlar, renk vb. gibi özellikler gösterilebilir. Çizelge 4.2'de Washington Navel portakal çeşidinin fiziksel özelliklerine ilişkin korelasyon katsayıları verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi birçok özellik arasında yüksek derecede ilişki bulunmaktadır. Ayrıca, fiziksel özellikler arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak %1 ( $P<0.01$ ) seviyesinde önemli bulunmuştur. Çukurova bölgesinde bulunan narenciye sınıflandırma ve paketleme tesislerinde mekanik ve elektronik olmak üzere iki farklı sınıflandırma yöntemi kullanılmaktadır. Özellikle elektronik yöntemle göre sınıflandırma yapan paketleme tesislerinde boyut ve şekil özelliklerine göre sınıflandırma işlemi çoğunluktadır. Boyut ve şekil özelliklerine göre sınıflandırma işlemleri CCD (A charge coupled device) renkli kameraların kullanımı ile gerçekleştirilmektedir. Genellikle her meyvenin çoklu alınan dijital görüntülerinden ortalama boyutların ölçümü yardımıyla meyveler büyüklüğüne göre sınıflandırılabilir.

Çizelge 4.2. Fiziksel Özelliklere İlişkin Korelasyon Katsayıları (R)

	m	L	W	T	D <sub>a</sub>	D <sub>g</sub>	φ
m	1 <sup>a</sup>	.751**	.927**	.937**	.915**	.915**	.091
L		1	.796**	.782**	.915**	.914**	-.516**
W			1	.971**	.968**	.969**	.095
T				1	.962**	.962**	.119
D <sub>a</sub>					1	1.000**	-.127
D <sub>g</sub>						1	-.125
φ							1
	S	H <sub>H</sub>	PA <sub>L</sub>	PA <sub>W</sub>	PA <sub>T</sub>	PA <sub>ORT</sub>	
m	.915**	.913**	.859**	.860**	.916**	.922**	
L	.906**	.896**	.762**	.752**	.735**	.785**	
W	.971**	.971**	.848**	.816**	.900**	.896**	
T	.966**	.968**	.820**	.824**	.897**	.889**	
D <sub>a</sub>	.999**	.996**	.853**	.839**	.886**	.901**	
D <sub>g</sub>	.999**	.996**	.853**	.839**	.887**	.901**	
φ	-.108	-.090	-.054	-.075	.067	-.021	
S	1	.999**	.849**	.847**	.889**	.903**	
H <sub>H</sub>		1	.843**	.852**	.889**	.90**	
PA <sub>L</sub>			1	.827**	.883**	.944**	
PA <sub>W</sub>				1	.883**	.950**	
PA <sub>T</sub>					1	.968**	
PA <sub>ORT</sub>						1	

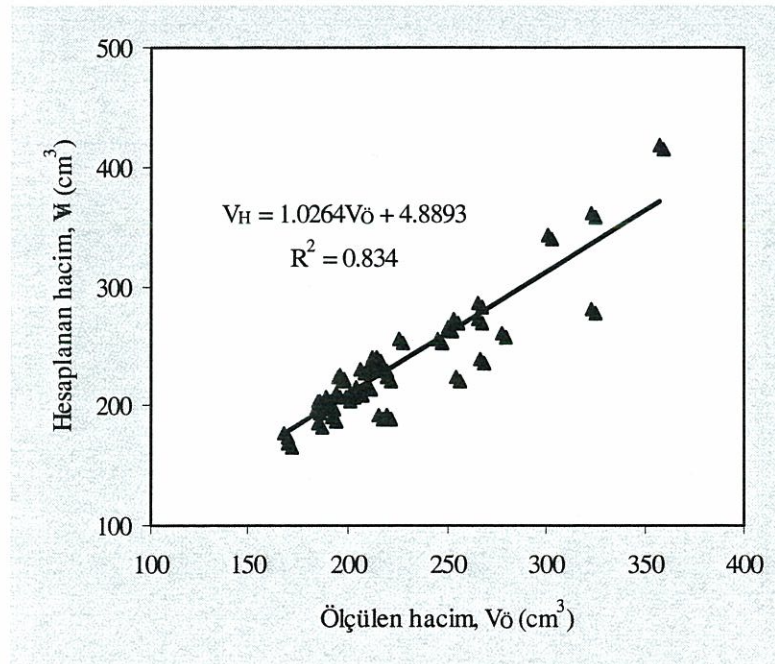
\*\* Korelasyon istatistiksel olarak %1 ( $P<0.01$ ) seviyesinde önemli.

<sup>a</sup> Korelasyon katsayısı (R)

Şekil özelliğine göre sınıflandırma işlemlerinde ise her meyvenin alınmış olan çoklu görüntüleri ile en uzun eksen (uzunluk) ve genişlik eksen arasındaki oran kullanılmaktadır. Böylece en-boy oranı olarak da adlandırılan bu parametre yardımıyla meyveler şekil özelliklerine göre sınıflandırılabilir. Örneğin, (genişlik/uzunluk)x100 ilişkisinde oran 1 olduğunda tam küre 0'a yaklaştığında ise elipsoidal bir şekil aldığı ifade edilmektedir.

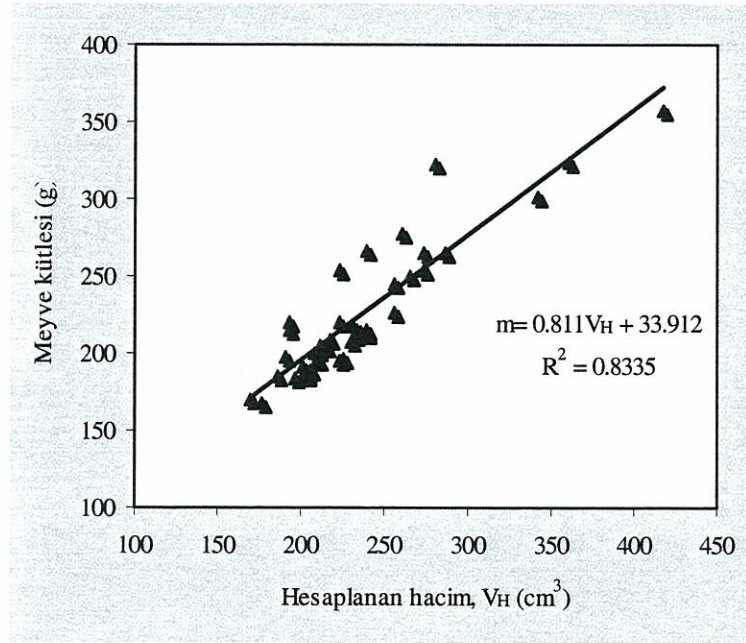
Narenciye paketleme tesislerinde kullanılabilir olan sınıflandırma parametrelerinden biri de meyvenin yoğunluğudur. Kalite ölçütü olarak ta kullanılan yoğunluk değerleri özellikle dondan zarar görmüş narenciyelerin diğerlerinden ayrılmasında önemli olmaktadır. Bu tür ölçümleri gerçekleştiren sınıflandırma sistemlerinde hassas olarak meyve çapının ölçümü yapılmakta ve ayrıca yük hücreleri (load cell) yardımıyla her meyvenin kütlesi hassas bir şekilde ölçülmektedir. Böylece, kütle/hacim ilişkisinden her meyvenin yoğunluğu hesaplanarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Çizelge 4.2'deki fiziksel özellikler arasındaki korelasyonlar da bu anlamda önemli olmaktadır.

Şekil 4.1'de ölçülen ve hesaplanan meyve hacimleri arasındaki ilişki görülmektedir. Meyve hacimleri arasındaki ilişki doğrusal olup, 0.834'lük iyilik derecesi ( $R^2$ ) ile yüksek çıkmıştır. Özellikle teorik yoldan eşitlikler kullanarak hesaplanan hacim değerinin yer değiştiren su miktarına göre ölçülen hacim değeriyle ilişkisinin yüksek çıkması paketleme tesislerinde yoğunluğa göre sınıflandırma yapan sistemler için önemlidir. Çünkü yoğunluk hesaplamalarında her bir meyvenin kütlesi paketleme hatları üzerinde bulunan yük hücreleri yardımıyla yapılmasına karşın hacim hesaplamaları meyve çapından gidilerek teorik olarak gerçekleştirilmektedir. Hesaplanan meyve hacminin yüksek oranda ölçülen hacimle istatistiksel olarak ilişkili olması bu anlamda önemlidir. Washington Navel çeşidi portakalların ölçülen ve hesaplanan meyve hacimleri arasındaki ilişki Vursavuş ve Özgüven (2008) adlı araştırmacılar tarafından da incelenmiş ve bu ilişkinin 0.85'lik iyilik derecesine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Miller (1987) adlı araştırmacı Florida da yetiştirilen Pineapple ve Valencia portakalları kullanarak yapmış olduğu ölçümlerde hesaplanmış meyve hacmi ile ölçülen meyve hacmi arasındaki ilişkinin 0.995'lik iyilik derecesi ile çok daha yüksek olduğunu belirlemiştir.

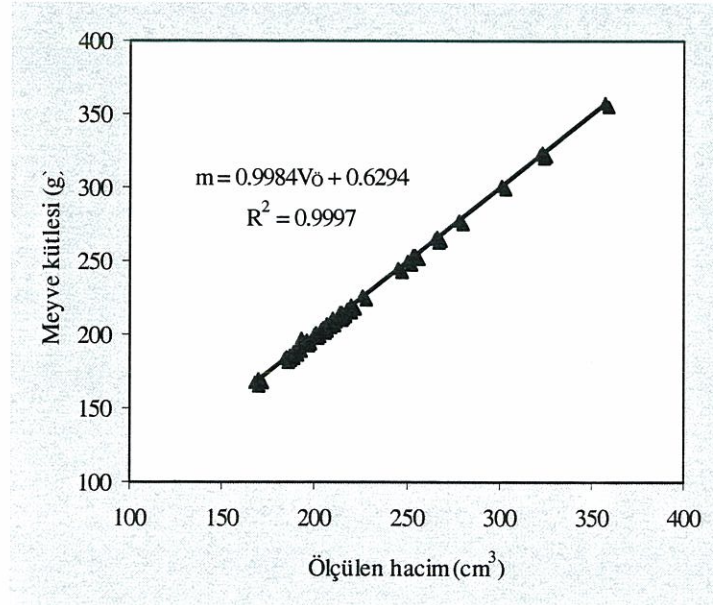


Şekil 4.1. Ölçülen meyve hacmi ile hesaplanan hacim arasındaki ilişki

Şekil 4.2 ve 4.3’de sırasıyla hesaplanan ve ölçülen meyve hacmi ile meyve kütlesi arasındaki ilişki verilmiştir. Hesaplanan meyve hacmi ile meyve kütlesi arasındaki ilişki 0.8335’lik iyilik derecesine sahip iken ölçülen meyve hacmi ile meyve kütlesi arasındaki ilişki 0.9997’lik iyilik derecesi ile oldukça önemli bulunmuştur. Pearson korelasyon matrisi yöntemi sonuçları da bu durumu desteklemektedir (Çizelge 4.2). Singh ve ark. (2004) adlı araştırmacılar portakal ve tatlı limon için meyve kütlesi ve meyve hacmi arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunu belirlemişlerdir. Bu araştırmacıların yapmış olduğu istatistiksel değerlendirmelere göre ise portakal ve tatlı limon da kütle-hacim ilişkisinin sırasıyla 0.91 ve 0.98’lik iyilik derecesine ( $R^2$ ) sahip olduğu belirlenmiştir. Bu yönüyle sonuçlar çalışmada elde edilen sonuçları destekler niteliktedir.



