

**FINDIKLARDA BAZI KIRILMA
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Murat KAÇAL

**Yüksek Lisans Tezi
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
ISPARTA, 2005**

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FINDIKLARDA BAZI KIRILMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Murat KAÇAL

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Ali KOYUNCU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

ISPARTA – 2005

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI'nda
YÜKSEK LİSANS TEZ'i olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. M. Atilla AŞKIN

Üye : Doç. Dr. M. Ali KOYUNCU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Kamil EKİNCİ

ONAY

Bu tez 22.06.2005 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri
üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal	12
3.2. Yöntem.....	13
4. BULGULAR.....	18
4.1. Fındıklarda Çeşitlerin, Kırılma Kuvveti, Kırılma Enerjisi, Deformasyon ve İç Çıkma Kalitesi Üzerine Etkisi	20
4.2. Fındıklarda Kırma Yönlerinin, Kırılma Kuvveti, Kırılma Enerjisi, Deformasyon ve İç Çıkma Kalitesi Üzerine Etkisi	23
4.3. Fındıklarda Kırma Hızının, Kırılma Kuvveti, Kırılma Enerjisi, Deformasyon ve İç Çıkma Kalitesi Üzerine Etkisi	25
4.4. Fındıklarda Kabuk Kalınlığı ile Kırılma Kuvveti, Kırılma Enerjisi, Deformasyon ve İç Çıkma Kalitesi Arasındaki İlişki	28
4.5. Fındıklarda Ortalama Geometrik Çap ile Kırılma Kuvveti, Kırılma Enerjisi, Deformasyon ve İç Çıkma Kalitesi Arasındaki İlişki.....	35
4.6. Fındıklarda İç Boşluk (Kabuk ile İç Arasındaki Boşluk) ile Kırılma Kuvveti, Kırılma Enerjisi, Deformasyon ve İç Çıkma Kalitesi Arasındaki İlişki.....	42
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	49
6. KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ	57

ÖZET

Bu çalışmada, Tombul, Foşa ve Sivri fındık çeşitlerinin, bazı fiziksel özelliklerinin kırılma özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çeşitlerin, kırma yönlerinin, kırma hızının, kabuk kalınlığının, ortalama geometrik çapın ve iç boşluğun kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Fındıkların ortalama geometrik çaplarının ve kabuk kalınlıklarının, kabuk kırılma özelliklerini önemli şekilde etkilediği bulunmuştur. Kabuk kalınlığı, kabuklu fındığın hacmi ve ortalama geometrik çap arttıkça kabuk kırılma kuvveti ve kırılma enerjisi artmıştır, deformasyon ise düşmüştür. Kırma hızı arttıkça iç çıkma kalitesi azalmıştır. Kırma yönü özellikle Foşa çeşidi fındıkların kırılma özellikleri üzerine etkili olmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER: Fındık, kırılma özellikleri, iç çıkma kalitesi

ABSTRACT

In this study, effects of some physical properties of Tombul, Foşa and Sivri hazelnut varieties on cracking characteristics were determined. Effects of variety, compression position, cracking speed, shell thickness, geometric mean diameter and volume of space between kernel and shell on cracking force, energy, specific deformation and kernel extraction quality were determined.

It was determined that, cracking characteristics of hazelnuts were affected by shell thickness and geometric mean diameter. Results showed that while energy and force for initial rupturing increased, deformation decreased with increase in shell thickness, volume of nut and geometric mean diameter. Kernel extraction quality decreased with cracking speed. Cracking characteristics of Foşa hazelnuts were affected by compression position.

KEY WORDS: Hazelnut, cracking characteristics, kernel extraction quality

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmamı yöneten, bana bu konuda çalışma imkanı veren, tez çalışmam süresince bana her aşamada yol gösteren ve beni yönlendiren sayın hocam Doç. Dr. Mehmet Ali KOYUNCU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında maddi ve manevi destekleri ve varlıkları ile hep yanımda olan fedakar aileme ve Arş. Gör. Emel VURAL'a sonsuz sevgilerimle...

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Önemli fındık üreticisi ülkeler ve üretim miktarları (FAO, 2003)	2
Çizelge 3.2.1. İç çıkma kalitesinin değerlendirilmesi	17
Çizelge 4.1. Tombul fındık çeşidinin bazı fiziksel özellikleri	18
Çizelge 4.2. Sivri fındık çeşidinin bazı fiziksel özellikleri	19
Çizelge 4.3. Foşa fındık çeşidinin bazı fiziksel özellikleri	19
Çizelge 4.1.1. Boyuna kırılan fındıklarda çeşitlerin, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi	20
Çizelge 4.1.2. Yükseklik yönünde kırılan fındıklarda çeşitlerin, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi	21
Çizelge 4.1.3. Enine kırılan fındıklarda çeşitlerin, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi	21
Çizelge 4.2.1. Tombul fındık çeşidinde kırma yönlerinin, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi	23
Çizelge 4.2.2. Sivri çeşidinde kırma yönlerinin, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi	23
Çizelge 4.2.3. Foşa çeşidinde kırma yönlerinin, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi	24
Çizelge 4.3.1. Tombul fındık çeşidinde kırma hızının, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi	25
Çizelge 4.3.2. Sivri fındık çeşidinde kırma hızının, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi	26
Çizelge 4.3.3. Foşa fındık çeşidinde kırma hızının, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi	26

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.1.	Fındığın fiziksel boyutları, yönler ve uygulanan kuvvetler	13
Şekil 3.2.1.	Tekstür cihazı (Universal Texture Analyzer)	15
Şekil 3.2.2.	Fındığın kırılma sırasındaki kuvvet-deformasyon eğrisi	16
Şekil 4.4.1.	Tombul fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki.....	28
Şekil 4.4.2.	Tombul fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki.....	29
Şekil 4.4.3.	Tombul fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile deformasyon arasındaki ilişki.....	29
Şekil 4.4.4.	Tombul fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki.....	30
Şekil 4.4.5.	Sivri fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki	30
Şekil 4.4.6.	Sivri fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki	31
Şekil 4.4.7.	Sivri fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile deformasyon arasındaki ilişki	32
Şekil 4.4.8.	Sivri fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki.....	32
Şekil 4.4.9.	Foşa fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki	33
Şekil 4.4.10.	Foşa fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki	33
Şekil 4.4.11.	Foşa fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile deformasyon arasındaki ilişki	34
Şekil 4.4.12.	Foşa fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki.....	34
Şekil 4.5.1.	Tombul fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki	35

Şekil 4.5.2.	Tombul fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki	36
Şekil 4.5.3.	Tombul fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile deformasyon arasındaki ilişki	36
Şekil 4.5.4.	Tombul fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki	37
Şekil 4.5.5.	Sivri fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki	37
Şekil 4.5.6.	Sivri fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki	38
Şekil 4.5.7.	Sivri fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile deformasyon arasındaki ilişki	38
Şekil 4.5.8.	Sivri fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki	39
Şekil 4.5.9.	Foşa fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki	39
Şekil 4.5.10.	Foşa fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki	40
Şekil 4.5.11.	Foşa fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile deformasyon arasındaki ilişki.....	41
Şekil 4.5.12.	Foşa fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki	41
Şekil 4.6.1.	Tombul fındık çeşidinde iç boşluk ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki.	42
Şekil 4.6.2.	Tombul fındık çeşidinde iç boşluk ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki.	43
Şekil 4.6.3.	Tombul fındık çeşidinde iç boşluk ile deformasyon arasındaki ilişki	43
Şekil 4.6.4.	Tombul fındık çeşidinde iç boşluk ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki	44
Şekil 4.6.5.	Sivri fındık çeşidinde iç boşluk ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki.....	44
Şekil 4.6.6.	Sivri fındık çeşidinde iç boşluk ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki.....	45
Şekil 4.6.7.	Sivri fındık çeşidinde iç boşluk ile deformasyon arasındaki ilişki	45

Şekil 4.6.8.	Sivri fındık çeşidinde iç boşluk ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki	46
Şekil 4.6.9.	Foşa fındık çeşidinde iç boşluk ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki	46
Şekil 4.6.10.	Foşa fındık çeşidinde iç boşluk ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki	47
Şekil 4.6.11.	Foşa fındık çeşidinde iç boşluk ile deformasyon arasındaki ilişki	48
Şekil 4.6.12.	Foşa fındık çeşidinde iç boşluk ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

m_1 : Kurutma öncesi ağırlık, kg

m_2 : Kurutma sonrası ağırlık, kg

M : Nem oranı, %

D_g : Ortalama geometrik çap, mm

φ : Küresellik

L_1 : Kırılma öncesi kırılma yönündeki uzunluk, mm

L_2 : Kırılma sırasındaki kırılma yönündeki uzunluk, mm

ε : Deformasyon, %

F_B : Boyuna uygulanan kuvvet, N

F_E : Enine uygulanan kuvvet, N

F_Y : Yükseklik yönünde uygulanan kuvvet, N

1. GİRİŞ

Sert kabuklu meyve türleri arasında yer alan fındık (*Corylus avellena* L.) botanikte, *Fagales* takımının, *Betulaceae* familyasının, *Corylus* cinsi içerisine girmektedir. Kültürü çok eski yıllara dayanan fındık, Kuzey yarım kürenin ılıman iklim kuşağını, Japonya'dan Kuzey Amerika'ya kadar yabancı formlar biçiminde kaplamaktadır. Kültür formlarını oluşturan en önemli türler ise Kuzey Anadolu Dağları ve Kuzey geçit bölgelerinde yoğun olarak bulunmaktadır. Mitra vd. (2003), fındığın anavatanının Karadeniz Bölgesi olduğunu ve kültür fındığının dünyaya buradan yayıldığını bildirmektedir. Roma'lı tabiat bilginlerinden Plinius ve L.I.M. Columella fındığın (*Nux pontica*) Yunanistan'a Pontus (Doğu Karadeniz) kıyılarından getirildiğini bildirmektedir (Sali, 1999). Yapılan çalışmalar fındığın yaklaşık 2300 yıl önce Karadeniz kıyılarında kültüre alındığını ve son 600 yıldan beri Türkiye'den diğer ülkelere ihraç edildiğini ortaya koymaktadır (Anonim, 2001; Anonim, 2002).

Ülkemiz fındık üretim miktarı bakımından dünya da önemli bir yere sahiptir. 2003 yılı verilerine göre yaklaşık 697.680 ton olan dünya fındık üretiminin % 70'ini karşılayan Türkiye, en önemli üretici ülke konumundadır. Diğer üretici ülkeler arasında sırasıyla İtalya, ABD ve İspanya bulunmaktadır (Çizelge 1). Çin, İran, Yunanistan ve Azerbaycan gibi ülkelerde de fındık yetiştiriciliği yapılmasına rağmen, bu ülkelerin üretimleri genellikle iç taleplerini karşılayabilecek miktardadır (Anonymous, 2003).

Çizelge 1. Önemli fındık üreticisi ülkeler ve üretim miktarları (FAO, 2003)

Ülkeler (Ton)	Yıllar				
	1995	2000	2001	2002	2003
Türkiye	455.000	470.000	625.000	600.000	490.000
İtalya	118.400	98.540	119.480	119.458	86.828
A.B.D.	35.380	20.410	44.910	17.690	31.750
İspanya	15.500	25.188	26.711	26.552	14.343
Azerbaycan	13.000	13.334	15.945	16.120	19.895
İran	12.000	11.507	11.749	12.000	12.500
Çin	9.000	9.000	11.000	12.000	12.000
Gürcistan	10.000	14.220	11.375	13.901	14.000
Dünya	684.702	678.741	882.004	834.559	697.680

Ülkemiz dünyanın en büyük fındık üreticisi olmasının yanı sıra fındıkta en büyük ihracatçı ülke konumuna da sahiptir. Fındık ihracatımızda Avrupa Birliği ülkeleri en önemli yeri tutmakta ve bu ülkelerin payı ihracatımızdaki artışa paralel olarak artış göstermektedir (Anonymous, 2003).

Fındık iç olarak tüketilmekle birlikte kabuğu da ülkemizde, özellikle fındık üretilen yörelerde çok değerli ve yüksek kalorili (4100 - 4400 cal/g) bir yakacak olarak kullanılmaktadır. Fındık kabuğundan; İtalya, ABD ve Almanya gibi teknolojisi ileri ülkelerde, kontralit, muşamba yapılmakta ve boya sanayiinde yararlanılmaktadır. Ayrıca, petro kimyada bir ara ürün olan furfural ve furfural alkolün elde edildiği pentosan da fındık kabuğunda % 25 oranında bulunmaktadır. Fındık kabuğundan, kömürleştirme yolu ile; briket kömürü, aktif kömür ve sınavi kömür de elde edilmektedir (Kulaç, 1997).