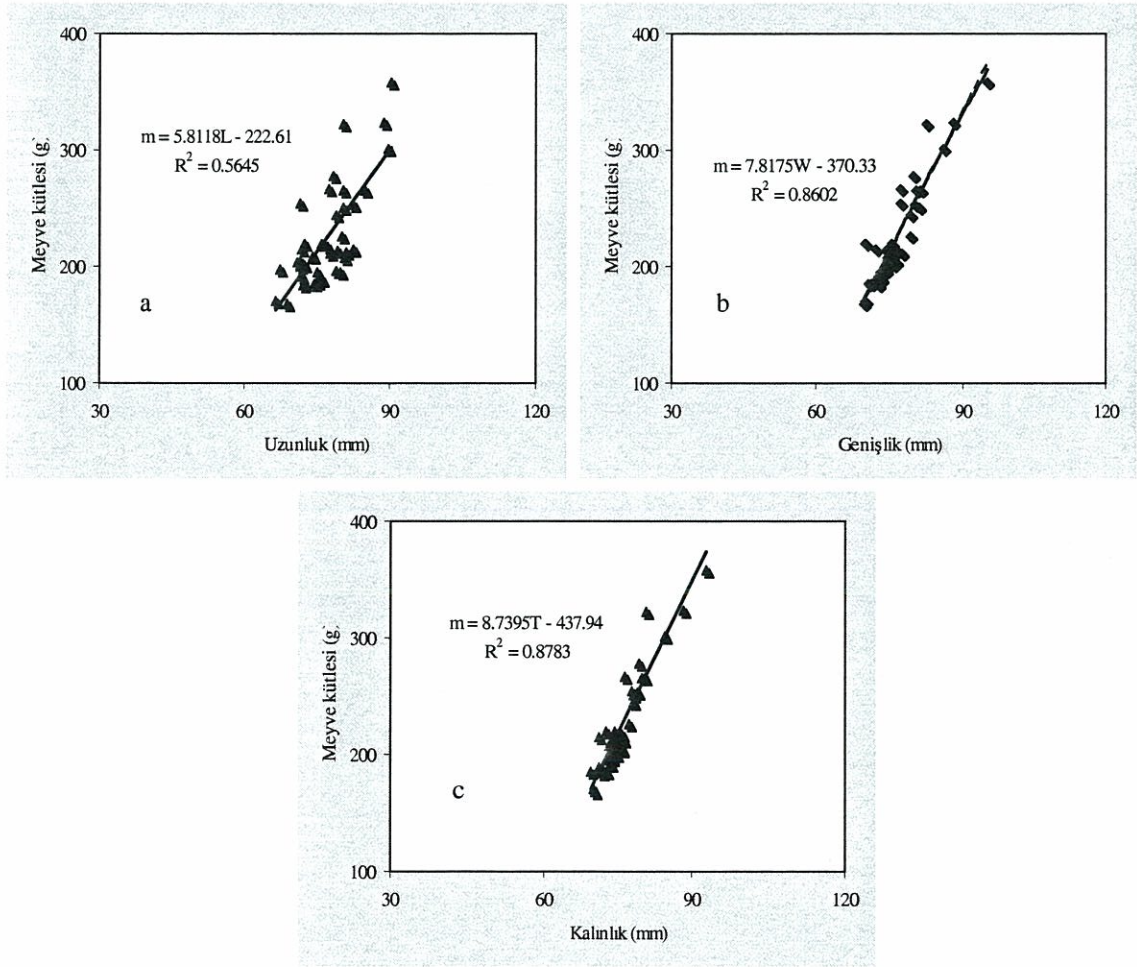
Şekil 4.2. Meyve hacmi ile meyve kütlesi arasındaki ilişki



Şekil 4.3. Ölçülen meyve hacmi ile meyve kütlesi arasındaki ilişki

Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi, meyve kütlesi ile kalınlık boyutu arasındaki ilişki 0.937’lik korelasyon katsayısı (R) ile en yüksek değerdedir (Şekil 4.4 c). Bu ilişki, meyve kütlesi-uzunluk arasında 0.751 ve meyve kütlesi-genişlik arasında 0.927 olarak bulunmuştur (Şekil 4.4 a-b). Sharifi ve ark. (2007) adlı araştırmacılar Tompson çeşidi portakalların meyve kütlesi tahmininde genişlik değişkeninin kullanılabilceğini belirlemiştir. Bu araştırmacılar meyve kütlesi – genişlik arasındaki ilişkinin doğrusal olması durumunda kütle tahmin yeteneğini 0.989’luk iyilik derecesinde olduğunu belirlemiştir. Meyve kütlesi ile boyutlar arasındaki ilişki çoklu olarak incelenecek olursa, çoklu doğrusal regresyon analizi sonucuna göre meyve kütlesi ile uzunluk, genişlik ve kalınlık arasındaki ilişkinin 0.884’lük bir iyilik derecesine sahip olduğu istatistiksel olarak belirlenmiştir. Eşitlik 4.1’de çoklu doğrusal regresyon yöntemiyle belirlenmiş olan matematiksel model eşitlik görülmektedir.

$$m = -425.539 + 0.146L + 2.480W + 5.938T \quad (R^2 = 0.884) \quad (4.1)$$

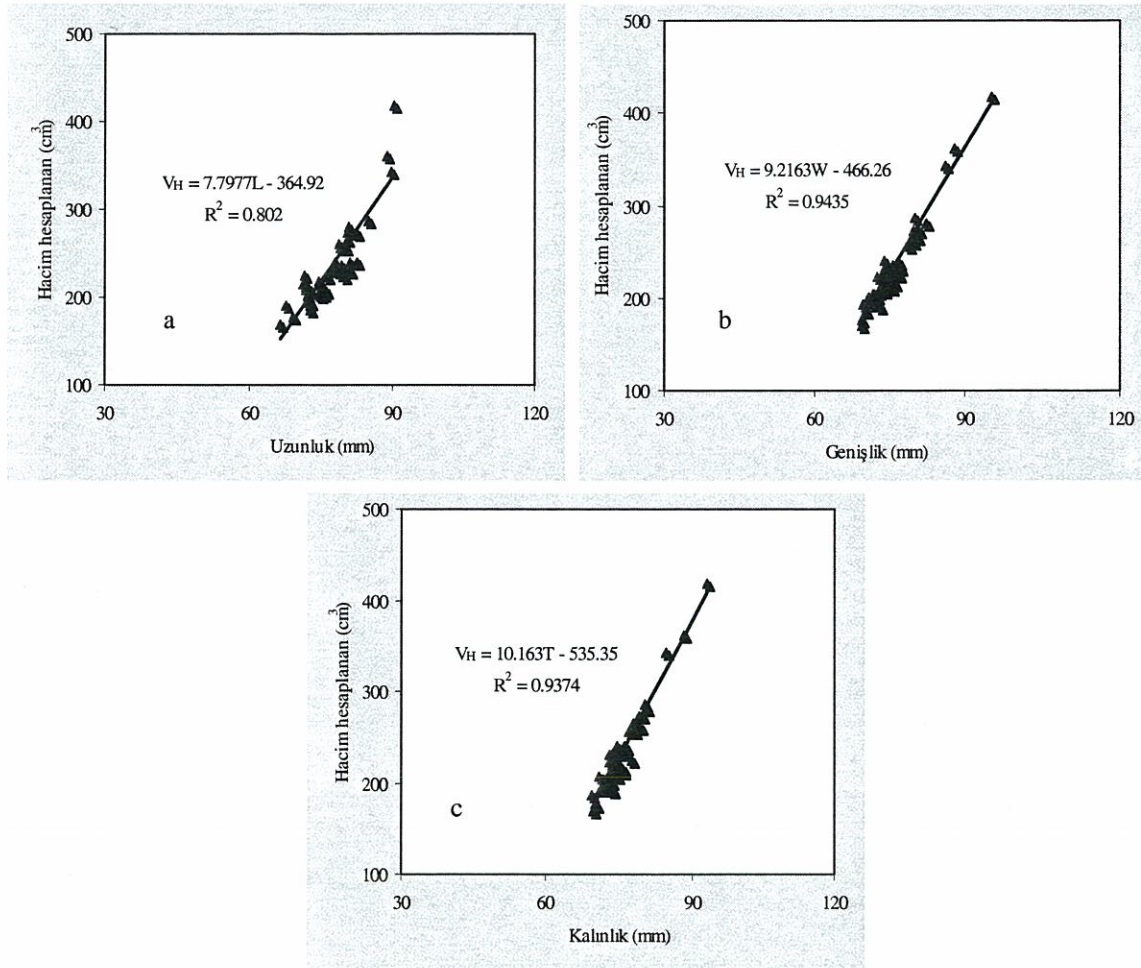


Şekil 4.4. Meyve kütlesi ile boyutlar arasındaki ilişki

Meyve hacmi ile boyutlar arasındaki ilişkiler incelendiğinde,  $R^2$  (0.9435) iyilik derecesinin en yüksek olduğu ilişkinin meyve genişliği-hesaplanan meyve hacmi arasında olduğu görülebilmektedir. Ayrıca, meyve hacmi ile meyve boyutları arasındaki ilişkilerin uzunluk-hacim için 0.802 ve kalınlık-hacim için ise 0.9374’lük iyilik derecelerinde ( $R^2$ ) olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5). Meyve hacmi ile boyutlar arasındaki ilişki çoklu olarak

incelenecek olursa, çoklu doğrusal regresyon analizi sonucuna göre hesaplanan meyve hacmi ile portakalın üç boyutu arasındaki ilişkinin 0.993'lük iyilik derecesine sahip olduğu belirlenmiştir. Çoklu doğrusal regresyon analizi yöntemiyle belirlenmiş olan matematiksel model eşitlik 4.2'de verilmiştir.