Fındıklar geleneksel olarak silkme, koparma ve sıyırma olmak üzere farklı şekillerde hasat edilirler (Soylu, 1997). Fındıklar, hasat, harmanlama ve işleme süresince önemli kalite kayıplarına maruz kalırlar (Ayfer, 1984). Fındıkta harmanlamayı izleyen kurutma işlemi sonunda, genellikle kırma tesislerinde kabuk kırılmakta ve iç fındık olarak pazara sunulmaktadır (Soylu, 1997). Fındığın kabuk kırılması sırasında zarar görmesi satış fiyatının düşmesine neden olmakta ve bu zararlar vurgun, kırık ve ezik şeklinde ortaya

çıkılmaktadır. Çeşitlere göre % 10-30 arasında değiştiği ifade edilen vurgun oranı ile kırık ve ezik oranlarının iç fındık standartlarında ekstra sınıfta % 6'yı geçmemesi istenmektedir (Anonim, 1978). Bu nedenlerden dolayı fındıkta kabuğun kırılması sırasında meydana gelen zararın, çözülmesi gereken önemli konulardan biri olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle en önemli fındık çeşitlerimizden biri olan Tombul'da için kabuğu sıkıca doldurması nedeniyle iç ile kabuk arasında çok az boşluk kalması, meyvelerin loblu ve kabukların elastiki olması nedeniyle kırma sırasında fazla vurgun iç ortaya çıkmaktadır (Soylu, 1997; Nalbant, 1991).

Fındık bahçelerinin karışık çeşitlerden oluşmuş olması bir sorun olarak gösterilmekte ve çeşit içerisindeki bu değişikliğin birçok meyve özellikleri bakımından da farklılıkları ortaya çıkarabileceği belirtilmektedir (Bostan, 1998). Bu sebepten dolayı aynı çeşit olduğu sanılan fındıklar içerisinde, kabuk kırılma direncini etkileyebilecek ölçüde, farklı kabuk kalınlığına sahip fındıkları da görmek mümkün olmaktadır (Bostan, 1999a). Bu da kırma makinalarının üretimi sırasında fındıkların çeşit bazında kırılma karakteristiklerinin belirlenmesini akla getirmektedir. Nitekim, Güzel vd. (1999), sert kabuklu meyvelerde de kırma işleminin kaliteli iç eldesinde önemli ve hassas bir aşama olduğunu ve kırma makinalarının geliştirilmesi aşamasında meyvelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Ülkemizde fındık kırma fabrikalarında, değirmen sistemi kullanılmaktadır. Değirmen sisteminde, dönmekte olan alt taş ve sabit duran üst taş olmak üzere iki taş bulunur. Fındık bu taşlar arasında kırılmaktadır. Değirmen tipi kırma sistemleri, fındıkların fiziksel özellikleri dikkate alınmadan yapıldıkları için çalışma verimleri düşüktür. Bir kırma makinası, verimli çalışabilmesi için, fındığın boyutları, nem oranı, şekli gibi fiziksel özellikleri göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Fındık kırma makinalarında çeşitler de dikkate alınmalıdır. Her fındık çeşidinin kabuk kalınlığı, şekli ve kabuk sertliği gibi kendine has özellikleri vardır. Bu özellikler de fındığın kırılma karakteristiklerini etkileyecektir.

Bu çalışmada, Tombul, Sivri ve Foşa fındık çeşitlerinin bazı kırılma özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca araştırmada fındıkların bazı fiziksel özellikleriyle kırılma karakteristikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çeşitlerin kırılma karakteristikleri belirlenirken uygulanan kuvvetin fındıklarda iç çıkma kalitesi üzerine olan etkisi de ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu özellikle iç fındık olarak dünya piyasalarına hakim olan ülkemizde kırılma sırasında içlerin kalitesinin ne oranda etkilenebileceğinin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Çalışmanın fındık konusunda yapılacak çalışmalar için özellikle fındık işleme makinalarının tasarımında yararlı olacağı kanısındayız.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Fındıklarda derim sonrası kalite kayıplarının nedenleri içerisinde kırma aşamasında meydana gelen zararlanmalar önemli bir paya sahiptir. Bu zararlanmaların oranı fındığa uygulanan güce, kırıcının eksen hızına, şekil ve kalınlığa bağlı olarak değişmektedir. Bununla birlikte, fındığın kırılma özellikleri; fındığın boyutlarına, küreselliğine, nem içeriğine, kabuk kalınlığına, kırma kuvvetinin yönüne ve şiddetine bağlı olarak değişebilmektedir. Fındık kabuğunu kırmak için kullanılacak kuvvetin büyüklüğü kuvvetin yönüne bağlıdır (Xavier, 1992; Liang vd., 1984; Aydın ve Özcan, 2002).

Birçok araştırmacı iç çıkma kalitesinin fındık kabuğunun nem içeriği, kabuk kalınlığı, büyüklük ve meyvenin yük pozisyonuna bağlı olduğunu bildirmektedirler (Özdemir ve Özilgen 1997; Dursun, 1997).

Tombul, Palaz, Çakıldak, Kara, Foşa, Mincane, Uzunmusa, Kan, Kargalak, Cavcava, Sivri, Acı, Kuş, Yuvarlak Badem ve Yassı Badem fındık çeşitleri ülkemizde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan önemli fındık çeşitleridir. Bu çeşitler bazı özellikler yönünden birbirlerinden büyük farklılıklar göstermektedirler. Fındığın boyutları, şekli, porozitesi, hacmi, yoğunluğu, limit hızı ve kırılma kuvveti gibi fiziksel özellikleri ile fındık çeşitlerinin arasındaki farklılıkların tespiti, fındık işleme makinalarının geliştirilmesi için gereklidir. Çoğu makinanın işlevselliği meyve boyutları ve şekline bağlıdır. Örneğin, küresellik; fındıkların yiyecek endüstrisi tarafından kolay işlenebilirliğini etkilemesi açısından önemli bir özelliktir. Bu sebepten dolayı diğerlerine göre meyve şekli daha küresel olan fındıklar yetiştirilmelidir. Yapılan çalışmalar, meyve hacmi ve yoğunluğunun, birçok teknolojik işlemde ve meyve kalitesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Meyvelerin mekanik işlemlerinde, en çok zarar mekanik taşıma ve diğer teçhizatlarda olduğu kadar hasatta ve harmanlamada da meydana gelmektedir. Kuvvetin yüksek olması, meyvenin zarar görmesine ve dolayısıyla kalitesinin düşmesine yol açmaktadır (Özdemir ve Akıncı, 2004; Sitkei, 1986).

Fındık gibi sert kabuklu meyve türlerinde, için bir bütün olarak meyve içerisinden çıkarılması amacıyla yapılan kabuk kırma işlemi, oldukça hassasiyet gerektiren bir işlemdir. Kabuk kırma işlemi, kırma sırasında uygulanan mekanik kuvvetlerden dolayı fındık içinin zarar görmesine sebep olur. Kabuk kırma sırasında fındık içinde oluşan zararlar, fındıkların pazar değerlerinin büyük oranda düşmesine neden olmaktadır. Zararın büyüklüğü ve tipi, fındık çeşitlerinin ve kırma makinasının özelliklerine bağlıdır. Kabuk kırma işleminde en önemli etken fındığa uygulanan mekanik kuvvettir (Özdemir, 1999). Bu nedenle fındığın derimi, taşınması, depolanması ve kabuğunun kırılması işlemleri için fındığın mekanik özelliklerinin tespit edilmesi önemlidir (Güner vd., 2003).

Meyve içlerinde ortaya çıkan gizli vurgun kırma, kurutma, depolama ve taşıma sırasında meydana gelen mekaniksel zararlanmalar sonucu oluşur. İç vurguna uğramış meyvenin dış görüntüsü iyi olmasına rağmen iç kısmının rengi daha koyu ve yağlıdır. Özellikle kırma sırasında oluşan vurgunlar ve fındıkların içindeki patlayan yağ torbaları (gizli vurgun) fındıklarda acılaşmayı hızlandırabilmektedir (Ayfer, 1973; Özdemir ve Özilgen, 1997; Özdemir, 1997).

Xavier (1992), macadamia (*Macadamia integrifolia*) cevizlerinde büyüklük, şekil, kabuk kalınlığı ve tekstür gibi meyve özelliklerinin iç çıkarma kalitesi üzerine etkili parametreler olduğunu bildirmektedir.

Aydın (2002), fındıkların ortalama uzunluk, genişlik, kalınlık, küresellik, kütle ve hacim gibi bazı fiziksel özelliklerini belirlemiş ve nem oranının bu özelliklere ve kırılma karakteristikleri üzerine etkisini değerlendirmiştir. Tombul çeşidi kullanılan çalışmada nem oranı arttıkça, fındık kabuk ve içinin kırılma dayanımının azaldığı görülmüştür. Bunun sebebi olarak yüksek nem oranlarında fındığın yumuşaması gösterilmiştir. Nem oranının artması ile kabuğun esnekliği artmaktadır. Esnekliğin artması ile kırma süresi de uzamaktadır. Bunun yanında daha az kuvvet uygulanmaktadır. En yüksek kırılma kuvveti % 2.87 nem oranında 350 N olarak tespit edilmiştir. En yüksek kırılma kuvveti

yükseklik yönünde gerçekleşirken, en düşük kırılma kuvveti boy yönünde gerçekleşmiştir.

Özdemir ve Özilgen (1997), Mincane, Karafındık, Foşa ve Çakıldak çeşitlerinde farklı sınıflandırma ve kırma makinalarının kalite üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, değirmen tipi kırıcıda 16 mm'den büyük çaplı fındıkların, daha küçük çaplı olanlara göre farklı kırılma davranışları gösterdiklerini tespit etmişlerdir. 16 mm'den büyük çaplı fındıklarda % 3.3, 16 mm'den küçük çaplı fındıklarda % 15.9 oranında hasarlı fındık görülmüştür. Konik kırıcı ile kırma işleminde ise ortalama % 16 hasarlı fındık meydana gelmiştir.

Özdemir ve Akıncı (2004), Palaz, Tombul, Çakıldak ve Kara fındık çeşitlerinin boyut, kütle, hacim, küresellik, yüzey alanı, yoğunluk, porozite, kabuk oranı, limit hız ve statik sürtünme katsayısı gibi fiziksel özellikleri ile yağ, protein, karbonhidrat ve çeşitli mineral madde miktarlarını saptamışlardır. Küreselliğin fındığın işlenmesi açısından önemli olduğunu belirlemişlerdir. Kırılma kuvveti, fındık çeşidine göre önemli değişiklikler göstermiştir. En yüksek kırılma kuvveti Kara (232.7 N), en düşük kırılma kuvveti de Tombul (93.85 N) çeşidinde ortaya çıkmıştır.

Güner vd. (1999), Hasanbey, Hacihaliloğlu, Çöloğlu, Tokaloğlu ve Çataloğlu kayısı çeşitlerinde, üç farklı nem oranında çekirdek kırılma karakteristiklerini belirlemişlerdir. Buna göre nem değeri arttıkça kırılma direncinin azaldığı, kırılma enerjisinin ise arttığı bulunmuştur. Denemeler sonucunda doğal nem koşullarında en büyük kırılma direnci ve kırılma enerjisi Çöloğlu çeşidinde 503 N ve 239 Nmm, en küçük kırılma direnci ve kırılma enerjisi ise Hacihaliloğlu çeşidinde 333 N ve 122 Nmm olarak bulunmuştur.

Koyuncu vd. (2004b), cevizlerde kırılma kuvveti üzerine meyve şeklinin ve kabuk kalınlığının etkili olduğunu ve meyvenin kırılma yönünün uygulanacak kuvvet ve gerekli enerji miktarını da etkilediğini belirtmektedirler. Çalışmada en iyi sonuç boyuna kırmadan alınmış, uygulanan kuvvetin artmasıyla da içteki zararlanmanın da arttığı

ifade edilmiştir. Kabuk kalınlığı ile kabuk kırılma kuvvetinin doğru orantılı, ortalama geometrik çap ile kabuk kırılma kuvvetinin ise ters orantılı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Kırılma enerjisi, kabuk kalınlığı ile yükseklik yönünde ters orantılı bulunurken, diğer yönlerde doğru orantılı olarak değiştiği saptanmıştır. Ortalama geometrik çap arttıkça, kırılma enerjisinin azaldığı görülmüştür. İç çıkma kalitesinin, kabuk kalınlığı arttıkça düştüğü, ortalama geometrik çap arttıkça da yükseldiği kaydedilmiştir.