$$V_H = -533.693 + 2.819L + 3.203W + 4.064T \quad (R^2 = 0.993) \quad (4.2)$$

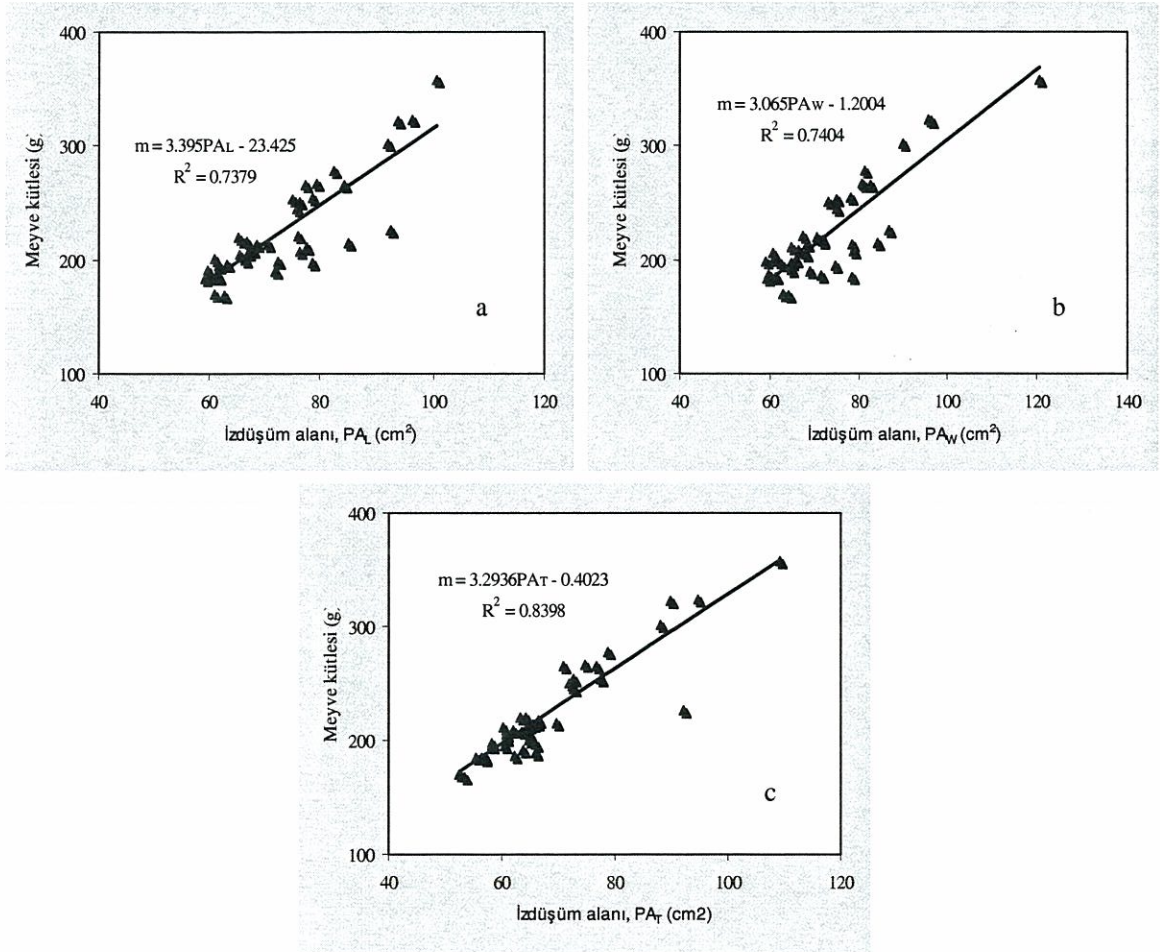


Şekil 4.5. Meyve hacmi ile boyutlar arasındaki ilişki

Şekil 4.4 ve 4.5 ile eşitlik 4.1 ve eşitlik 4.2 incelendiğinde, yüksek  $R^2$  iyilik derecelerine sahip olmalarından dolayı portakalların boyut özellikleri kullanılarak meyve kütlesi ve meyve hacmi tahmininde, meyve kütlesi yerine meyve hacmini tahmin edecek eşitliklerin kullanılmasının daha uygun olduğu görülebilmektedir. Portakalların sınıflandırılmasında meyve hacmi parametresi kullanımı söz konusu olduğu durumlarda ise üç boyutunda dikkate alınması halinde çok daha yüksek oranda meyvelerin hacim özelliklerine göre sınıflandırılabilir. Burada meyve paketlenme ve sınıflandırma tesisine getireceği ek maliyet üç adet kamera kullanımı olarak açıklanabilir. Her kameranın bir boyutu ölçtüğü dikkate alındığında Eşitlik 4.2'de yer alan üç boyut parametresinin ölçülmesi ancak üçlü kamera sisteminin kullanımı ile mümkündür.

Portakalların izdüşümü alanlarının belirlenmesinde görüntü işleme yöntemi kullanılmıştır. Meyve paketlenme tesislerinde sınıflandırma işlemleri için kamera kullanıldığı ve hattan geçen meyvelerin görüntülerinin alındığı ve bunların işlendiği dikkate alındığında meyvelerin izdüşümü alanlarının da pratikte sınıflandırma için kullanılabilir bir parametre olduğu söylenebilir.

Meyve kütlesi ile meyve izdüşümü alanları arasındaki ilişkiler uzunluk, genişlik ve kalınlık boyutları için Şekil 4.6'da verilmiştir. Uzunluk eksenini boyunca ( $PA_L$ ) ölçülen portakal izdüşümü alanlarının kütle tahmininde kullanılması durumunda ilişkinin 0.7379'luk iyilik derecesine sahip olduğu istatistiksel olarak belirlenmiştir. Kütle-izdüşümü alanı arasındaki ilişkinin genişlik ve kalınlık eksenini boyunca ( $PA_W$  ve  $PA_T$ ) sırasıyla 0.7404 ve 0.8398'lik iyilik derecesine ( $R^2$ ) sahip olduğu belirlenmiştir. İzdüşümü alanına dayalı meyve kütlesi tahmininde portakalların izdüşümü alanlarının yüksek iyilik derecesine sahip olmasından dolayı kalınlık eksenini boyunca ölçülmesinin sınıflandırma başarısı açısından en iyi sonucu verebileceği söylenebilir.



Şekil 4.6. Meyve kütlesi ile meyve izdüşümü alanları arasındaki ilişki

Sharifi ve ark. (2007) adlı araştırmacılar portakal ile yapmış oldukları denemelerinde uzunluk, genişlik ve kalınlık eksenleri boyunca meyve izdüşümü alanları ile kütleleri arasındaki ilişkilerin üçüncü dereceden polinomial olduğunu istatistiksel olarak belirlemişlerdir. Sonuçlar arasındaki bu farklılıklar farklı çeşitlerin kullanılması ve buna

bağlı boyutsal ve şekil özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklanabilir. Portakal kütlesi ile izdüşümü alanları arasındaki ilişki çoklu olarak incelenecek olursa, çoklu doğrusal regresyon analizi sonucuna göre hesaplanan meyve kütlesi ile portakalın üç boyuta ait izdüşümü alanları arasındaki ilişkinin 0.859'luk iyilik derecesine sahip olduğu belirlenmiştir. Çoklu doğrusal regresyon analizi yöntemiyle belirlenmiş olan matematiksel model, eşitlik 4.3'de verilmiştir.

$$m = -22.402 + 0.725PA_L + 0.689PA_W + 2.097PA_T \quad (R^2 = 0.859) \quad (4.3)$$

Meyve hacmi ile meyve izdüşümü alanları arasındaki ilişki Şekil 4.7'de verilmiştir. Portakalların izdüşümü alanlarındaki artış ile üç eksen boyunca da meyve hacimlerinde artış meydana gelmiştir. Uzunluk, genişlik ve kalınlık eksenleri boyunca ölçülen izdüşümü alanları içerisinde portakalların hacmi ile ilişkisi en yüksek olan izdüşümü alanı kalınlık boyunca yapılan ( $PA_T$ ) ölçümlerdir. Şekil 4.7'den meyve hacmi-izdüşümü alanı arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu ve iyilik derecesi ( $R^2$ ) ise 0.791 olduğu bulunmuştur. Portakal hacmi ile izdüşümü alanları arasındaki ilişki çoklu olarak incelenecek olursa, çoklu doğrusal regresyon analizi sonucuna göre hesaplanan meyve hacmi ile portakalın üç boyuta ait izdüşümü alanları arasındaki ilişkinin 0.820'lik iyilik derecesine sahip olduğu belirlenmiştir. Çoklu doğrusal regresyon analizi yöntemiyle belirlenmiş olan matematiksel model eşitlik 4.4'de verilmiştir. Khanali ve ark. (2007) adlı araştırmacılar da çoklu doğrusal regresyon analizi yöntemi kullanarak yapmış oldukları istatistiksel değerlendirmelerinde hacim-izdüşümü alanları arasında benzer ilişkiler elde etmişlerdir.

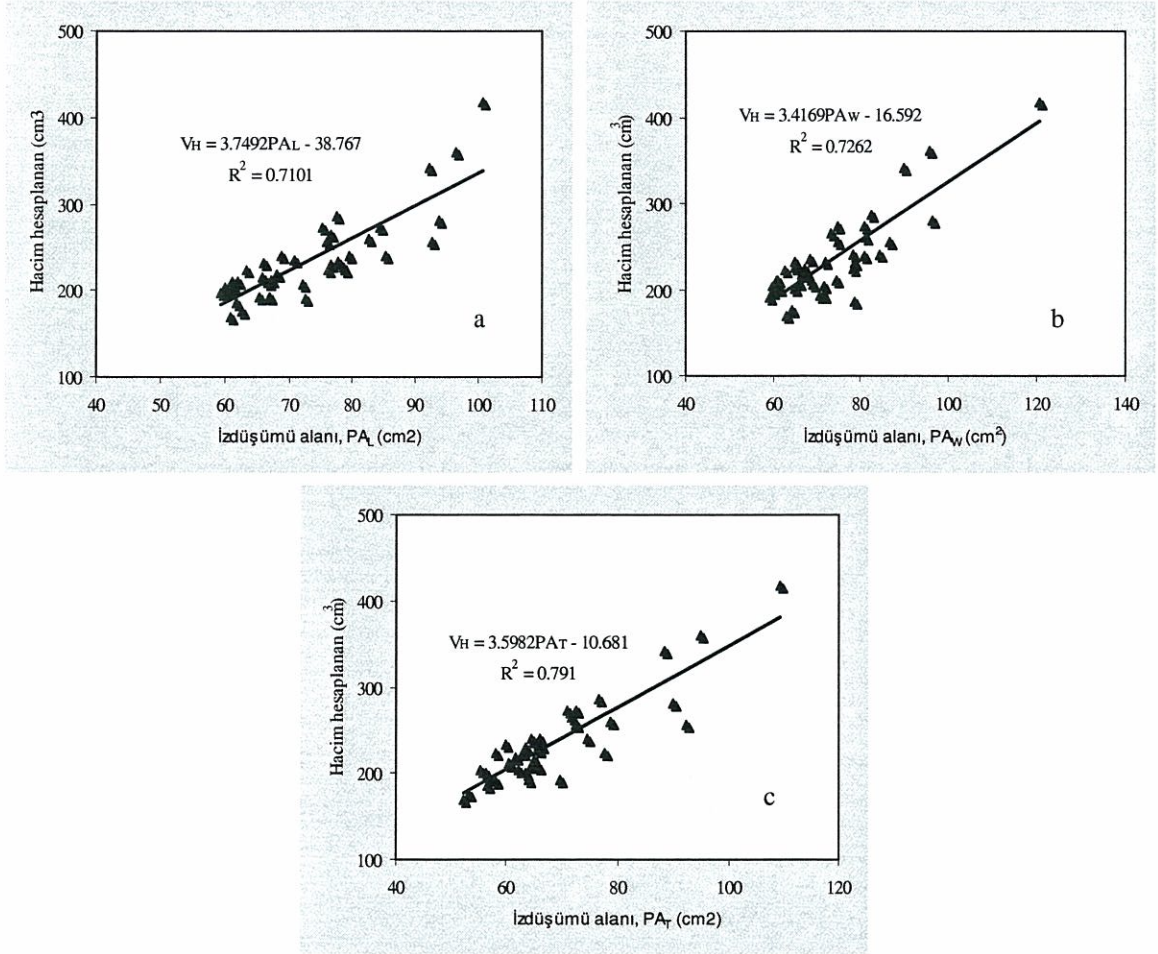
$$V_H = -40.496 + 0.907PA_L + 1.041PA_W + 1.942PA_T \quad (R^2 = 0.820) \quad (4.4)$$

Portakal kütlesi ve hacmi ile izdüşümü alanları arasındaki ilişkiler dikkate alındığında ise izdüşümü alanları kullanılarak kütle tahmininin yüksek iyilik derecelerine ( $R^2$ ) sahip olmalarından dolayı daha uygun olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

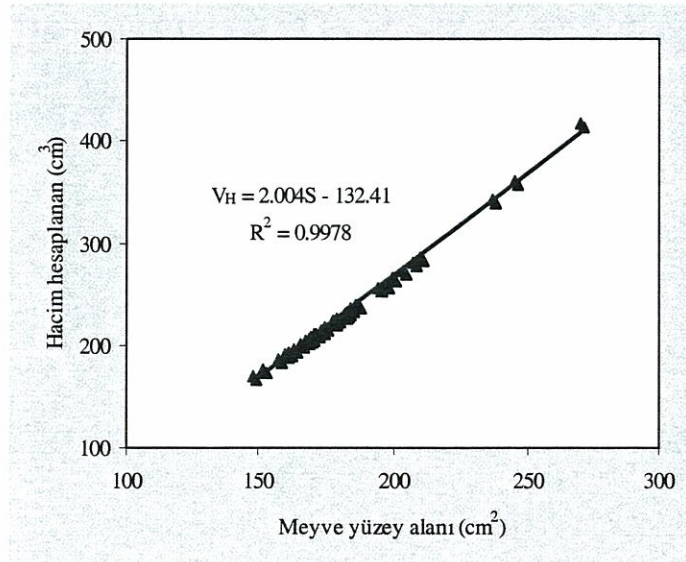
Meyve yüzey alanı ölçümü hasat sonrası kurutma, sınıflandırma, paketleme vb. işlemlerin birçok aşamasında kullanılmaktadır. Yüzey alanlarının portakalların boyutsal özelliklerine bağlı değiştiği dikkate alındığında portakal kütlesi ve hacim ile olan ilişkisinin de araştırılması gerekmektedir. Portakalların yüzey alanlarındaki artış ile hacimlerinde de artış meydana gelmektedir. Dolayısıyla portakal yüzey alanı-hacim ilişkisi kullanılarak portakallar sınıflandırılabilir.

Şekil 4.8'de portakal hacmi ile yüzey alanı arasındaki ilişki görülmektedir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre aralarındaki ilişkilerin doğrusal olduğu ve yüksek iyilik derecesine sahip olduğu belirlenmiştir ( $R^2=0.9978$ ).

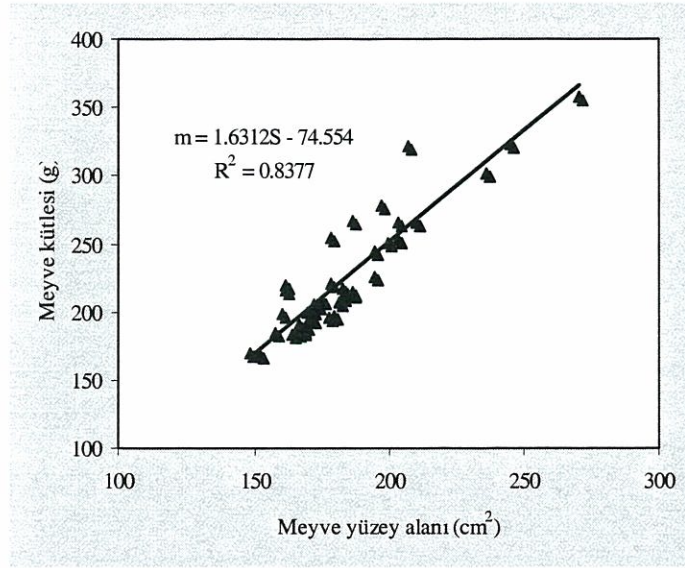
Portakal kütlelerini sınıflandırma kriteri olarak seçtiğimizde ve yüzey alanı parametresini kullandığımızda %83.77'lik bir tahmin ile portakalların kütlelerine göre sınıflandırılacağı sonucu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.9). Portakal yüzey alanının değişken olarak seçilmesi durumunda portakalların %99.78'lik bir tahminle hacmine göre sınıflandırılabilceği ve kütle tahminiyle (%83.77) kıyaslandığında hacme göre sınıflandırmanın daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.7. Meyve hacmi ile meyve izdüşümü alanları arasındaki ilişki



Şekil 4.8. Portakal hacmi ile yüzey alanı arasındaki ilişki



Şekil 4.9. Portakal kütlesi ile meyve yüzey alanı arasındaki ilişki

#### 4.2. Sürtünme Özelliklerine İlişkin Sonuçlar

Kontrollü değişken parametrelerinden olan sürtünme yüzeyi (SY) ve kayma hızının (KH) statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerindeki etkilerini ortaya koyacak genel varyans analizi sonuçları belirlenmiş ve Çizelge 4.3’de verilmiştir. Ayrıca SPSS istatistik paket programı çıktısı olarak alınan varyans analizi tablosu da Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.10’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Statik ve dinamik sürtünme katsayısına ilişkin genel varyans analizi sonuçları

FAKTÖR	ÖNEM DURUMU	
	COF <sub>S</sub>	COF <sub>D</sub>
SY Faktörü	**	*
KH Faktörü	**	ns
SYxKH	*	ns

SY: Sürtünme yüzeyi, KH: Kayma hızı; COF<sub>S</sub>: Statik sürtünme katsayısı  
COF<sub>D</sub>: Dinamik sürtünme katsayısı; \* %5 önem düzeyinde etkili  
\*\* %1 önem düzeyinde etkili

Çizelge 4.3, 4.4 ve 4.10’de görüldüğü gibi, ana faktörlerin tek ve etkileşimler ile %1 ( $P<0.01$ ) ve %5 ( $P<0.05$ ) önem seviyesinde istatistiksel anlamda statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerinde etkili olduğu veya hiçbir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bundan dolayı genel varyans analizi sonuçlarına göre, çalışmada ele alınan faktörlerin ve bunların etkileşimlerinin %1 ve %5 önem seviyesinde istatistiksel anlamda etkili olduğu durumlar için şekiller oluşturulmuştur, etkisiz olan durumlar için ise sadece sonuçlarına ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır.

Çizelge 4.4. Statik sürtünme katsayısına ilişkin varyans analizi (ANOVA) tablosu

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Olasılık
SY Faktörü	4	1.943	0.486	11.619	0.000
KH Faktörü	4	0.704	0.176	4.212	0.005
SYxKH	16	1.443	0.090	2.157	0.020
Hata	50	2.090	0.042		
Toplam	74	6.180			

SY: Sürtünme yüzeyi, KH: Kayma hızı

Çalışmada oluklu mukavva, plastik, galvaniz levha, ahşap levha ve alüminyum sac olmak üzere beş farklı sürtünme yüzeyi ve 25, 50, 100, 250 ve 500 mm/min’lık beş farklı kayma hızının statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sürtünme yüzeyi (SY) ve kayma hızının (KH) statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan varyans analizi sonucuna göre, sürtünme yüzeyi, kayma hızı ve sürtünme yüzeyi x kayma hızı etkileşiminin %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak etkili olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.5 ve 4.8’da statik sürtünme katsayısı ile ilgili olarak sürtünme yüzeyi ve kayma hızına ilişkin ortalama farklılıkların önem durumunu gösteren çoklu karşılaştırma testi sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.5. Sürtünme yüzeyine ilişkin ortalama farklılıkların önem durumunu gösteren çoklu karşılaştırma testi sonuçları (statik sürtünme katsayısı)

	(I) Yüzey	(J) Yüzey	Ortalama Farklılıkları (I - J)	Önem durumu	%95 Önem aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
LSD	SY1	SY2	-0.1315	0.084	-0.2815	0.0185
		SY3	-0.2493(*)	<b>0.002</b>	-0.3993	-0.0994
		SY4	-0.1715(*)	<b>0.026</b>	-0.3215	-0.0215
		SY5	-0.4862(*)	<b>0.000</b>	-0.6361	-0.3362
	SY2	SY1	0.1315	0.084	-0.0185	0.2815
		SY3	- 0.1178	0.121	-0.2678	0.0321
		SY4	- 0.0400	0.595	-0.1900	0.1100
		SY5	- 0.3547(*)	<b>0.000</b>	-0.5046	-0.2047
	SY3	SY1	0.2493(*)	<b>0.002</b>	0.0994	0.3993
		SY2	0.1178	0.121	-0.0321	0.2678
		SY4	0.0778	0.302	-0.0721	0.2278
		SY5	-0.2368(*)	0.003	-0.3868	-0.0869
	SY4	SY1	0.1715(*)	<b>0.026</b>	0.0215	0.3215
		SY2	0.0400	0.595	-0.1100	0.1900
		SY3	-0.0778	0.302	-0.2278	0.0721
		SY5	-0.3147(*)	<b>0.000</b>	-0.4646	-0.1647
	SY5	SY1	0.4862(*)	<b>0.000</b>	0.3362	0.6361
		SY2	0.3547(*)	<b>0.000</b>	0.2047	0.5046
		SY3	0.2368(*)	<b>0.003</b>	0.0869	0.3868
		SY4	0.3147(*)	<b>0.000</b>	0.1647	0.4646

Ortalama farklılıkları %5 seviyesinde önemli ( $P < 0.05$ ); SY1= Oluklu mukavva; SY2= Plastik; SY3= Galvaniz levha; SY4= Ahşap levha; SY5= Alüminyum Sac.