Güner vd. (2003), Acı Fındık, Çakıldak, Tombul ve Güney Karası çeşitlerinde, fındık kabuğunu ve içini kırmak için gerekli kuvvetleri saptamak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Kırma işlemi 0.52 ve 0.91 mm/s hızlarında, üç eksen yönünde (boy, sutur ve genişlik) yapılmıştır. Çalışmada % 6, 11, 15 ve 18 oranında nem içeren fındıklar kullanılmıştır. Boy ve sutur eksenleri yönünde, nem oranı arttıkça fındık kabuğunun kırılma enerjisinin arttığı, kırılma kuvvetinin ise düştüğü gözlenmiştir. Yükseklik yönünde, fındığın kırılma özellikleri ile nem arasında herhangi bir ilişkinin bulunmadığı belirlenmiştir. Fındık içini kırmak için, en yüksek kırılma kuvveti Tombul çeşidinde ve en yüksek kırılma enerjisi Güney Karası çeşidinde bulunmuştur. Fındık kabuğunu kırmak için, en yüksek kırma kuvveti ve enerjisi, genişlik eksen yönünde ve 0.52 mm/s hızında Acı Fındık çeşidinde belirlenmiştir. En düşük kabuk kırılma kuvveti ve kırılma enerjisi Çakıldak çeşidinde görülmüştür. Araştırmacılar tarafından kabuk kırılırken deformasyon, kırılma kuvveti ve kırılma enerjisi değerlerinin en yüksek olduğu fındıklarda, içler için en düşük deformasyon, kırılma kuvveti ve kırılma enerjisinin gerekli olduğu rapor edilmiştir.

Sert kabuklu meyve türlerinde yetiştirme koşullarının meyve kalitesi ve kabuk kalınlığı üzerine etkili olabileceği belirtilmektedir. Nitekim Denizli yöresinde farklı rakımlarda yetiştirilen ceviz çeşitleriyle yapılan bir çalışmada rakımın kırılma kuvveti üzerine de etkili olduğu bulunmuştur. Denemede rakım arttıkça kabuk kalınlığı ve dolayısıyla kırma kuvvetinin de arttığı bildirilmiştir (Koyuncu vd., 2004a).

Bostan (1999a), tarafından Ordu Merkez ilçe ve köylerinde 100 m rakımda yetiştirilen Tombul, Palaz, Sivri ve Kalıncara fındık çeşitlerinde kabuk kırılma direnci ile diğer bazı meyve özellikleri arasındaki karşılıklı ilişkiler incelenmiştir. Çalışma sonucunda, kabuk kırılma direnci ile diğer meyve özellikleri arasındaki ilişkilerin çeşitlere göre değişebileceği, Tombul ve Kalıncara çeşitlerinde meyve iriliği ve kabuk kalınlığı arttıkça kabuk kırılma direncinin de artabileceği, Palaz çeşidinde kabuk kırılma direncini sadece meyve şeklinin ve Sivri çeşidinde de sadece kabuk kalınlığının etkileyebileceği bulunmuştur. Ayrıca, kabuk kırılma direncinin en fazla Kalıncara çeşidinde olduğu, bunu sırasıyla, Tombul, Sivri ve Palaz çeşitlerinin izlediği ve bu sıralamanın çeşitlerde meyve ağırlığı, iç ağırlığı ve kabuk kalınlığı bakımından da aynı olduğu belirlenmiştir.

Ordu Merkez İlçe ve köylerinde 50 m, 100 m, 200 m, 350 m ve 500 m rakımda yetiştirilen Tombul, Palaz ve Kalıncara fındık çeşitlerinde kabuk kırılma direncinin değişimini araştırmak amacıyla yürütülen çalışmada, rakımlar ve çeşitler arasında, kabuk kırılma direnci bakımından, önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. En yüksek kabuk kırılma direncinin 50 m rakımdaki Kalıncara çeşidinde, en düşük kabuk kırılma direncinin 500 m rakımdaki Palaz çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Ordu, Giresun ve Trabzon illerinde 100 m rakımda yetiştirilen Tombul fındığında, meyve nem içeriği ile kabuk kırılma direnci arasındaki ilişkinin önemsiz olduğu belirlenmiştir (Bostan, 1999b).

Farklı nem içeriğine sahip kayısı çekirdeklerinde en yüksek kırılma kuvveti ve deformasyon, tüm nem oranlarında, uzunluk yönünde elde edilmiştir. En düşük kırılma kuvveti ise boy yönünde elde edilmiştir. Özellikle yüksek nem oranlarında en yönünde yapılan kırma deneylerinde içte kırılma eğilimi görülmüştür. Denemeler, nem oranı arttıkça kabuk kırılma kuvveti ve deformasyonun azaldığını göstermiştir (Vursavuş ve Özgüven, 2004). Aynı şekilde Hacıhaliloğlu kayısı çekirdeği üzerine yapılan bir çalışmada, nem oranı arttıkça kırılma kuvvetinin azaldığı bildirilmektedir (Gezer vd., 2002).

Sali'nin (1999) geliştirdiği yatay eksenli silindirik tambur sistemli fındık kırma makinası ile yapılan deneylerde, kırma veriminin (iç vurgun ve kabuğundan çıkmamış fındık miktarının azlığı) artan fındık boyutuyla doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan boyut analizlerinde küçük boyutlu fındıklarda kabuk ile iç arasındaki mesafenin daha az, büyük boyutlu fındıklarda ise daha fazla olduğu görölmüştür.

Sitkei (1986) meyvenin nem oranı ile mekaniksel özellikleri arasında yakın bir ilişki olduğunu bildirmiştir. Buna bağlı olarak da mekanik zarara karşı hassasiyet nem oranına göre değişebilmektedir. Artan nem içeriği ile elastisite modölu düşmekte ve bu yüzden kırma için gerekli olan enerji miktarı artış göstermektedir

Kuralay'ın (1991) geliştirdiği konik fındık kırma makinesinde ve mevcut değirmen sisteminde yaptđı çalışmalarda elde ettiği sonuçlara göre, kırma işleminde en fazla problem çapı küçük olan fındıklarda görölmektedir. Fındıkların iç ve kabuklu olarak boyutlarının ölçümleri yapılıp diyagramları ortaya çıkarıldığında, kabuklu fındık ile iç fındık çapları arasındaki farkın, en küçük boyutluda en az, en büyük boyutluda ise en fazla olduğu tespit edilmiştir.

Tombul çeşidinde, için kabuğu çok doldurması nedeniyle iç ile kabuk arasında çok az bir boşluğun kaldığı ve kabukların elastik olması gibi nedenlerle, kırma sırasında fazla "vurgun iç" ortaya çıktığı belirtilmektedir (Soylu, 1997).

Kayısı çekirdekleri işleme sırasında kalite kaybı ile karşı karşıyadır. Kırma işlemi, uygulanan mekanik kuvvetler nedeniyle içe zarar verebilmektedir. Zarar oranı kayısı çekirdeklerinin fiziksel özelliklerine bağlıdır. Günümüzde kullanılan sistemler, genellikle bu fiziksel özellikler göz önüne alınmadan tasarlandığı için yetersiz kalmaktadırlar (Vursavuş ve Özgüven, 2004).

Macadamia (*Macadamia integrifolia*) cevizinde yüksek kalitede iç elde etmek için, kırma işlemi dikkatli ve büyük bir hassasiyetle yapılmalıdır. Meyve yüksek oranda nem

içerdiği için, kırma işlemi için uygun nem oranına getirme amacıyla 3 ile 4 hafta süren ve çok fazla enerji tüketimine yol açan kurutma işlemine tabi tutulmaktadır. Macadamia meyvelerinin şekil, büyüklük ve kabuk kalınlığı gibi fiziksel özellikleri iç çıkarmayı etkileyen en önemli unsurlardır. Liang (1977), Tang vd. (1982) ve Sarig vd. (1980)'e göre çıkartılan meyve içinin kalitesi önemli oranda nem içeriğine bağlıdır. Çalışmalarda boyuna ve sütün yönünde yapılan kırma işleminde kırma kuvvetinin nemden bağımsız olduğu bulunmuştur. Yanaktan kırma işleminde ise kırılma kuvveti boyuna kırma kuvvetinden % 60 daha fazladır ve neme bağımlıdır. Boy yönündeki kırılma kuvveti diğer yönlere göre daha az ve meyve boyutundan bağımsızdır. Yanak yönündeki kırma kuvveti ise meyve boyutlarına bağımlıdır. En düşük kırma enerjisi meyve boyutlarından bağımsız olarak boy yönünde görülmüştür (Braga vd., 1999).

Aydın ve Özcan (2002), *Pistacia terebinthus* (Sakız ağacı) meyvesinin bazı fiziksel özelliklerinin neme göre değişimini araştırmışlardır. Kırma deneyleri sonucunda kırılma kuvvetinin önemli oranda meyvenin nem içeriğine bağlı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca meyvelerin nem oranı arttıkça kırılma kuvvetlerinin düştüğü tespit edilmiştir.

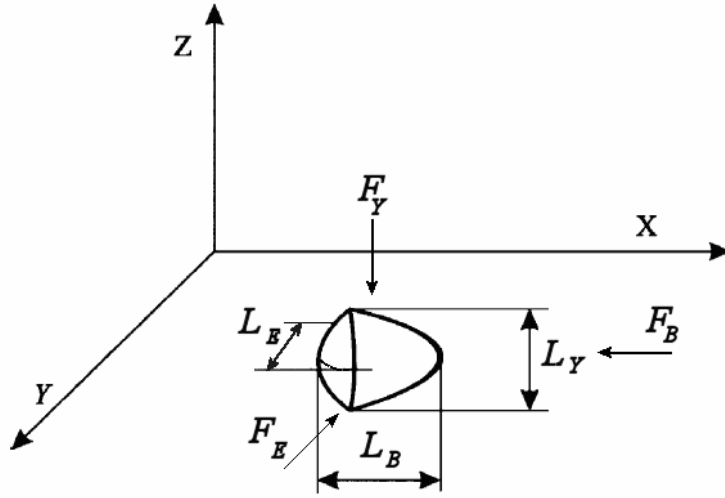
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırma 2003-2004 yılları arasında S.D.Ü. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait Derim sonrası fizyolojisi laboratuvarında yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak Tombul, Foşa ve Sivri fındık çeşitleri kullanılmıştır. İncelenen çeşitler Ordu ilinden temin edilmiştir. Uygun zamanda derilen fındık çeşitleri ön kurutma işleminden sonra S.D.Ü. Ziraat Fakültesi Derim sonrası fizyolojisi laboratuvarına aktarılmıştır. Burada kurutma işlemi tamamlanan örnekler boylanarak kırma işlemine hazırlanmıştır. Boylanan örneklerden rastgele seçilen fındıklarda kırma testleri yapılmıştır.

Ölçülen fındık boyutları ile aşağıdaki denklemler kullanılarak fındıkların ortalama geometrik çap ve küresellikleri hesaplanmıştır. Ortalama geometrik çaplarına göre fındıklar iki gruba ayrılmıştır. Fındıklar, ortalama geometrik çap değerleri o çeşit için bulunan ortalama değerden büyük ise **1. boy**, küçük ise **2. boy** olarak gruplandırılmıştır. Foşa çeşidinde ortalama geometrik çapı 17.41 mm'den büyük fındıklar 1. boy, 17.41 mm'den küçük fındıklar 2. boy olarak, Sivri çeşidinde ortalama geometrik çapı 16.40 mm'den büyük fındıklar 1. boy, 16.40 mm'den küçük fındıklar 2. boy olarak, Tombul çeşidinde ortalama geometrik çapı 16.08 mm'den büyük fındıklar 1. boy, 16.08 mm'den küçük fındıklar 2. boy olarak sınıflandırılmıştır.

Fındığın fiziksel boyutları ve meyveye kırma deneyleri sırasında uygulanan kuvvetler Şekil 3.1.1.'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.1.1. Fındığın fiziksel boyutları, yönler ve uygulanan kuvvetler

$$D_g = (L_E L_B L_Y)^{1/3} \quad \text{Ortalama geometrik çap}$$

$$\phi = D_g / L_B \quad \text{Küresellik}$$

3.2. Yöntem

2004 yılı hasat döneminde derilen meyveler, oda sıcaklığında kabuklu fındık nem oranı $11 \pm 0.51\%$ 'e düşünceye kadar kurutulmuştur (Koyuncu vd., 2004b). Kurutma işleminden sonra fındıkların nem oranları ölçülmüştür. Fındıkların nem oranını belirlemek amacıyla önce örneklerin yaş ağırlıkları 0.01 g hassasiyetindeki terazi ile ölçülmüş ve örnekler ağırlık değişimleri sabitleninceye kadar $105 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta (etüvde) kurutulmuştur. Başlangıçtaki yaş ağırlık ve kurutulduktan sonra elde edilen ağırlık değerleri kullanılarak aşağıdaki denklem ile yüzde nem oranları hesaplanmıştır.

$$M = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100$$

m_1 : kurutma öncesi ağırlık

m_2 : kurutma sonrası ağırlık

Fındık meyvelerinin ve içlerinin en, boy, yükseklik ve kabuk kalınlıkları 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpas ile, ağırlıkları 0.01 g hassasiyetli hassas terazi ile ölçülmüştür.

Fındık meyvelerinin hacimlerini ölçmek amacıyla sıvı taşıma yönteminden yararlanılmıştır. Fındıklar tarafından çok daha az miktarda emilmesi nedeniyle ölçümler sırasında sıvı olarak su yerine Toluene (C_7H_8) kullanılmıştır. Toluenein uçucu olması sebebiyle, hacim ölçümü sırasında ıslanan örnekler, birkaç dakika içerisinde kurumuşlardır. Bu sayede nem değişimi nedeniyle kırma deneyi sonuçlarının etkilenmesi önlenmiştir.

Daha sonra tekstür cihazı (Universal texture analyzer, Lloyd Instruments) (Şekil 3.2.1) ile fındıklara kuvvet uygulanarak fındıkların kabuk kırılma kuvveti (N), enerji (J) ve deformasyon (%) değerleri belirlenmiştir. Cihaz ile fındık kabuğu kırılana kadar kuvvet uygulanmış, kırılma anındaki kuvvet, kırılma enerjisi ve deformasyon tekstür cihazına bağlı olan bilgisayar yardımıyla ölçülmüştür. Deformasyon, kırılma öncesi kırma yönündeki meyve boyutu ile kırılma sırasındaki boyutlar kullanılarak aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır.

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \cdot 100$$

L_1 : Kırılma öncesi kırılma yönündeki uzunluk

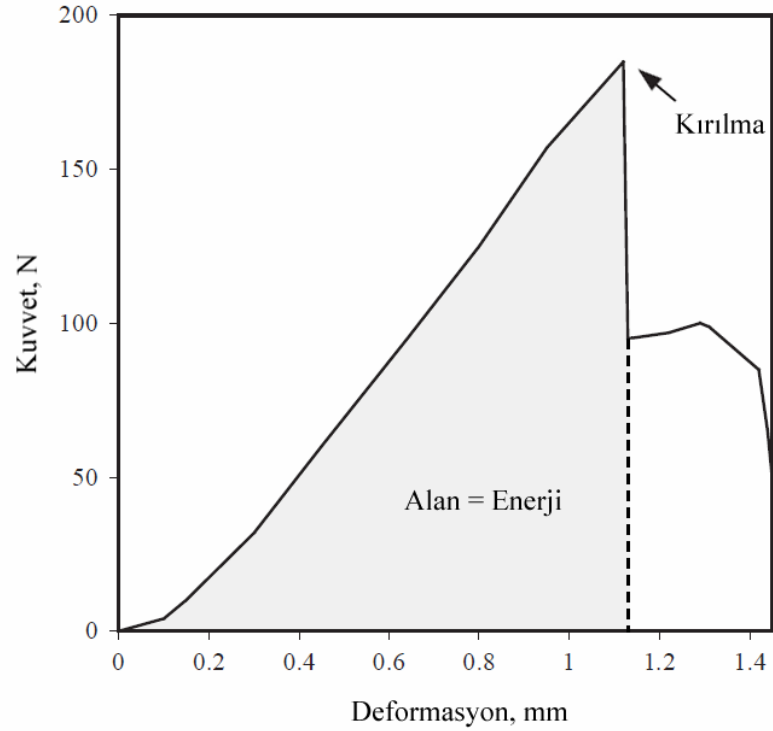
L_2 : Kırılma sırasındaki kırılma yönündeki uzunluk

ε : Yüzde deformasyon



Şekil 3.2.1. Tekstür cihazı (Universal Texture Analyzer)

Bir fındığın kırılma sırasındaki kuvvet-deformasyon eğrisi Şekil 3.2.2.'de görülmektedir. Kırılma enerjisi, kırılma anına kadar olan kuvvet-deformasyon eğrisinin altındaki alandır.



Şekil 3.2.2. Fındığın kırılma sırasındaki kuvvet-deformasyon eğrisi

Fındıklar kırıldıktan sonra kabuk kalınlıkları, fındık içinin boyutları ve ağırlığı saptanmıştır. Ayrıca boşluk hacmini bulmak için kırılan fındıkların kabuk ve içlerinin birlikte hacimleri ölçülmüştür. Fındık kırılmadan önce ölçülen hacimden, fındık kırıldıktan sonra kabuk ve için hacimleri çıkartılarak fındığın iç ile kabuğu arasındaki boşluğun hacmi bulunmuştur. Kırma deneyleri, boy, en ve yükseklik yönlerinden kuvvet uygulanarak 0.5 mm/s hızında yapılmıştır. Daha sonra, kırma hızının kırılma özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla, fındıklar en yönünde, 1 mm/s, 1.5 mm/s ve 2 mm/s hızlarında kırılmıştır. En düşük kırılma kuvveti genel olarak enine kırılan fındıklardan elde edildiği için bu yön seçilmiştir. Kırılma sonrası içlerin kalitesi, Çizelge 3.2.1.'deki sınıflandırmalara göre puanlandırılmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 6 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemeler sonucunda elde edilen veriler SPSS paket programında Duncan çoklu karşılaştırma testi ($P < 0.05$) kullanılarak analiz edilmiştir.

Çizelge 3.2.1. İç çıkma kalitesinin değerlendirilmesi

<i>Sınıflandırma</i>	<i>Tanımlama</i>	<i>Puan</i>
Çok iyi	Hiç zedelenmemiş	5
İyi	Çok küçük oranda zedelenmiş	4
Orta	Meyve kenarında küçük bir kırık oluşmuş	3
Kötü	2-3 parçaya ayrılmış	2
Çok kötü	Ezilmiş	1

4. BULGULAR

İncelenen fındık çeşitlerinin meyve yüksekliği, meyve eni, meyve boyu, meyve ağırlığı, meyvenin ortalama geometrik çapı, meyve hacmi, kabuk kalınlığı, iç yüksekliği, iç eni, iç boyu, iç ağırlığı ve iç boşluk hacmi değerleri Çizelge 4.1., Çizelge 4.2. ve Çizelge 4.3.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Tombul fındık çeşidinin bazı fiziksel özellikleri

	1. BOY				2. BOY			
	Ortalama	En düşük	En yüksek	Standart sapma	Ortalama	En düşük	En yüksek	Standart sapma
Yükseklik, mm	15.87	13.97	18.41	0.68	14.66	11.91	15.96	0.75
En, mm	16.49	14.87	18.47	0.72	15.30	12.75	17.51	0.94
Boy, mm	17.77	14.98	20.20	0.98	16.63	14.00	18.89	0.93
Ağırlık, g	1.76	0.92	2.44	0.24	1.44	0.66	1.80	0.22
Ort. Geom. Çap, mm	16.68	16.08	17.69	0.41	15.49	13.55	16.08	0.51
Hacim, cm ³	2.03	1.60	2.70	0.20	1.63	1.10	2.10	0.21
Kabuk kalınlığı, mm	0.89	0.66	1.21	0.12	0.84	0.59	1.11	0.10
İç yüksekliği, mm	13.09	8.08	15.41	1.02	11.99	7.71	13.78	0.97
İç eni, mm	13.12	11.22	15.03	0.80	12.31	9.20	15.06	1.05
İç boy, mm	13.83	10.64	15.87	1.06	12.96	10.48	15.26	0.95
İç ağırlık, mm	1.02	0.61	1.41	0.12	1.57	0.34	84.00	7.79
İç boşluk hacmi, cm ³	0.41	0.10	1.00	0.18	0.34	0.00	0.70	0.14

Çizelge 4.2. Sivri fındık çeşidinin bazı fiziksel özellikleri

	1. BOY				2. BOY			
	Ortalama	En düşük	En yüksek	Standart sapma	Ortalama	En düşük	En yüksek	Standart sapma
Yükseklik, mm	14.96	13.17	16.76	0.71	13.44	11.56	14.96	0.76
En, mm	16.39	14.83	25.49	1.13	14.79	12.39	16.66	0.83
Boy, mm	20.21	18.12	22.46	0.81	18.75	16.48	21.54	0.97
Ağırlık, g	1.82	0.98	2.40	0.22	1.41	0.64	1.78	0.19
Ort. Geom. Çap, mm	17.04	16.34	19.97	0.51	15.49	13.31	17.09	0.62
Hacim, cm ³	1.92	1.50	2.70	0.21	1.35	0.80	1.70	0.20
Kabuk kalınlığı, mm	0.88	0.64	1.19	0.10	0.79	0.58	1.13	0.09
İç yüksekliği, mm	12.06	9.86	13.87	0.78	22.15	8.83	13.87	0.84
İç eni, mm	12.73	9.27	15.21	1.00	11.57	1.94	13.44	1.27
İç boy, mm	16.31	14.16	18.12	0.87	15.15	11.47	17.86	0.97
İç ağırlık, mm	1.03	0.64	1.34	0.14	0.83	0.48	1.03	0.11
İç boşluk hacmi, cm ³	0.45	0.10	1.20	0.20	0.31	0.00	0.80	0.15

Çizelge 4.3. Foşa fındık çeşidinin bazı fiziksel özellikleri

	1. BOY				2. BOY			
	Ortalama	En düşük	En yüksek	Standart sapma	Ortalama	En düşük	En yüksek	Standart sapma
Yükseklik, mm	16.74	14.67	19.00	0.85	14.85	12.06	16.72	0.91
En, mm	18.24	16.17	20.84	1.01	16.40	14.20	18.28	0.87
Boy, mm	19.28	17.28	21.67	0.89	17.87	14.67	20.32	1.17
Ağırlık, g	2.00	0.74	2.78	0.38	1.50	0.74	2.09	0.25
Ort. Geom. Çap, mm	18.05	16.76	19.86	0.67	16.31	14.45	17.62	0.74
Hacim, cm ³	2.47	1.90	3.80	0.40	1.77	1.00	2.80	0.33
Kabuk kalınlığı, mm	0.97	0.63	1.48	0.18	0.87	0.51	1.21	0.16
İç yüksekliği, mm	11.72	1.59	15.65	1.73	10.62	6.52	15.38	1.37
İç eni, mm	13.46	8.77	17.55	1.51	11.97	8.32	14.56	1.30
İç boy, mm	14.94	12.66	17.46	0.92	13.79	11.39	16.49	1.05
İç ağırlık, mm	1.03	0.25	1.43	0.21	0.78	0.16	1.12	0.17
İç boşluk hacmi, cm ³	0.77	0.00	3.00	0.41	0.64	0.00	1.80	0.30

4.1. Fındıklarda Çeşitlerin, Kırılma Kuvveti, Kırılma Enerjisi, Deformasyon ve İç Çıkma Kalitesi Üzerine Etkisi

Farklı yönlerde kırılan fındıklarda çeşitlerin kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine olan etkisi Çizelge 4.1.1., Çizelge 4.1.2. ve Çizelge 4.1.3.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1.1. Boyuna kırılan fındıklarda çeşitlerin, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi

ÇEŞİT	Kırılma Kuvveti (N)		Kırılma Enerjisi (J)		Deformasyon (%)		İç Çıkma Kalitesi (Puan)	
	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy
Tombul	211 b*	178 b	0.100 b	0.082 ^{öd}	6.16 ^{öd}	6.18 ^{öd}	5.00 ^{öd}	4.88 ^{öd}
Sivri	232 b	166 b	0.120 b	0.105	6.25	6.78	5.00	4.77
Foşa	290 a	210 a	0.166 a	0.111	6.75	7.11	5.00	5.00

* Aynı kolonda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında $P < 0.05$ seviyesinde fark vardır.
öd: Önemli değil

Çizelge 4.1.1.'de görüldüğü gibi, boyuna kırılan örneklerde hem 1. hem de 2. boy fındıklarda kırılma kuvveti bakımından çeşitler arasında istatistiksel olarak fark vardır. Her iki grupta da Foşa çeşidinin meyveleri en yüksek kırılma kuvvetine sahipken, Tombul ve Sivri çeşitlerini kırmak için uygulanan kuvvetler aynı grup içerisinde yer almıştır. Kırılma enerjisi açısından çeşitler arasında 2. boy fındıklarda fark bulunmazken, 1. boy örnekler istatistiksel olarak farklılık göstermişlerdir. En yüksek kırılma enerjisi (166 J) Foşa çeşidinin 1. boy örneklerini kırarken bulunmuştur. Çeşitlerin deformasyon üzerine etkisi önemli olmamıştır. Ancak yine de her iki grup içerisinde en yüksek deformasyon değerleri % 6.75 ve % 7.11 ile Foşa çeşidinde saptanmıştır. Çeşitler iç çıkma kalitesi üzerine istatistiksel olarak etkili olmamışlardır. Foşa çeşidi dışında 1. boy fındıkların iç çıkma kalitesi 2. boy fındıklara göre nispeten daha iyi bulunmuştur.