Sürtünme yüzeyinin statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin yapılan DUNCAN çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Yapılan değerlendirme sonuçlarına göre statik sürtünme katsayıları oluklu mukavva, plastik, galvaniz levha, ahşap levha ve alüminyum sac yüzeyler için sırasıyla 0.2403, 0.3718, 0.4897, 0.4118 ve 0.7265 olarak ölçülmüştür. Ayrıca istatistiksel olarak değerlendirildiğinde galvaniz levha ve ahşap levhanın aynı gruplar içerisinde yer aldığı ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı yapılan DUNCAN çoklu karşılaştırma testi sonuçlarından belirlenmiştir. Bir cisme bir kuvvet uygulandığında bu kuvvete zıt yönde cismin temas ettiği yüzey ile cisim arasında bir kuvvet oluşur. Bu kuvvete "sürtünme kuvveti" adı verilmektedir. Bir portakal kütesine, bir kuvvet uygulandığında, kütle ile yüzey arasındaki sürtünme kuvveti yenilene kadar kütle herhangi bir harekette bulunmaz. İşte bu hareketsiz yüzeyler arasında meydana gelen sürtünme kuvveti "statik sürtünme kuvveti" adını almaktadır. Bu durumda değerlendirme yapıldığında, kutu içerisinde bulunan portakal kütesi ile sürtünme yüzeyi arasındaki kuvvetin yenilmesi en uzun alüminyum sacda meydana gelmiştir. Sürtünme katsayısının yüksek değerde çıkması da bunun göstergesidir. Singh ve ark. (2004) adlı araştırmacılar portakal ile yapmış oldukları sürtünme denemelerinde statik sürtünme katsayılarını alüminyum, galvaniz levha ve kontrplak sürtünme yüzeyleri için sırasıyla 0.27, 0.36 ve 0.28 olarak ölçmüşlerdir. Statik sürtünme katsayısı üzerinde sürtünme yüzeylerinin önemli

etkiye sahip olduğunu göstermesi açısından Singh ve ark. (2004) adlı araştırmacılar tarafından ortaya konan sonuçlar elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Ancak, aynı sürtünme yüzeyine sahip olmasına karşın farklı katsayı değerlerinin elde edilmesi ölçüm yöntemlerindeki farklılıklar, denemelerde kullanılan çeşitlerin fiziko-mekanik özellikleri ve yüzeylerin kalınlığı ve sertlik değerleri sonuçlar üzerinde etkili olabilmektedir. Çizelge 4.6 de görüldüğü gibi en yüksek sürtünme katsayısı değerine alüminyum yüzeyde ulaşılmıştır. Denemeler sırasında alüminyum yüzey tabaka kalınlığının ince olması ve sürtünme temas noktalarında oluşan şekil değişimleri (deformasyonlar) ile sürtünme yüzeyinin tam olarak pürüzsüz olmaması statik sürtünme katsayısının yüksek çıkmasına neden olmuş olabilir.

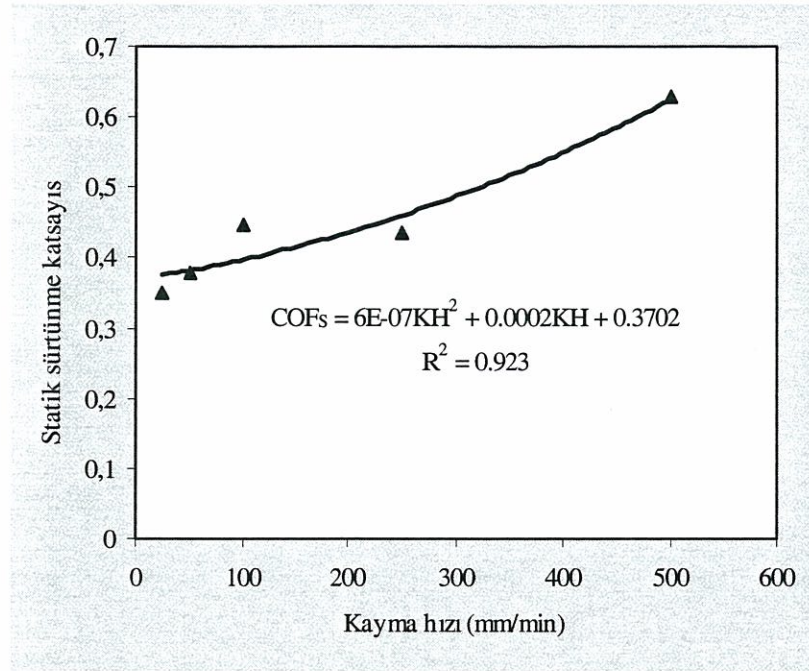
Çizelge 4.6. Sürtünme yüzeyinin statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Sürtünme Yüzeyi	COF <sub>s</sub>	
SY1	0.2403	A
SY2	0.3718	AB
SY3	0.4897	B
SY4	0.4118	B
SY5	0.7265	C

Kayma hızının statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin yapılan DUNCAN çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre ise 25, 50, 100 ve 250 mm/min'lik çeki hızlarının aynı gruplar içerisinde yer aldığı 500 mm/min'lik kayma hızının ise farklı grupta bulunduğu yapılan istatistiksel analiz sonucunda belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Ayrıca, kayma hızına ilişkin statik sürtünme katsayılarının ortalama farklılıkların önem durumunu gösteren çoklu karşılaştırma testi sonuçları da Çizelge 4.8'da verilmiştir. Genelde kayma hızındaki artış statik sürtünme katsayısında artışa neden olmuştur. Şekil 4.10'da kayma hızının statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin sonuçlar görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi en yüksek statik sürtünme katsayısı değeri 500 mm/min'lik kayma hızında elde edilmiştir. Ayrıca kayma hızı ile statik sürtünme katsayısı arasındaki ilişkinin ikinci dereceden polinomial olduğu belirlenmiştir. Kayma hızı ile statik sürtünme katsayısı arasındaki ilişkinin değişim katsayısı ( $R^2$ ) da 0.923 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. Kayma hızının statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kayma hızı	COF <sub>s</sub>	
KH1	0.3513	A
KH2	0.3792	A
KH3	0.4458	A
KH4	0.4350	A
KH5	0.6288	B



Şekil 4.10. Kayma hızının statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisi

Çizelge 4.8. Kayma hızına ilişkin ortalama farklılıkların önem durumunu gösteren çoklu karşılaştırma testi sonuçları (statik sürtünme katsayısı)

	(I)	(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Önem durumu	%95 Önem Aralığı	
						Alt sınır	Üst sınır
						Hız	Hız
LSD	KH1	KH2	-.0278	.07466	.711	-.1778	.1221
		KH3	-.0945	.07466	.211	-.2445	.0555
		KH4	-.0837	.07466	.268	-.2336	.0663
		KH5	<b>-.2775(*)</b>	.07466	<b>.001</b>	-.4275	-.1275
	KH2	KH1	.0278	.07466	.711	-.1221	.1778
		KH3	-.0667	.07466	.376	-.2166	.0833
		KH4	-.0558	.07466	.458	-.2058	.0941
		KH5	<b>-.2497(*)</b>	.07466	<b>.002</b>	-.3996	-.0997
	KH3	KH1	.0945	.07466	.211	-.0555	.2445
		KH2	.0667	.07466	.376	-.0833	.2166
		KH4	.0108	.07466	.885	-.1391	.1608
		KH5	<b>-.1830(*)</b>	.07466	<b>.018</b>	-.3330	-.0330
	KH4	KH1	.0837	.07466	.268	-.0663	.2336
		KH2	.0558	.07466	.458	-.0941	.2058
		KH3	-.0108	.07466	.885	-.1608	.1391
		KH5	<b>-.1938(*)</b>	.07466	<b>.012</b>	-.3438	-.0439
	KH5	KH1	<b>.2775(*)</b>	.07466	<b>.001</b>	.1275	.4275
		KH2	<b>.2497(*)</b>	.07466	<b>.002</b>	.0997	.3996
		KH3	<b>.1830(*)</b>	.07466	<b>.018</b>	.0330	.3330
		KH4	<b>.1938(*)</b>	.07466	<b>.012</b>	.0439	.3438

Ortalama farklılıkları %5 seviyesinde önemli (P<0.05); KH1= 25 mm/min; KH2= 50 mm/min; KH3= 100 mm/min; KH4= 250 mm/min; KH5= 500 mm/min.

Sürtünme yüzeyi ile kayma hızı etkileşiminin statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisinin %5 ( $P < 0.05$ ) seviyesinde önemli olduğu yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda belirlenmiştir. Kayma hızının statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin yapılan regresyon analizi sonucuna göre ise ilişkinin ikinci derecede polinomial olduğu belirlenmiştir (Eşitlik 4.5). Ayrıca, denemelerde kullanılan beş yüzey içinde kayma hızı ile statik sürtünme katsayısı arasındaki ilişkiyi ortaya koyacak matematiksel eşitliğe ait regresyon katsayıları ve  $R^2$  belirtme katsayıları Çizelge 4.9’de verilmiştir.

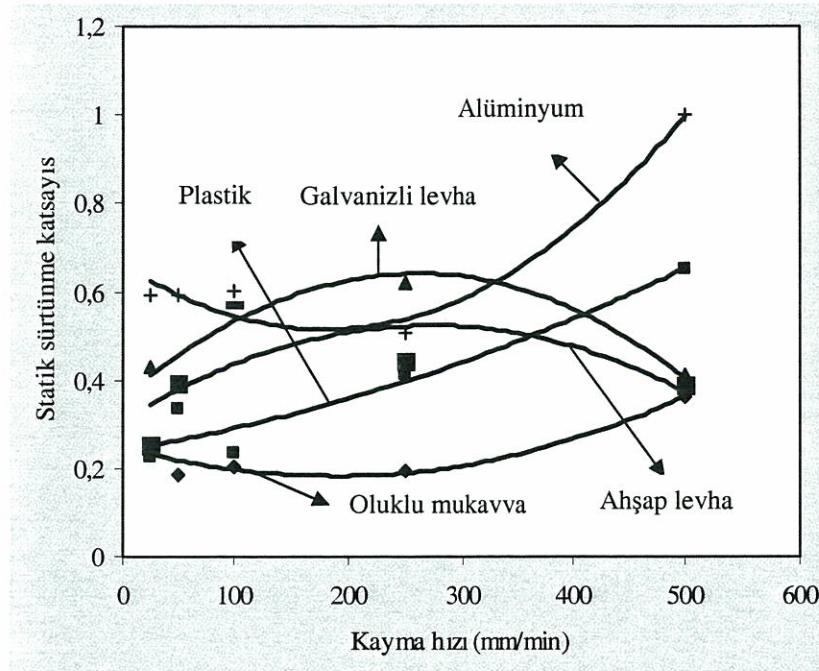
$$COF_s = aKH^2 + bKH + c \quad (4.5)$$

Burada:  $COF_s$  Statik sürtünme katsayısı; a, b ve c regresyon katsayısı; ve KH kayma hızı (mm/min) dir.

Çizelge 4.9. Sürtünme yüzeyi x kayma hızı etkileşiminin statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin regresyon katsayıları

Sürtünme Yüzeyi	Statik Sürtünme Katsayısı	Regresyon katsayısı			
		a	b	c	$R^2$
SY1	$COF_s$	$2 \times 10^{-6}$	0.0007	0.2489	<b>0.9212</b>
SY2	$COF_s$	$8 \times 10^{-7}$	0.0004	0.2417	<b>0.9256</b>
SY3	$COF_s$	$-4 \times 10^{-6}$	0.0022	0.3592	0.7944
SY4	$COF_s$	$3 \times 10^{-6}$	0.0016	0.3075	0.3509
SY5	$COF_s$	$5 \times 10^{-6}$	0.0017	0.6651	<b>0.9623</b>

Şekil 4.11 statik sürtünme katsayısı üzerine kayma hızı ve sürtünme yüzeyinin etkisini göstermektedir. Sürtünme yüzeylerindeki farklılıklar kayma hızının statik sürtünme katsayısı üzerinde değişik şekillerde etkili olmasına neden olmuştur. Örneğin, oluklu mukavva ve plastik sürtünme yüzeylerinde kayma hızındaki artış statik sürtünme katsayısında yükselişe neden olmuştur. Ahşap ve galvanizli levhada ise 25-250 mm/min lık kayma hızı arasında statik sürtünme katsayısı artarken 250-500 mm/min’lık kayma hızında statik sürtünme katsayısında azalma meydana gelmiştir. Alüminyum yüzeyde ise 25 -100 mm/min lık çeki hızlarında statik sürtünme katsayılarında bir değişim gözlenmezken 250 mm/min lık kayma hızında statik sürtünme katsayısı minimum değerine ulaşmış ve daha sonra tüm sürtünme yüzeyleri içerisinde 500 mm/min lık kayma hızında maksimum değerde ölçüm alınmıştır. Yüksek statik sürtünme katsayılarının elde edilmesi sürtünme yüzeylerinin düşük değerlere sahip olan yüzeylerden daha pürüzlü yapıya sahip olduğu şeklinde açıklanabilmektedir. Ayrıca, meyvelerin sürtünme yüzeyleri üzerinde hareketi sırasında sürtünme yüzeylerinde meydana gelen şekil değişimi de (deformasyon) statik sürtünme katsayısında artışa neden olmuş olabilir.