Çizelge 4.1.2. Yükseklik yönünde kırılan fındıklarda çeşitlerin, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi

ÇEŞİT	Kırılma Kuvveti (N)		Kırılma Enerjisi (J)		Deformasyon (%)		İç Çıkma Kalitesi (Puan)	
	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy
Tombul	189 ^{öd}	180 ^{öd}	0.087 ^{öd}	0.086 a*	5.70 ^{öd}	7.33 ^{öd}	4.61 ^{öd}	4.83 ^{öd}
Sivri	212	198	0.112	0.110 ab	8.95	8.89	5.00	4.56
Foşa	182	204	0.117	0.128 b	8.12	9.59	5.00	4.83

* Aynı kolonda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında P<0.05 seviyesinde fark vardır.
öd: Önemli değil

Yükseklik yönünde kırılan her iki boy grubundaki fındıklarda çeşitlerin kırılma kuvveti üzerine önemli bir etkisi yoktur. Çeşitlerin 1. boy fındıklarda kırılma enerjileri üzerine etkisi önemli değilken, 2. boydaki fındıklarda ise çeşitler kırılma enerjileri bakımından birbirinden istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almışlardır. En yüksek kırılma enerjisi değerleri 0.117 J (1. boy) ve 0.128 J (2. boy) ile Foşa çeşidinde bulunurken, en düşük kırılma enerjisi değerleri her iki grupta da Tombul çeşidinde saptanmıştır. Yükseklik yönünde kırılan çeşitlerin deformasyon üzerine etkisi önemli olmamıştır. 1. boy fındıklarda en yüksek deformasyon değeri % 8.95 ile Sivri çeşidinde elde edilirken, 2. grupta ise Foşa en yüksek deformasyon değerini (% 9.59) vermiştir. Çeşitlerin iç çıkma kalitesi üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır. Ancak Tombul çeşidi hariç iç çıkma kalitesi bakımından birinci grup daha iyi sonuç vermiştir (Çizelge 4.1.2.).

Çizelge 4.1.3. Enine kırılan fındıklarda çeşitlerin, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi

ÇEŞİT	Kırılma Kuvveti (N)		Kırılma Enerjisi (J)		Deformasyon (%)		İç Çıkma Kalitesi (Puan)	
	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy
Tombul	177 b*	145 b	0.103 b	0.083 b	6.60 b	6.67 b	5.00 ^{öd}	4.78 ^{öd}
Sivri	216 a	190 a	0.153 a	0.122 a	8.03 a	8.54 a	5.00	5.00
Foşa	193 b	172 a	0.127 ab	0.117 a	7.58 ab	7.82 ab	5.00	5.00

* Aynı kolonda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında P<0.05 seviyesinde fark vardır.
öd: Önemli değil

Çizelge 4.1.3.'de görüleceği üzere enine kırılan fındıklarda her iki grupta da çeşitlerin kırılma kuvveti, kırılma enerjisi ve deformasyon üzerine etkisi önemli olmuştur. Çeşitler içerisinde en yüksek kırılma kuvveti iki grupta da Sivri'de bulunmuştur. Bu değerler 1. ve 2. boy fındıklarda sırasıyla 216 N ve 190 N olarak saptanmıştır. Kırılma enerjisi bakımından da en yüksek değerler 1. ve 2. boy fındıklarda sırasıyla 0.153 J ve 0.122 J ile yine Sivri çeşidinde elde edilmiştir. En düşük kırılma enerjisi değerleri (0.103 J, 0.083 J) Tombul çeşidinde bulunmuştur. Çeşitler arasında en düşük deformasyon değerleri 1. boy ve 2. boy fındıklarda sırasıyla % 6.60 ve % 6.67 ile Tombul çeşidinde gerçekleşirken, en yüksek deformasyon değerleri % 8.03 ve % 8.54 ile Sivri'de saptanmıştır. Çeşitler iç çıkma kalitesi bakımından her iki boyda da istatiksel olarak aynı grupta yer almışlardır. Tombul çeşidinin 2. boy örnekleri hariç bütün fındıklarda içler tam puan almıştır.

4.2. Fındıklarda Kırma Yönlerinin, Kırılma Kuvveti, Kırılma Enerjisi, Deformasyon ve İç Çıkma Kalitesi Üzerine Etkisi

Fındıklarda yönlerin kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine olan etkisi Çizelge 4.2.1., Çizelge 4.2.2. ve Çizelge 4.2.3.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.2.1. Tombul fındık çeşidinde kırma yönlerinin, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi

Kırma Yönü	Kırılma Kuvveti (N)		Kırılma Enerjisi (J)		Deformasyon (%)		İç Çıkma Kalitesi (Puan)	
	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy
Yükseklik	189 ^{öd}	180 ^{öd}	0.087 ^{öd}	0.086 ^{öd}	5.70 ^{öd}	7.34 ^{öd}	4.61 ^{öd}	4.83 ^{öd}
En	178	145	0.103	0.084	6.60	6.67	5.00	4.78
Boy	211	179	0.100	0.082	6.26	6.79	5.00	4.89

* Aynı kolonda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında P<0.05 seviyesinde fark vardır.
öd: Önemli değil

Çizelge 4.2.1.'de görülebileceği gibi Tombul çeşidine ait fındıklarda, kırma yönünün kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. 2. boy fındıkların kırılma kuvveti ve kırılma enerjisi değerleri 1. boy fındıklara göre daha düşük iken deformasyonları 1. boy fındıklara göre daha yüksektir. Yükseklik yönünde kırılan 1. boy fındıkların iç çıkma kaliteleri 2. boy fındıklara göre daha düşük bulunmuştur. Diğer yönlerden kırılan fındıklarda ise 1. boy fındıkların iç çıkma kaliteleri daha yüksek olmuştur.

Çizelge 4.2.2. Sivri çeşidinde kırma yönlerinin, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi

Kırma Yönü	Kırılma Kuvveti (N)		Kırılma Enerjisi (J)		Deformasyon (%)		İç Çıkma Kalitesi (Puan)	
	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy
Yükseklik	212 ^{öd}	198 a*	0.112 ^{öd}	0.110 ^{öd}	8.96 ^{öd}	8.90 ^{öd}	5.00 ^{öd}	4.55 ^{öd}
En	217	190 ab	0.153	0.123	8.04	8.54	5.00	5.00
Boy	232	167 b	0.120	0.105	6.16	7.11	5.00	4.78

* Aynı kolonda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında P<0.05 seviyesinde fark vardır.
öd: Önemli değil

Sivri çeşidinde, her iki boy grubunda kırma yönünün kırılma enerjisi, deformasyon, iç çıkma kalitesi ve 1. boy grubunda kırılma kuvveti üzerine önemli bir etkisi yoktur. 2. boy fındıklarda kırma yönü kırılma kuvveti üzerinde etkili olmuştur. Bu grupta en yüksek kırılma kuvveti 198 N ile yükseklik yönünde kırılan fındıklarda, en düşük kırılma kuvveti ise 167 N ile boyuna kırılan fındıklarda saptanmıştır. Her üç kırılma yönünde de 1. boy fındıklarda 2. boydakilere nazaran daha yüksek kırılma enerjisi oluşmuştur. İç çıkma kaliteleri bakımından en yönünde kırılan fındıklarda 1. ve 2. boylar arasında fark yokken diğer kırma yönlerinde 1. boy fındıklardan daha iyi sonuç alınmıştır (Çizelge 4.2.2.).

Çizelge 4.2.3. Foşa çeşidinde kırma yönlerinin, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi

Kırma Yönü	Kırılma Kuvveti (N)		Kırılma Enerjisi (J)		Deformasyon (%)		İç Çıkma Kalitesi (Puan)	
	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy
Yükseklik	182 b*	204 a	0.117 ^{öd}	0.127 ^{öd}	8.12 ^{öd}	9.60 a	5.00 ^{öd}	5.00 ^{öd}
En	193 b	172 b	0.120	0.117	7.59	7.83 ab	5.00	5.00
Boy	290 a	210 a	0.166	0.111	6.75	6.18 b	5.00	5.00

* Aynı kolonda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında $P < 0.05$ seviyesinde fark vardır.
öd: Önemli değil

Çizelge 4.2.3.'de görüldüğü gibi Foşa çeşidi fındıklarda kırma yönü, kırılma kuvveti üzerine etkili olmuştur. Her iki boyda da en yüksek kırılma kuvveti boyuna kırılan fındıklarda saptanmıştır. En düşük kırılma kuvveti 1. boyda 182 N ile yükseklik yönünde, 2. boyda ise 172 N ile en yönünde kırılan örneklerde elde edilmiştir. Kırma yönünün kırılma enerjisi, iç çıkma kalitesi ve 1. boy fındıklarda deformasyon üzerine önemli bir etkisi saptanamamıştır. 2. boy fındıklarda kırma yönünün deformasyon üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmuştur. 2. boy fındıklarda en yüksek deformasyon (% 9.60) yükseklik yönünde kırılan fındıklarda, en düşük deformasyon ise (% 6.18) boyuna kırılan fındıklarda bulunmuştur. Foşa çeşidinde bütün yönlerde kırılan fındıklarda hiç zedelenmemiş fındık içleri elde edilmiştir.

4.3. Fındıklarda Kırma Hızının, Kırılma Kuvveti, Kırılma Enerjisi, Deformasyon ve İç Çıkma Kalitesi Üzerine Etkisi

Fındıklarda kırma hızının kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine olan etkisi Çizelge 4.3.1., Çizelge 4.3.2. ve Çizelge 4.3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3.1. Tombul fındık çeşidinde kırma hızının, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi

Kırma Hızı (mm/s)	Kırılma Kuvveti (N)		Kırılma Enerjisi (J)		Deformasyon (%)		İç Çıkma Kalitesi (Puan)	
	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy
0.5	177 b*	145 b	0.103 ^{öd}	0.084 ^{öd}	6.60 ^{öd}	6.67 b	5.00 a	4.78 ab
1.0	165 b	162 ab	0.102	0.095	7.20	7.51 b	4.83 a	5.00 a
1.5	189 ab	187 a	0.137	0.132	9.43	9.23 ab	4.21 b	4.14 b
2.0	214 a	160 ab	0.126	0.125	7.85	11.5 a	3.96 b	3.13 c

* Aynı kolonda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında $P < 0.05$ seviyesinde fark vardır.
öd: Önemli değil

Çizelge 4.3.1.'de görüldüğü gibi, her iki boyda kırma hızının kırılma kuvveti ve iç çıkma kalitesi, 2. boyda ise deformasyon üzerine etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek kırılma kuvveti 1. boy örneklerde 2 mm/s hızında kırılan fındıklarda 214 N olarak ve 2. boy fındıklarda 1.5 mm/s hızında kırılanlarda 187 N şeklinde saptanmıştır. En düşük kırılma kuvvetleri ise 1. boyda, 1 mm/s hızında (165 N), 2. boyda 0.5 mm/s hızında (145 N) kırılan örneklerde elde edilmiştir. 2. boy fındıklarda kırma hızı arttıkça deformasyon değerleri de düzenli olarak artmıştır. En düşük ve en yüksek deformasyon değerleri sırasıyla 0.5 mm/s kırma hızında % 6.60 ve 2 mm/s kırma hızında % 11.5 olarak gerçekleşmiştir. Her iki grupta da kırma hızı iç çıkma kalitesi üzerine istatistiksel olarak etkilidir. Hız arttıkça iç çıkma kalitesinde düşüşler olmuştur. Bu azalma 1. boy fındıklarda daha bariz olmuştur. Her iki grupta da puan olarak en düşük iç çıkma kalitesi 3.13 (2. grup) ve 3.96'lık (1. grup) değerlerle 2 mm/s hızla kırılan fındıklarda bulunmuştur.

Çizelge 4.3.2. Sivri fındık çeşidinde kırma hızının, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi

Kırma Hızı (mm/s)	Kırılma Kuvveti (N)		Kırılma Enerjisi (J)		Deformasyon (%)		İç Çıkma Kalitesi (Puan)	
	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy
0.5	216 ^{öd}	190 ^{öd}	0.152 ^{öd}	0.123 ^{öd}	8.04 ^{öd}	8.54 ^{öd}	5.00 a*	5.00 a
1.0	216	181	0.166	0.120	8.17	8.60	4.78 a	4.47 ab
1.5	217	174	0.167	0.132	8.96	9.62	4.44 a	3.88 b
2.0	218	178	0.165	0.116	8.99	9.22	3.26 b	2.75 c

* Aynı kolonda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında P<0.05 seviyesinde fark vardır.
öd: Önemli değil

Sivri çeşidinde kırma hızının kırılma kuvveti, kırılma enerjisi ve deformasyon üzerine istatistiksel olarak bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Tüm hızlarda 1. boy fındıkları kırmak için gerekli olan kuvvet 2.boy fındıklar için gerekli olanlardan daha yüksek bulunmuştur. Aynı şekilde 1. boy fındıkları kırmak için daha yüksek kırılma enerjisine ihtiyaç duyulmuştur. Diğer taraftan deformasyon değerleri bakımından dört kırma hızında da en yüksek rakamlar 2. boy fındıklarda ortaya çıkmıştır. İç çıkma kalitesi ise kırma hızına bağlı olarak değişmiştir. Kırma hızı arttıkça iç çıkma kalitesi düşmektedir. 0.5 mm/s hızla kırılan fındıklardan hiç zedelenmemiş içler elde edilirken, 2 mm/s hızla kırılan fındıkların kalitesi ise diğer kırma hızlarına göre oldukça düşük bulunmuştur (Çizelge 4.3.2.).

Çizelge 4.3.3. Foşa fındık çeşidinde kırma hızının, kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkisi

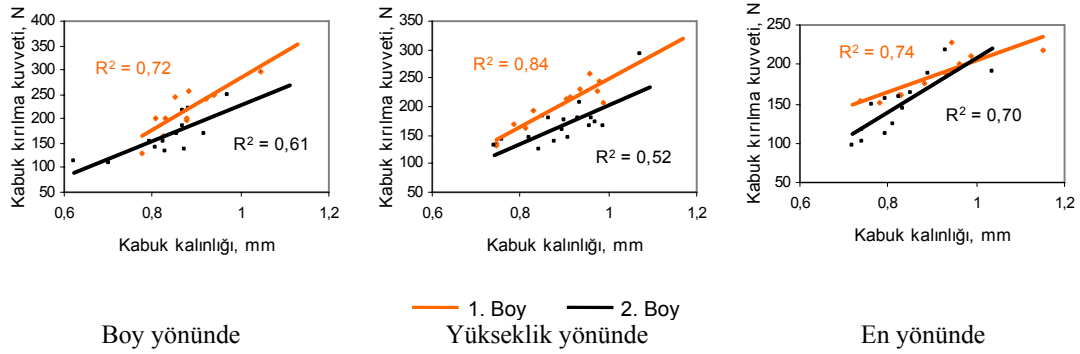
Kırma Hızı (mm/s)	Kırılma Kuvveti (N)		Kırılma Enerjisi (J)		Deformasyon (%)		İç Çıkma Kalitesi (Puan)	
	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy	1. boy	2. boy
0.5	193 ^{öd}	172 b*	0.126 ^{öd}	0.117 ^{öd}	7.58 ^{öd}	7.82 ab	5.00 ^{öd}	5.00 ^{öd}
1.0	216	197 a	0.143	0.130	7.06	7.33 b	5.00	5.00
1.5	187	178 b	0.125	0.118	6.54	8.97 a	5.00	4.79
2.0	211	180 ab	0.151	0.123	7.67	8.47 ab	4.78	5.00

* Aynı kolonda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında P<0.05 seviyesinde fark vardır.
öd: Önemli değil

Çizelge 4.3.3.'de görüldüğü gibi Foşa çeşidinin 1. boy meyvelerinde kırma hızının kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine istatistiksel olarak etkisi bulunamamıştır. Bu çeşitte 2. grup fındıklarda kırma hızlarının kırılma kuvveti ve deformasyon üzerine etkisi önemli olmuştur. 2. boy fındıklarda en düşük kırılma kuvveti (172 N) 0.5 mm/s hızında kırılan fındıklarda, en yüksek kırılma kuvveti (197 N) ise 1 mm/s hızında kırılan fındıklarda saptanmıştır. En düşük deformasyon (% 7.33) 1 mm/s hızında kırılan fındıklarda, en yüksek deformasyon (% 8.97) ise 1.5 mm/s kırılan fındıklarda elde edilmiştir. 0.5 mm/s ve 2 mm/s hızlarında kırılan fındıkların deformasyonları aynı grup içerisinde yer almıştır. Bu sonuçlar foşa çeşidinde fındık büyüklüğünün önemli bir etken olduğunu göstermektedir. 1. boy fındıklarda kırma hızının kırılma özellikleri üzerine önemli bir etkisi görülmezken daha küçük boyutlarda olan 2. boy grubu fındıklarda kırılma hızı kırılma özellikleri üzerine daha etkili olmuştur.

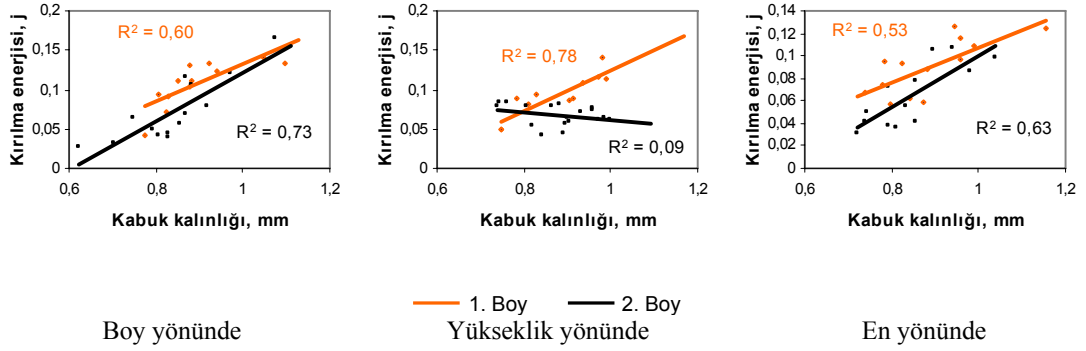
4.4. Fındıklarda Kabuk Kalınlığı ile Kırılma Kuvveti, Kırılma Enerjisi, Deformasyon ve İç Çıkma Kalitesi Arasındaki İlişki

Tombul fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma kuvveti arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. 1. ve 2. boy örneklere her üç yönden de kuvvet uygulandığında kabuk kalınlığı arttıkça kırılma kuvveti de artmıştır. Bütün yönlerde 1. boy fındıkların kırılma kuvvetleri 2. boy fındıklara nazaran daha yüksek çıkmıştır. Enine kırılan 1. ve 2. boy fındıkların belirleme katsayıları (R^2) birbirlerine çok yakın bulunmuştur (1. boyda 0.74, 2. boyda 0.70). Boy ve yükseklik yönlerinden kırılan 1. boy örneklerin belirleme katsayılarının 2. boy örneklerinkilere oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır (Şekil 4.4.1.).



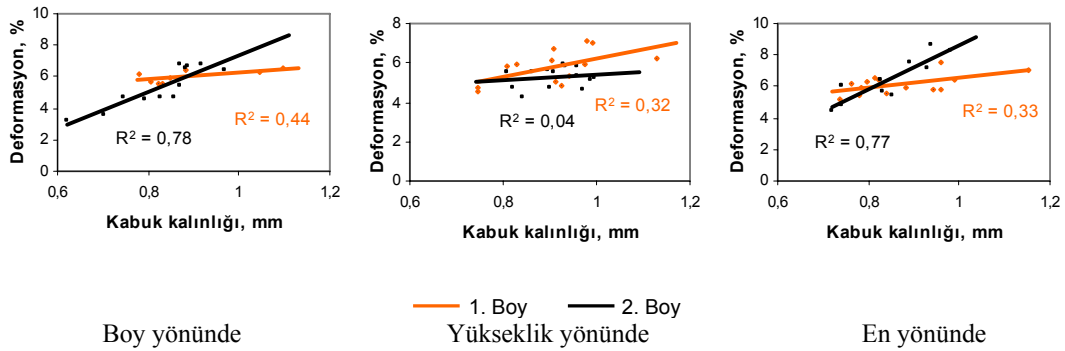
Şekil 4.4.1. Tombul fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki

Şekil 4.4.2.'de görüldüğü gibi Tombul çeşidine ait 1. boy örneklere her üç yönden kuvvet uygulandığında, kabuk kalınlığı arttıkça kırılma enerjisi de artmıştır. 2. boy örneklere, boy ve en yönlerinde kuvvet uygulandığında, kabuk kalınlığı arttıkça kırılma enerjisi de artarken, yükseklik yönünde kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasında dikkate değer bir ilişki saptanmamıştır ($R^2 = 0.09$). 1. boy fındıkların kırılma enerjileri 2. boy fındıkların kırılma enerjilerinden daha yüksek bulunmuştur.



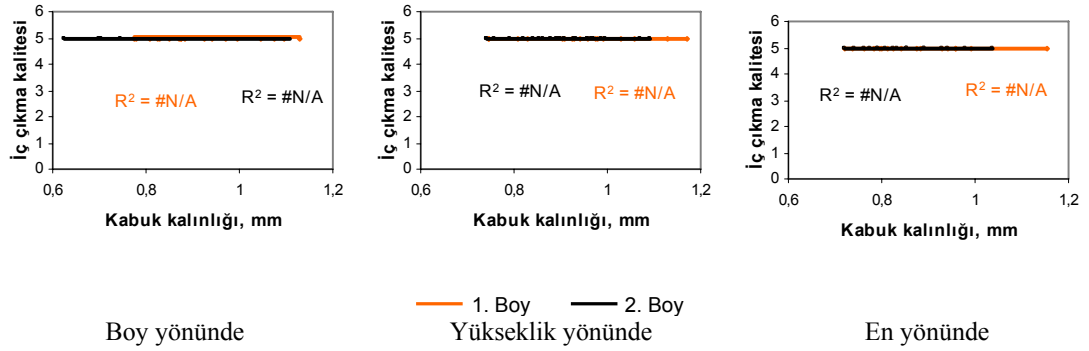
Şekil 4.4.2. Tombul fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki

Tombul çeşidi 1. boy örneklere tüm yönlerden kuvvet uygulandığında kabuk kalınlığının artışıyla deformasyonun da arttığı saptanmıştır. Ancak bu ilişki çok güçlü değildir. R² değerleri boy, yükseklik ve en yönlerinde sırasıyla 0,44, 0,32 ve 0,33 bulunmuştur. Boyuna (R² = 0,78) ve enine (R² = 0,77) kırılan 2. boy fındıklarda, deformasyon kabuk kalınlığı ile birlikte artmıştır. 2. boy grubu fındıklara yükseklik (R² = 0,04) yönünden kuvvet uygulandığında ise kabuk kalınlığı ile deformasyon arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 4.4.3.).



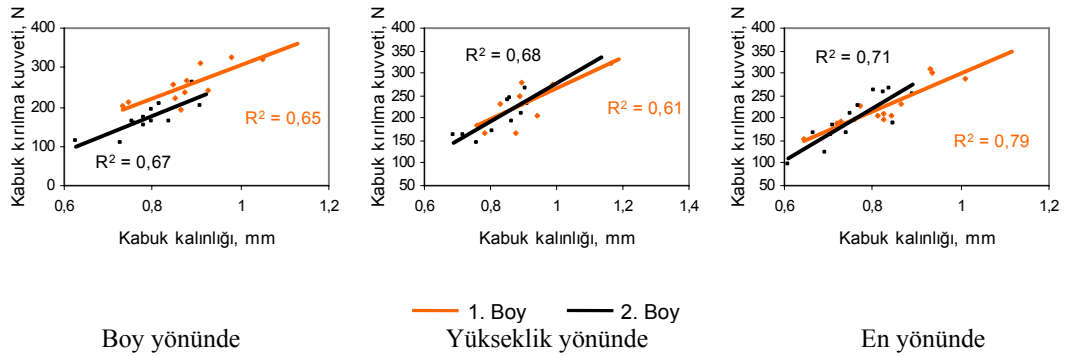
Şekil 4.4.3. Tombul fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile deformasyon arasındaki ilişki

Tombul fındık çeşidinde tüm örnekler iç çıkma kalitesi bakımından genelde tam puan aldığı için kabuk kalınlığı ile iç çıkma kalitesi arasında herhangi bir ilişki saptanamamıştır (Şekil 4.4.4.).