Şekil 4.11. Statik sürtünme katsayısı üzerine kayma hızı ve sürtünme yüzeyinin etkisi

(◆: Oluklu mukavva; ■: Plastik; ■: Ahşap levha; ▲: Galvanizli levha; +: Alüminyum sac)

Puchalski ve ark. (2003) adlı araştırmacılar Gala ve McLemore elma çeşitlerinde genellikle statik sürtünme katsayılarının 0.42mm/s den 1.67 mm/s ye kadar olan kayma hızlarında azaldığını ve daha sonra önemli derecede arttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, Chen ve Squire (1971) adlı araştırmacılar da portakal ile yapmış oldukları denemelerinde düşük kayma hızlarında elde edilen sürtünme katsayısı değerlerinin yüksek kayma hızlarındaki sürtünme katsayılarından daha düşük ölçüldüğünü belirlemişlerdir. Örneğin denemelerde kullanılmış olan oluklu mukavvalarda 25-250 mm/min lik kayma hızlarında statik sürtünme katsayısı değerleri 0.2558-0.1925 arasında ölçülmüş iken bu değer 500 mm/min'lik kayma hızında 0.3617 olarak ölçülmüştür. Plastik sürtünme yüzeyinde 25-100 mm/min'lik çeki hızlarında statik sürtünme katsayıları 0.2275-0.2342 arasında iken 250-500 mm/min arasındaki çeki hızlarında bu değerler 0.4142-0.650 olarak ölçülmüştür. Oluklu mukavva ve plastik sürtünme yüzeyleri için elde edilen statik sürtünme katsayısı ölçüm sonuçları Puchalski ve ark. (2003) ve Chen ve Squire (1971) adlı araştırmacıların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Denemelerde kullanılan portakalların sürtünme yüzeyleri üzerindeki geçişi sırasında materyale ait olan sıvı yağlar ile mum tabakasının sürtünme yüzeyi üzerine geçmesi sürtünme direncinin yükselmesine neden olmaktadır. Özellikle sürtünme yüzeyleri pürüzlü olan materyallerde viskoz tabakanın kalınlığı ve düzgünlüğü sürtünme katsayılarını yükseltmektedir. Yüksek çeki ya da kayma hızlarında temas yüzeylerindeki sıcaklık artmakta, yüzeyler arası temas süresi artışı adhezyona ve yüzeydeki aşınmayı etkilemekte böylece de sürtünme kuvvetleri artmaktadır.

Çizelge 4.10'da dinamik sürtünme katsayısına ilişkin varyans analizi tablosu görülmektedir. Çizelgeden sadece sürtünme yüzeyinin dinamik sürtünme katsayısı üzerinde %5 ( $P < 0.05$ ) önem düzeyinde etkili olduğu görülebilmektedir. Kayma hızı ve sürtünme yüzeyi kayma hızı etkileşiminin dinamik sürtünme katsayısı üzerinde istatistiksel olarak etkili olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.10. Dinamik sürtünme katsayısına ilişkin varyans analizi (ANOVA) tablosu

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Olasılık
SY Faktörü	4	0.570	0.142	3.315	0.017
KH Faktörü	4	0.274	0.069	1.597	0.190
SYxKH	16	0.854	0.053	1.242	0.271
Hata	50	2.148	0.043		
Toplam	74	3.845			

SY: Sürtünme yüzeyi, ÇH: Kayma hızı

Çizelge 4.11’de sürtünme yüzeyine ilişkin olarak dinamik sürtünme katsayısı için ortalama farklılıkların önem durumunu gösteren çoklu karşılaştırma testi sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.11. Sürtünme Yüzeyine İlişkin Ortalama Farklılıkların Önem Durumunu Gösteren Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (Dinamik Sürtünme Katsayısı)

	(I) Yüzey	(J) Yüzey	Ortalama Farklılıklar (I-J)	Önem durumu	95% Önem aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
					LSD	
	SY1	SY2	-.1957(*)	<b>.013</b>	-.3477	-.0437
		SY3	-.2377(*)	<b>.003</b>	-.3897	-.0857
		SY4	-.1665(*)	<b>.032</b>	-.3185	-.0145
		SY5	-.2323(*)	<b>.003</b>	-.3843	-.0803
	SY2	SY1	.1957(*)	<b>.013</b>	.0437	.3477
		SY3	-.0420	.581	-.1940	.1100
		SY4	.0292	.702	-.1228	.1812
		SY5	-.0367	.630	-.1887	.1153
	SY3	SY1	.2377(*)	<b>.003</b>	.0857	.3897
		SY2	.0420	.581	-.1100	.1940
		SY4	.0712	.352	-.0808	.2232
		SY5	.0053	.944	-.1467	.1573
	SY4	SY1	.1665(*)	<b>.032</b>	.0145	.3185
		SY2	-.0292	.702	-.1812	.1228
		SY3	-.0712	.352	-.2232	.0808
		SY5	-.0658	.388	-.2178	.0862
	SY5	SY1	.2323(*)	<b>.003</b>	.0803	.3843
		SY2	.0367	.630	-.1153	.1887
		SY3	-.0053	.944	-.1573	.1467
		SY4	.0658	.388	-.0862	.2178

\* Ortalama farklılıkları %5 seviyesinde önemli (P<0.05); SY1= Oluklu mukavva; SY2= Plastik; SY3= Galvaniz levha; SY4= Ahşap levha; SY5= Alüminyum Sac.

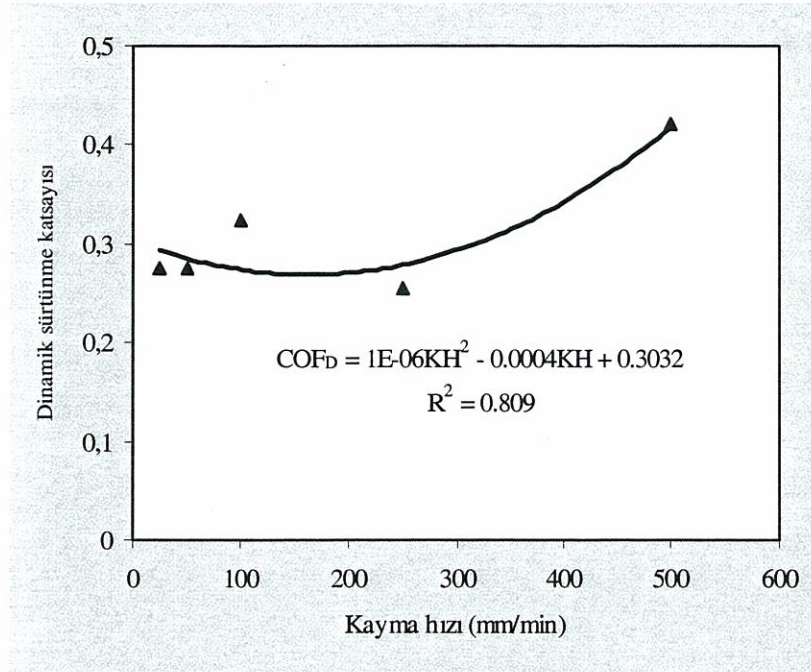
Sürtünme yüzeyleri arasındaki farkı ortaya koymak için yapılan DUNCAN çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en düşük dinamik sürtünme katsayısı değerine (0.1413) oluklu mukavvada ulaşılmıştır. Ayrıca, oluklu mukavva sürtünme yüzeyinin diğer dört sürtünme yüzeyinden farklı gruplar içerisinde bulunduğu yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda belirlenmiştir (Çizelge 4.12). En yüksek dinamik sürtünme

katsayısı değeri (0.3810) ise galvanizli levha da ölçülmüştür. Dinamik sürtünme katsayısı da statik sürtünme katsayısında olduğu gibi sürtünme yüzeyine bağlıdır. Buna karşın, değer olarak genellikle statik sürtünme katsayısından daha küçüktür ( $COF_D < COF_S$ ). Portakallar yüzey üzerinde hareket halindeyken, bu hareketi yavaşlatmaya çalışan kuvvete “**dinamik sürtünme kuvveti**” adı verilmektedir (Sabahoğlu ve Öztürk, 1996). Sürtünme kuvveti harekete zıt yönde olup, harekete engel olmaya çalışır. İlk hareketin başlayabilmesi için statik sürtünme kuvvetinin yenilmesi gerekir. Bir kez hareket başladıktan sonra bu statik sürtünme kuvveti giderek azalmaya başlar. Böylece daha düşük bir kuvvet ile hareketine devam eder (Alayunt, 2000). Yukarıda verilmiş olan bilgiler ışığında bir değerlendirme yapıldığında galvanizli levha ve alüminyum sürtünme yüzeyleri zedelenme oluşturma açısından en riskli sürtünme yüzeyleri grubundadır. Çalışmalar sırasında kullanılmış olan sürtünme yüzeyleri ve yüzey özellikleri dikkate alınarak oluklu mukavva, ahşap levha ve plastik malzemelerin sırasıyla en az riske sahip yüzeyler olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.12. Sürtünme yüzeyinin dinamik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Sürtünme Yüzeyi	COF <sub>D</sub>	
SY1	0.1433	A
SY2	0.3390	B
SY3	0.3810	B
SY4	0.3098	B
SY5	0.3757	B

Kayma hızının dinamik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisi Şekil 4.12’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi 25-100 mm/min’lik kayma hızlarında dinamik sürtünme katsayısı artış göstermiştir. 250 mm/min lik kayma hızında eğilim azalma yönünde olmuştur. Genel olarak Şekil incelendiğinde ise kayma hızına bağlı olarak dinamik sürtünme katsayısı artış eğilimindedir. Chen ve Squire (1971) adlı araştırmacılar portakalla yapmış oldukları denemelerinde metal ve mazonit yüzeylerde yüksek kayma hızlarında dinamik sürtünme katsayısının arttığını belirtmişleridir. Elde edilen bulgular bu araştırmacıların sonuçları ile benzerlik gösterip dinamik sürtünme katsayısı üzerine kayma hızının etkisine ilişkin sonuçları destekler niteliktedir. Yüksek kayma hızlarında dinamik sürtünme katsayısındaki artışlar portakallara ait olan sıvı yağlar ile mum tabakasının sürtünme yüzeyine bulaşması ve ayrıca temas yüzeylerinde sıcaklık artışı şeklinde de açıklanabilir.



Şekil 4.12. Kayma hızının dinamik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisi

Meyvelerin hasat sonrası işlemleri aşamalarından olan taşıma, sınıflandırma, paketleme ve depolama sırasında meyveler statik ve dinamik dış kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Meyvelerin yüzeyler ile olan etkileşimi de mekanik hasar açısından önemli olmaktadır. Örneğin meyvelerin paketler içerisinde taşınması sırasında yüksek rezonansa maruz kalmaları paket içerisindeki meyvelerin hareketlenmelerine ve buna bağlı meyve-meyve sürtünmesi veya meyve-yüzey sürtünmesi oluşumuna neden olacaktır. Bu durumda kullanılan paketleme malzemesinin özelliklerinin ve sürtünme katsayılarının bilinmesi hasarı minimum düzeye indirme açısından önemlidir. Bunun dışında, paketleme tesislerinde bant üzerinde hareket, metal yüzeyler üzerinde hareket vb. durumlarda da meyveler sürtünmeye maruz kalmaktadır. Bu durumda da özellikle dinamik sürtünme kuvveti ön plana çıkmaktadır. Dinamik sürtünme katsayısının düşük olması sürtünme yüzeyinin mekanik hasar yaratma riskinin daha az olacağını bir göstergesidir. Meyvelerin sürtünme yüzeyleri üzerindeki kayma hareketlerinin de belirli sınır değerlerinin olması yani yüzey-meyve hareketliliğinin çok olmaması istenen bir durumdur. Böylece dinamik sürtünme kuvvetleri azaltılabilir. Bu durumda otomatik olarak dinamik sürtünme katsayılarının düşük olmasını sağlayacaktır. Vergano ve ark. (1992) adlı araştırmacılar da şeftali meyvesi kullanarak yapmış oldukları çalışmalarında düşük dinamik sürtünme katsayılarının zedelenme riskini azalttığını belirlemişlerdir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kalitenin ön plana çıktığı günümüzde ekonomik gelişme, alım gücünün artması ve eğitim seviyesindeki artış meyve, sebze gibi bahçe bitkileri ürünlerini tüketen kesimin bilinçlenmesine ve standartlara uygun, kaliteli ürün tercih etmelerine neden olmaktadır. Standartlara uygun ürünlerin elde edilmesi her ne kadar çeşit seçimine, yetiştirme koşullarına bağlı olsa da hasat ve hasat sonrası işlemler standartları belirlemekte ve bu standartların korunumu yine hasat sonrası işlemlerle mümkün olabilmektedir. Meyve ve sebzelerin standartlara uygun olarak sınıflandırılması ve paketlenmesi de ürünlerin boyut ve şekil özellikleri ile mümkün olmaktadır. Ayrıca, renk, sertlik, yoğunluk, kütle, hacim ve içsel özellikleri de sınıflandırmada dikkate alınan parametrelerdir. Tüm saymış olduğumuz bu parametreler tarımsal ürünlerin biyolojik ve teknik özellikleri kapsamındadır ve bu nedenle tarımsal ürünlerin (meyve ve sebze) fiziko-mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca, hasat sonrası işlemler süresince (taşıma, paketlenme ve sınıflandırma, depolama vb.) sürtünme yüzeyi özellikleri ile bu yüzeylerin sürtünme katsayılarının da bilinmesi mekanik hasarı minimum düzeye indirmesi açısından önemli olmaktadır.

Bu çalışmada materyal olarak seçilmiş olan Washington Navel çeşidi portakalların uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap, aritmetik ortalama çap, küresellik, yüzey alanı, kütle, hacim, meyve yoğunluğu, hacimsel yoğunluk, porozite (boşluk oranı), albedo kalınlığı, kabuk kalınlığı ve özgül ağırlık gibi bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca, fiziksel özellikler arasındaki korelasyonlar istatistiksel olarak ortaya konmuştur. Çalışmanın ikinci aşamasında, portakalların statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerine sürtünme yüzeyi ve kayma hızının etkileri araştırılmıştır. Denemelerde kontrollü değişken parametreleri olarak beş çeşit sürtünme yüzeyi (oluklu mukavva, plastik, galvaniz levha, ahşap levha ve alüminyum sac) ve beş kayma hızı (25, 50, 100, 250 ve 500 mm/min) kullanılmıştır.

Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

### 5.1. Fiziksel Özelliklere İlişkin Sonuç ve Öneriler

Washington Navel portakal çeşidinin bazı fiziksel özellikleri ölçülmüş ve uzunluk, genişlik, kalınlık, küresellik, geometrik ortalama çap, aritmetik ortalama çap, ölçülen hacim, hesaplanan hacim, yüzey alanı, ortalama izdüşümü alanı, meyve kütlesi, meyve yoğunluğu, hacimsel yoğunluk, porozite (boşluk oranı), kabuk (flavedo) kalınlığı, albedo kalınlığı, kabuk oranı ve özgül ağırlık değerleri sırasıyla 76.97 mm, 76.11 mm, 75.82 mm, 0.99, 76.28 mm, 76.30 mm, 224.43 cm<sup>3</sup>, 235.25 cm<sup>3</sup>, 183.47 cm<sup>2</sup>, 71.75 cm<sup>2</sup>, 224.71g, 1.001 kg/m<sup>3</sup>, 0.72 kg/m<sup>3</sup>, %29.13, 2.34 mm, 2.98 mm, 59.24 kg, %27.15 ve 1.001 olarak hesaplanmıştır.

Washington Navel portakal çeşidinin fiziksel özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları pearson korelasyon matrix yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre birçok fiziksel özellik arasında yüksek derecede ilişki bulunmuştur. Ayrıca, fiziksel özellikler arasındaki ilişkilerin istatistiksel olarak %1 (P<0.01) seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Washington Navel portakal çeşidinin fiziksel özelliklerine ilişkin elde edilen sonuçlara göre aşağıda verilmiş olan öneriler yapılabilir.

- Portakalların genişlik ve kalınlık boyutlarını kullanarak kütle tahmini yapabilecek mekanik sınıflandırma sistemleri tasarlanabilir.
- Elektronik sınıflandırma sistemlerinde kullanılan kameralar yardımıyla; uzunluk, genişlik ve kalınlık boyutları ölçülerek %89'luk tahminle portakallar kütesine göre sınıflandırılabilir.
- Portakalların hacme göre sınıflandırılmasında kullanılabilir en önemli boyut genişliktir. Bu şekilde %95'lik sınıflandırma başarısı elde edilebilir.
- Özellikle elektronik sınıflandırma yapan paketleme tesislerinde üç boyut kullanılarak yapılacak sınıflandırma işlemlerinde %99'luk sınıflandırma başarısına ulaşılabilecektir.
- Portakalların kütesine göre sınıflandırılması yerine hacmine göre sınıflandırılmasında sınıflandırma başarı ölçütü çok daha yüksek olacaktır.
- Portakalların izdüşümü alanlarının sınıflandırma parametresi olarak kullanılması durumunda ise kütesine göre sınıflandırma yapacak bir elektronik sınıflandırma tesisinin başarı ölçütü çok daha yüksek olacaktır.
- Tarımsal ürünlerin boyut ve şekil özellikleri sonrası işlemler açısından önemli parametrelerdir. Bu özellikler yardımıyla birçok taşıma, sınıflandırma, paketleme, paketleme tesislerinde kapasite tahmini, depolama ve güç gereksinimlerinin tahmini gibi özellikler belirlenebilir. Ayrıca, sınıflandırma aşamasında uygun sınıflandırma yönteminin seçimi de boyut ve şekil özellikleri kullanılarak yapılabilir.

## 5.2. Sürtünme Özelliklerine İlişkin Sonuç ve Öneriler

Tarımsal ürünlerin hasat sonrası işlemler sırasında makine parçalarına karşı sürtünmeleri, oluşan mekanik zedelenmelerin temel sebeplerinden biridir. Ürüne ait fiziksel ve sürtünme özelliklerinin bilinmesi taşıma ekipmanları ve depolama yapılarının tasarımında önem taşımaktadır. Ayrıca, tasarım için gerekli olan güç kaynağının seçiminde ve gerçek boyutların hesaplanmasında, farklı yüzeyler üzerindeki sürtünme katsayısı değerleri etkili olmaktadır. Bu amaçla, oluklu mukavva, plastik, galvaniz levha, ahşap levha ve alüminyum sac gibi beş farklı sürtünme yüzeyi ile 25, 50, 100, 250 ve 500 mm/min lik beş farklı kayma hızının portakalların statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda şu sonuçlara ulaşılmıştır.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma da kontrollü değişken parametreleri olarak ele alınan sürtünme yüzeyi ve kayma hızı ile sürtünme yüzeyi x kayma hızı etkileşiminin sırasıyla %1 ( $P<0.01$ ) ve %5 ( $P<0.05$ ) önem düzeyinde statik sürtünme katsayısı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Ortalamalar arasındaki farkı ortaya koymak için yapılan DUNCAN çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre de galvaniz levha ve ahşap levhanın aynı gruplar içerisinde yer aldığı diğer sürtünme yüzeylerinin ise farklı gruplarda olduğu istatistiksel analiz sonucunda belirlenmiştir.

Statik sürtünme katsayısı en düşük olan yüzey 0.2403'lük değer ile oluklu mukavva iken en yüksek statik sürtünme katsayısına 0.7265'lik değer ile alüminyum sac da ulaşılmıştır. Kayma hızının statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin yapılan

DUNCAN çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre ise sadece alüminyum sac malzemenin farklı gruplar içerisinde yer aldığı ve en yüksek statik sürtünme katsayısı değerine sahip olduğu ortaya konmuştur. Sürtünme yüzeyleri için kayma hızının statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin yapılan regresyon analizinde de kayma hızı ile statik sürtünme katsayısı arasındaki ilişkinin ikinci dereceden polinomiyal olduğu yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir.

Dinamik sürtünme katsayısı üzerinde sürtünme yüzeyi ve kayma hızının etkisi incelendiğinde sürtünme yüzeyinin %1 ( $P<0.01$ ) önem düzeyinde etkili olduğu kayma hızı ve sürtünme yüzeyi x kayma hızı etkileşiminin ise istatistiksel olarak hiçbir etkisinin olmadığı yapılan analiz sonucunda belirlenmiştir. Sürtünme yüzeyinin dinamik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisine ilişkin yapılan DUNCAN çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre oluklu mukavva dışındaki dört sürtünme yüzeyinin de aynı gruplar içerisinde yer aldığı belirlenmiştir. En düşük dinamik sürtünme katsayısı 0.1433 lük değer ile oluklu mukavva da elde edilirken en yüksek dinamik sürtünme katsayısı değeri galvaniz levha da elde edilmiştir.

Sürtünme özelliklerine ilişkin elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki öneriler yapılabilir.