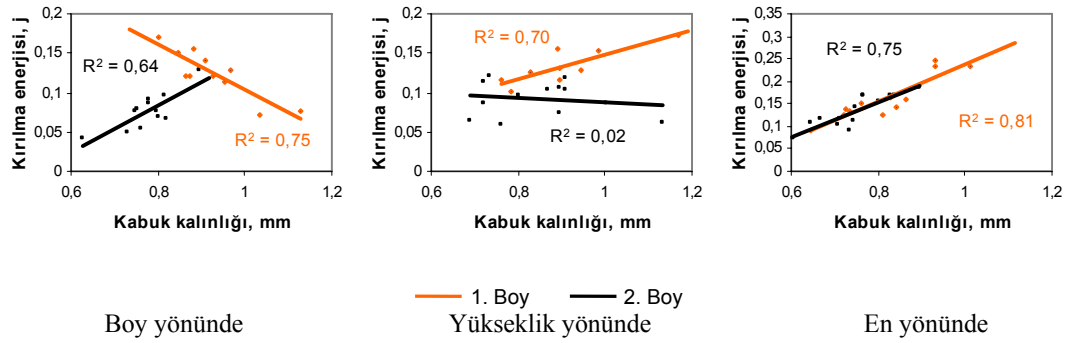
Şekil 4.4.4. Tombul fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki

Sivri çeşidine ait 1. ve 2. boy örneklerle her üç yönden kuvvet uygulandığında kabuk kalınlığının artmasıyla doğru orantılı olarak kırılma kuvvetinin de arttığı belirlenmiştir. Boyuna kırılan 1. boy fındıkların kırılma kuvvetinin, 2. boy fındıkların kırılma kuvvetinden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Şekil 4.4.5.).



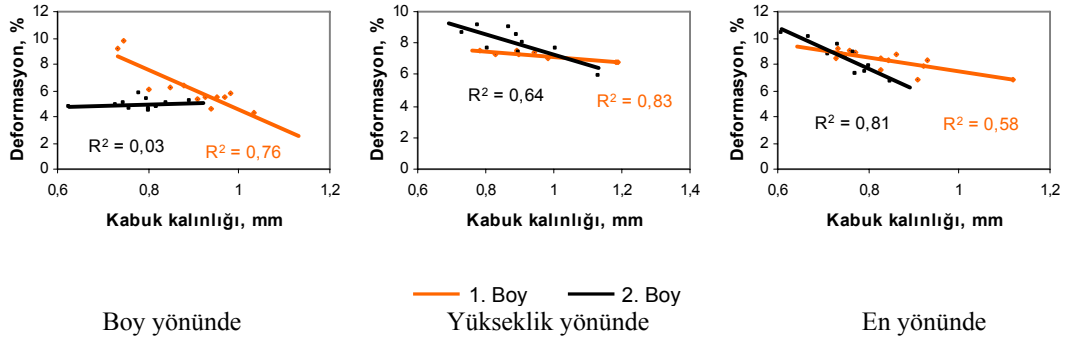
Şekil 4.4.5. Sivri fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki

Sivri çeşidine ait 1. boy örnekler yükseklik ($R^2 = 0.70$) ve en ($R^2 = 0.81$) yönlerinden kuvvet uygulandığında, kabuk kalınlığı arttıkça kırılma enerjisi de artmıştır. Ancak boyuna kuvvet uygulandığında ise kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasında negatif bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. Kabuk kalınlığının artmasıyla kırılma enerjisi düşmüştür ($R^2 = 0.75$). 2. boy örnekler enine ($R^2 = 0.75$) ve boyuna ($R^2 = 0.64$) kuvvet uygulandığında kabuk kalınlığı arttıkça kırılma enerjisi de artmıştır. Yükseklik yönünde kırılan 2. boy fındıklarda ise kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasında önemli bir ilişki ($R^2 = 0.02$) bulunamamıştır (Şekil 4.4.6.).



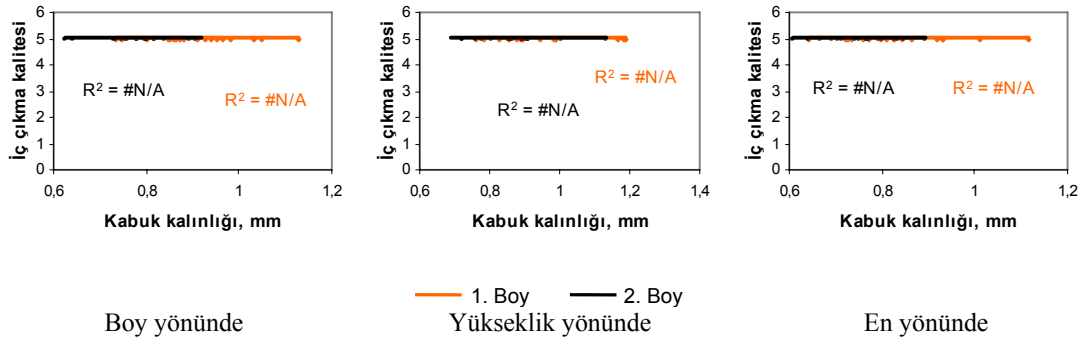
Şekil 4.4.6. Sivri fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki

Sivri çeşidinin 1. boy meyvelerine her üç yönden kuvvet uygulandığında kabuk kalınlığı arttıkça deformasyon da azalmıştır. 2. boy örnekler yükseklik ve en yönlerinden kuvvet uygulandığında kabuk kalınlığı arttıkça deformasyonun da azaldığı saptanmıştır. 2. boy örnekler boyuna kuvvet uygulanması durumunda ise kabuk kalınlığı ile deformasyon arasında önemli bir ilişki ($R^2 = 0.03$) bulunamamıştır (Şekil 4.4.7.).



Şekil 4.4.7. Sivri fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile deformasyon arasındaki ilişki

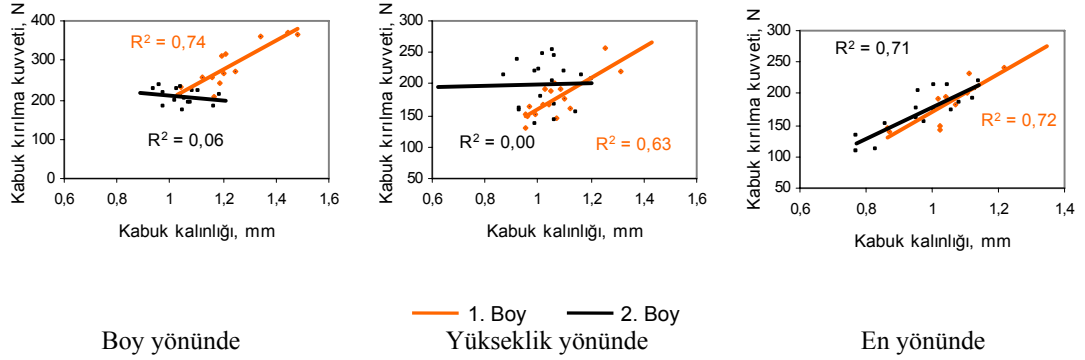
Sivri çeşidinin 1. ve 2. boy örneklerine en, boy ve yükseklik yönlerinde kuvvet uygulandığında tüm örneklerin içleri sağlam olarak çıkarılmıştır. Bundan dolayı Sivri fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile iç çıkma kalitesi arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 4.4.8.).



Şekil 4.4.8. Sivri fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki

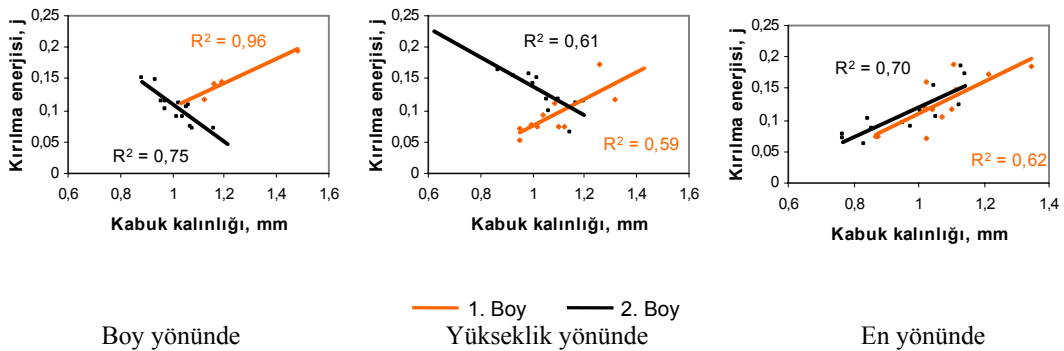
Foşa çeşidine ait 1. boy örnekler, her üç yönden de kuvvet uygulanarak kırıldığında kabuk kalınlığı arttıkça kırılma kuvvetinin de arttığı bulunmuştur. Boy, yükseklik ve en yönlerinden kırılan fındıkların belirlenme katsayıları sırasıyla 0.74, 0.63 ve 0.72 olarak bulunmuştur. 2. boy örneklere, enine kuvvet uygulandığında kabuk kalınlığının artışıyla kırılma kuvveti de artmıştır (R² = 0.71). Ancak bu grupta diğer yönlerden kuvvet

uygulanması durumunda ise kabuk kalınlığı ile kırılma kuvveti arasında bariz bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 4.4.9.).



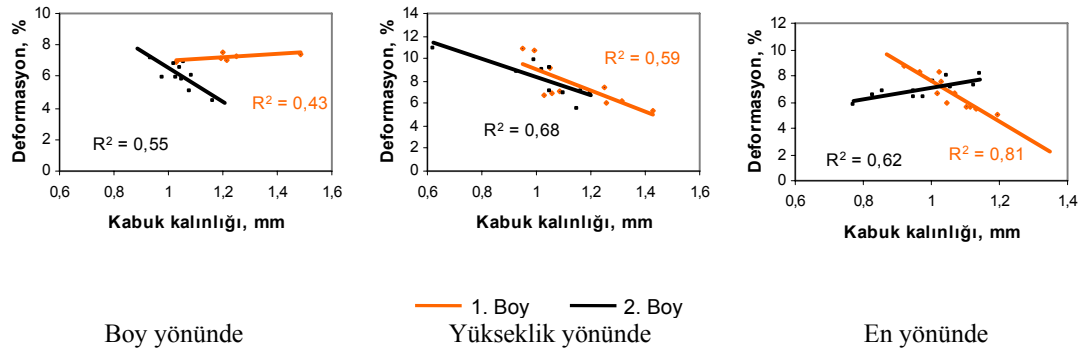
Şekil 4.4.9. Foşa fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki

Foşa çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki Şekil 4.4.10.'da verilmiştir. Bu şekilde de görülebileceği gibi Foşa çeşidi 1. boy örneklere, her üç yönden de kuvvet uygulandığında kabuk kalınlığı arttıkça kırılma enerjisinin arttığı bulunmuştur. 2. boy örneklere boy ve yükseklik yönlerinden kuvvet uygulandığında kabuk kalınlığı arttıkça kırılma enerjisi azalmıştır. Bu grupta enine kuvvet uygulanması durumunda ise 1. boy fındıklarda olduğu gibi kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır.



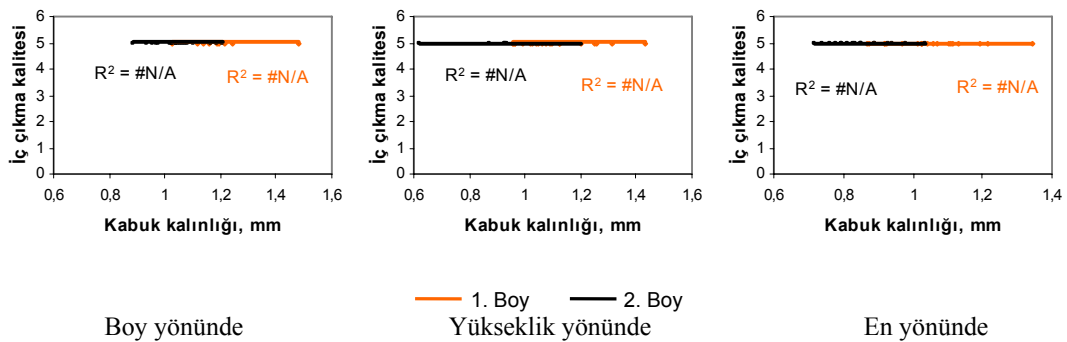
Şekil 4.4.10. Foşa fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki

Foşa çeşidinin 1. boy meyvelerine yükseklik ($R^2 = 0.59$) ve en ($R^2 = 0.81$) yönlerinden kuvvet uygulandığında kabuk kalınlığı arttıkça deformasyon değerleri düşmüştür. Boyuna kuvvet uygulanması durumunda ise kabuk kalınlığı arttıkça deformasyon değerleri de kısmen artmıştır ($R^2 = 0.43$). 2. boy örnekler boy ($R^2 = 0.55$) ve yükseklik ($R^2 = 0.68$) yönlerinden kuvvet uygulandığında kabuk kalınlığı arttıkça deformasyonun azaldığı, enine ($R^2 = 0.62$) kuvvet uygulandığında ise kabuk kalınlığı arttıkça deformasyonun arttığı bulunmuştur (Şekil 4.4.11.).