- Statik sürtünme katsayısı düşük çıkan oluklu mukavva yüzeylerin hasat sonrası işlemlerde kullanılması mekanik hasar riskini minimum düzeye düşürecektir.
- Özellikle sürtünme yoluyla oluşabilecek hasarların azaltılmasında oluklu mukavva ve plastik yüzeylerin hasat sonrası işlemler süresince kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Hasat sonrası işlemler sırasında kullanılan sürtünme yüzeylerinin ince ve deforme olabilir yüzeyler olmaması hasar riskini azaltma açısından önerilebilir.
- Alüminyum ve galvaniz yüzeylerin kullanımı portakalların hasar riskini arttıracığı için önerilmemelidir.
- Washington Navel portakal çeşidi kullanılarak yapılmış bu çalışmada elde edilen sonuçlar daha farklı ürünler içinde yapılmalı ve sonuçları ortaya konmalıdır.
- Diğer tarımsal materyaller içinde sürtünme özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

**KAYNAKLAR**

- ALAYUNT, F. 2000. Biyolojik Malzeme Bilgisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Ders Kitabı. Yayın No: 541, 132s., İzmir.
- ALTUNTAŞ, E. 2005. Biyolojik Malzeme Bilgisi Ders Notları. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü.
- ANONİM, 2008a. İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi. Yaş Meyve ve Sebze (Dilek KOÇSUBAŞI), Ankara.
- ANONİM, 2008b. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi 2008).
- ANONİM, 2006c. Dış Ticaret Şubesi Uygulama Servisi, Turunçgiller Sektör Profili (Cem AKGÜN). <http://kobi.mynet.com/pdf/turunçgiller.pdf>.
- BARYEH, E. A., 2001. Physical Properties of Bambara Groundnuts. Journal of Food Engineering, 47: 321-326.
- BUCKLIN, R. A., MOLEND, M., BRIDGES, T.C., ROSS, I.J. 1996. Slip-Stick Frictional Behaviour of Wheat on Galvanized Steel. Transactions of the ASAE, Vol. 39(2): 649-653.
- BUCKLIN, R.A., THOMPSON, S.A., ROSS, I.J., BIGGS, R.H. 1989. Apparent Coefficient of Friction of Wheat on Bin Wall Material. Transactions of the ASAE, 32(5): 1769-1773.
- CHEN, C., SQUIRE, E.F., 1971. An Evaluation of the Coefficient of Friction and Abrasion Damage of Oranges on Various Surfaces. Transactions of the ASAE, 14(6): 1092-1094
- CHUNG, J.H., VERMA, L.R. 1989. Determination of Friction Coefficients of Beans and Peanuts. Transactions of the ASAE, 32(2): 745-750.
- ÇOLAK, A., SAÇILIK, K., 2002. Zeytinin (*Olea europaea* L. Cv. Memecik) Sürtünme Katsayılarının Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 8(2): 114-118.
- DEMİRBAŞ, H.Y., DURSUN, İ., 2007. Buğday Tanelerinin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Görüntü İşleme Tekniğiyle Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 13(3): 176-185.
- ERTEKİN, C., GOZLEKÇİ, S., KABAS, O., AKİNCİ, I. 2006. Some Physical, Pomological and Nutritional Properties of Two Plum (*Prunus domestica* L.) Cultivars. Journal of Food Engineering, 75(4): 508-514.
- GÜDER, Z. 2005. Türkiye ve Dünya'da Turunçgil Üretim, İthalat ve İhracatı. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Lisans Tezi.

- HACISEFEROĞULLARI, H., GEZER, İ., ÖZCAN, M.M., ASMA, B.M. 2007. Postharvest Chemical and Physical-Mechanical Properties of Some Apricot Varieties Cultivated in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 79: 364-373.
- İNCE, A., VURSAVUŞ, K.K. 2008. Effect of Sliding Speed, Abrasion Surface and Normal Load on Coefficient of Friction of Grapefruit (*Citrus paradisi*). *The Philippine Agricultural Scientist*, 91 (3): 308-314.
- JAIN, R.K., BALL, S. 1997. Physical Properties of Pearl Millet. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66: 85-91.
- KABAŞ, Ö., 2002. Antalya İlinde Bulunan Bazı Meyve Sebze Paketleme ve Sınıflandırma Tesislerinin Yapısal ve Karakteristik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 84s (yayınlanmamış).
- KABAŞ, O., OZMERZİ, A., AKINCI, I. 2006. Physical Properties of Cactus Pear (*Opuntia ficus india* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 73(2): 198-202.
- KHANALI, M., VARNAMKHASTI, M.G., TABATABAEFFAR, A., MOBLI, H. 2007. Mass and Volume Modeling of Tangerine (*Citrus reticulata*) Fruit with Some Physical Attributes. *Int. Agrophysics*, 21: 329-334.
- KHOSHNAME, F., TABATABAEFFAR, A., VARNAMKHASTI, M.G., BORGHEI, A., 2007. Mass Modeling of Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit with Some Physical Characteristics. *Scientia Horticulturae*, 114: 21-26.
- MIRZAEI, E., RAFIEE, S., KEYHANI, A.R., EMAM Djom-eh, Z., KHEIRALIPOUR, K. 2008. Mass Modeling of Two Varieties of Apricot (*prunus armenica* L.) with Some Physical Characteristics. *Plant Omics Journal*, 1(1): 37-43.
- MILLER, W.M., 1987. Physical Properties of Data for Postharvest Handling of Florida Citrus. *Applied Engineering in Agriculture*, 3(1): 123-128.
- MOHSENIN, N.N. 1980. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- OWOLARAFE, O.K., OLABIGE, M.T., FAVORODE, M.O., 2007. Physical and Mechanical Properties of Two Varieties of Fresh Oil Palm Fruit. *Journal of Food Engineering*. 78(4): 1228-1232.
- ÖZBEK, S. 1996. Genel Meyvecilik. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı. Yayın No: 31, Adana, 386s.
- ÖZGÜVEN, F., VURSAVUŞ, K. 2005. Some Physical, Mechanical and Aerodynamic Properties Of Pine (*Pinus Pinea*) Nuts. *Journal Of Food Engineering*, 68:191-196.

- ÖZTÜRK, R., SABAHOĞLU, Y. 1994. Biyolojik Malzemelerin Sürtünme Katsayılarının Belirlenmesine İlişkin Yöntemlerin Değerlendirilmesi. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı: 353-362, Antalya.
- ÖZTÜRK, R., ÇOLAK, A., SABAHOĞLU, Y. 1995. Bazı Yumru Bitkilerinin Sürtünme Katsayılarının Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı: 334-343, Bursa.
- PUCHALSKI, C., BRUSEWITZ, G.H. 1996. Coefficient of Friction of Watermelon. Transactions of The ASAE, 30(2): 589-594.
- PUCHALSKI, C., BRUSEWITZ, G.H. 1996a. Watermelon Abrasion Resistance Parameters from Friction Tests. Transactions of the ASAE, 39(5): 1765-1771.
- PUCHALSKI, C., BRUSEWITZ, G.H. 1996b. Watermelon Surface Abrasion Assessment Method. Transactions of the ASAE, 39(2): 581-588.
- PUCHALSKI, C., BRUSEWITZ, G.H., SLIPEK, Z. 2003. Coefficients of Friction for Apple on Various Surfaces as Affected by Velocity. Agricultural Engineering International : The CIGR Journal of Scientific Research and Development, (5):1-14.
- RAZAVI, S.M.A., BAHRAMPARVAR, M. 2007. Some Physical and Mechanical Properties of Kiwifruit. International Journal of Food Engineering, 3(6): 1-14.
- SABAHOĞLU, Y., ÖZTÜRK, R. 1996. Bazı Buğday Çeşitlerinin Sürtünme Katsayılarının Belirlenmesi. 6th International Congress on Agricultural Mechanisation and Energy, 543-549, pp.
- SABAHOĞLU, Y., YURTLU, Y.B., ERMAN, A. 2001. Farklı Yüzeylerde Portakalın Sürtünme Katsayısının Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı: 518-522, Şanlıurfa.
- SAFA, M., KHAZAEI, J. 2003. Determining and Modeling Some Physical Properties of Pomegranate Fruits of Saveh Area Related to Peeling and Packaging. International Congress on Information Technology in Agriculture, Food and Environment: 331-337, İzmir-TÜRKİYE.
- SCHAPER, L.A., YAEGER, E.C. 1992. Coefficients of Friction of Irish Potatoes. Transactions of the ASAE, 35(5): 1647-1651.
- SHARIFI, M., RAFIEE, S., KEYHANI, A., JAFARI, A., MOBILI, H., RAJABIPOUR, A., AKRAM, A. 2007. Some Physical Properties of Orange (var. Tompson). Int. Agrophysics, 21: 391-397.
- SINGH, K.K., REDDY, B.S. 2006. Post-Harvest Physico-Mechanical Properties of Orange Peel and Fruit. Journal of Food Engineering, 73: 112-120.

- SINGH, K.K., REDDY, B.S., VARSHENY, A.C., MANGRAJ, S. 2004. Physical and Frictional Properties of Orange and Sweet Lemon. *Applied Engineering in Agriculture*, 20(6): 821-825.
- SINGH, D.K., GOSWAMI, T.K., CHOURASIA, M.K. 2006. Physical Properties of Two Popular Indian Potato Varieties. *Journal of Food Process Engineering*, 29: 337-348.
- TAVAKOLI, T.H., KERMANI, A.M., KHAZAEI, J. 2002. Effect of Normal Pressure, Sliding Velocity and Moisture Content of Chickpea on Its Dynamic Friction Coefficient on Steel Surfaces. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 4(1&2).
- TOPUZ, A., TOPAKÇI, M., ÇANAKCI, M., AKINCI, I., ÖZDEMİR, F. 2005. Physical and Nutritional Properties of Four Orange Varieties. *Journal of Food Engineering*, 66(4): 519-523.
- VERGANO, P.J., TESTIN, R.F., CHOUDHARI, A.C., NEWALL, W.C., 1992. Peach Vibration Bruising: The Effect of Paper and Plastic Films Between Peaches. *Journal of food Quality*, 15(3): 183-197.
- VURSAVUŞ, K., ÖZGÜVEN, F., 2001. Elmaların Hasat Sonrası Zedelenmelerine İlişkin Çarpma Parametrelerinin ve Zedelenme Hacmi Belirleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi*: 535–542, Şanlıurfa.
- VURSAVUŞ, K. 2004. Elma Taşımacılığı Sırasında Oluşan Mekanik Zedelenme Üzerine Etkili Bazı Faktörlerin Belirlenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana, 148s (yayınlanmamış).
- VURSAVUŞ, K., ÖZGÜVEN, F. 2004. Mechanical Behaviour of Apricot Pit Under Compression Loading. *Journal of Food Engineering*, 65: 255-261.
- VURSAVUŞ, K., ÖZGÜVEN, F. 2008. Modeling the Mass of Oranges by Geometrical Properties. 10<sup>th</sup> International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture. 14-17 October: 745-751, Antalya-TÜRKİYE.

**ÖZGEÇMİŞ**

1983 yılında Gaziantep'te doğdum. İlköğretim ve lise eğitimimi Gaziantep'te tamamladım. 2000 yılında Gaziantep Lisesinden mezun oldum ve 2001 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi bölümünü kazandım ve 2005 yılında mezun oldum. 2006 yılı Şubat ayında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı'nda Yüksek lisans eğitimime başladım. 2007 yılı Şubat ve Ağustos ayları arasında Erasmus Öğrenci Değişim Programı kapsamında Polonya' da eğitimime bir süre devam ettim. 2007 Eylül ayından bu yana eğitim yaşantıma ek olarak özel sektörde çalışmaya devam etmekteyim.

**Nida ÇALIŞKAN**