Şekil 4.4.11. Foşa fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile deformasyon arasındaki ilişki

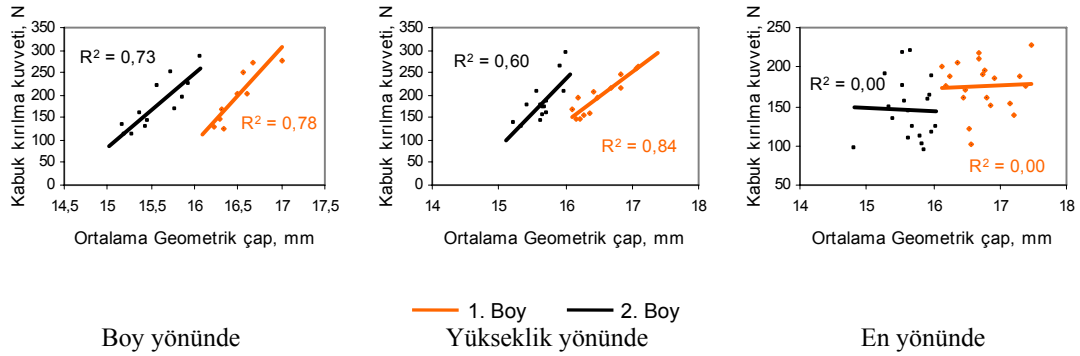
Foşa çeşidine ait kırılan bütün örneklerin içlerinin sağlam çıkmasından dolayı kabuk kalınlığı ile iç çıkma kalitesi arasında herhangi bir ilişki saptanamamıştır (Şekil 4.4.12.).



Şekil 4.4.12. Foşa fındık çeşidinde kabuk kalınlığı ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki

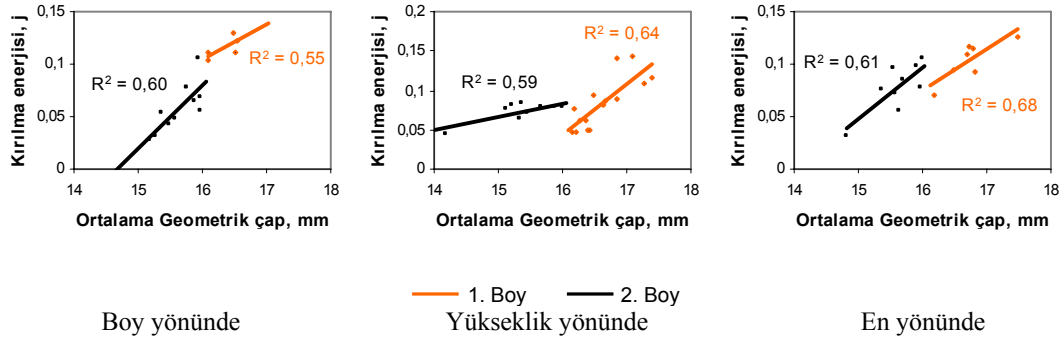
4.5. Fındıklarda Ortalama Geometrik Çap ile Kırılma Kuvveti, Kırılma Enerjisi, Deformasyon ve İç Çıkma Kalitesi Arasındaki İlişki

Tombul çeşidinin, boy ve yükseklik yönünde kırılan örneklerinin ortalama geometrik çap değerleri arttıkça kabuk kırılma kuvvetlerinin de arttığı saptanmıştır. 1. boy ve 2. boy fındıklarda belirleme katsayıları (R^2) boyuna kırılan fındıklarda 0.78 ve 0.73, yükseklik yönünde kırılan fındıklarda 0.84 ve 0.60 olarak bulunmuştur. Enine kırılan fındıklarda ise ortalama geometrik çap ile kabuk kırılma kuvveti arasında bir ilişki ($R^2 = 0$) bulunamamıştır (Şekil 4.5.1.).



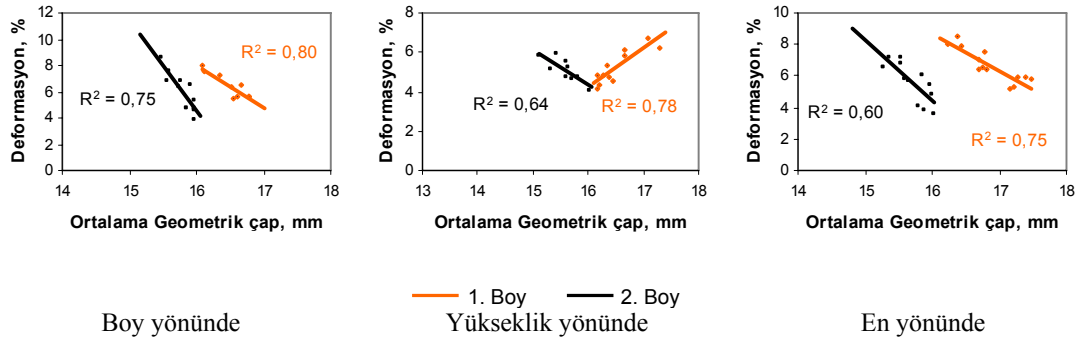
Şekil 4.5.1. Tombul fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki

Tombul çeşidinde, kırılan tüm örneklerin ortalama geometrik çapları arttıkça kırılma enerjileri de artmıştır. 1. boy fındıkların kırılma enerjilerinin 2. boy fındıklara oranla daha yüksek olduğu bulunmuştur (Şekil 4.5.2.).



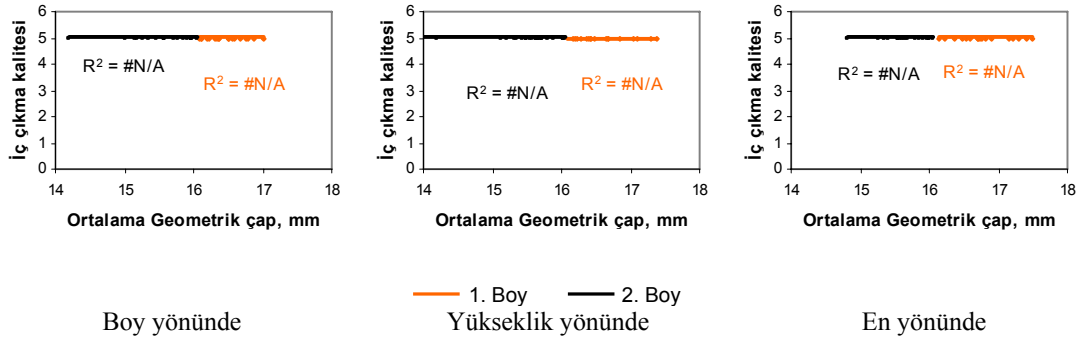
Şekil 4.5.2. Tombul fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki

Yükseklik yönünde kuvvet uygulanarak kırılan Tombul çeşidi 1. boy örneklerin ortalama geometrik çapları arttıkça deformasyonları da artış göstermiştir ($R^2 = 0.64$). Diğer örnekler ise zıt bir davranış göstermişlerdir. Örneklerin ortalama geometrik çapları arttıkça deformasyonları azalmıştır (Şekil 4.5.3.).



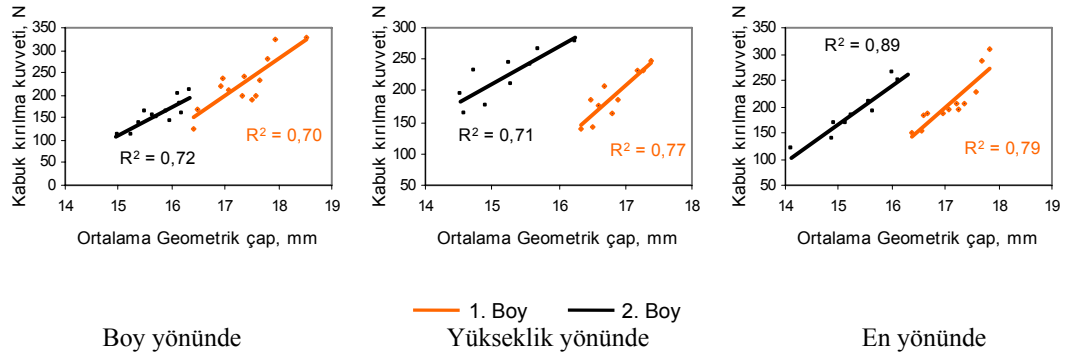
Şekil 4.5.3. Tombul fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile deformasyon arasındaki ilişki

Tombul çeşidinde kırılan tüm örneklerin içlerinin sağlam çıkmasından dolayı ortama geometrik çap ile iç çıkma kalitesi arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 4.5.4.).



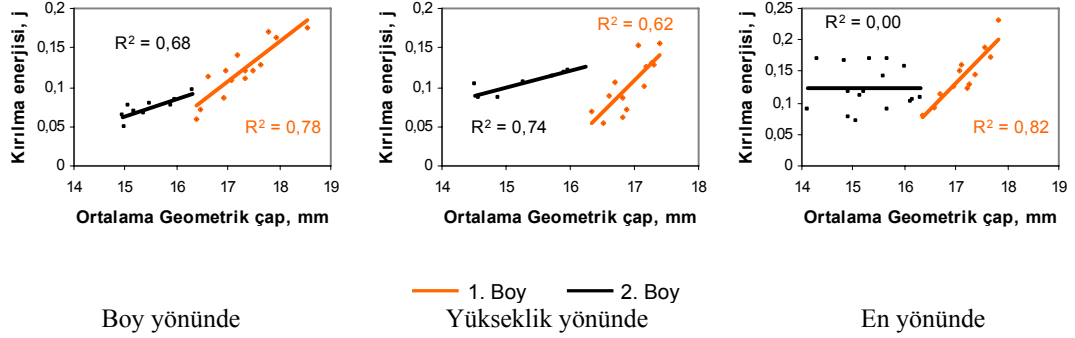
Şekil 4.5.4. Tombul fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki

Sivri çeşidine ait her iki boy grubunda ve her üç kırma yönünde kırılan fındıklarda ortalama geometrik çap arttıkça kırılma kuvvetinin de arttığı bulunmuştur. Boyuna ve enine kırılan 1. boy fındıkların kırılma kuvvetleri 2. boy fındıklara oranla daha yüksektir. Yükseklik yönünde kırılan fındıklarda ise 2. boy fındıkların kırılma kuvvetleri 1. boy fındıklara göre daha yüksektir (Şekil 4.5.5.).



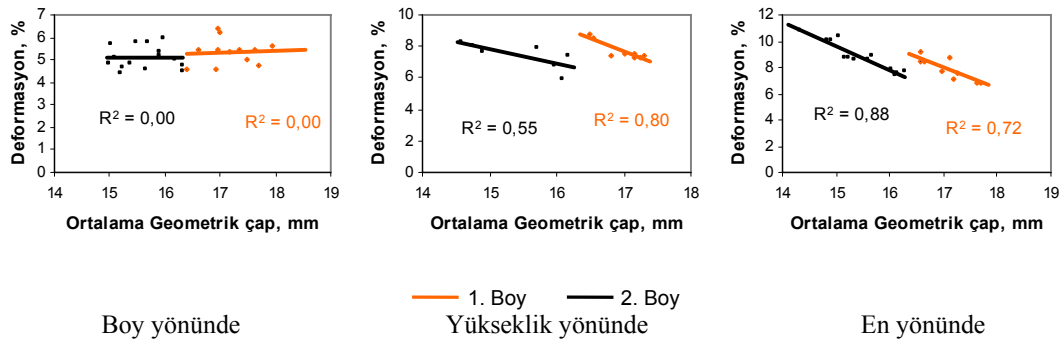
Şekil 4.5.5. Sivri fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki

Sivri çeşidinde 2. boy fındıklar en yönünde kırıldığında ortalama geometrik çap ile kırılma enerjisi arasında bir ilişki ($R^2 = 0$) bulunamamıştır. Diğer örneklerde ise ortalama geometrik çap arttıkça kırılma enerjisi de artmaktadır (Şekil 4.5.6.).



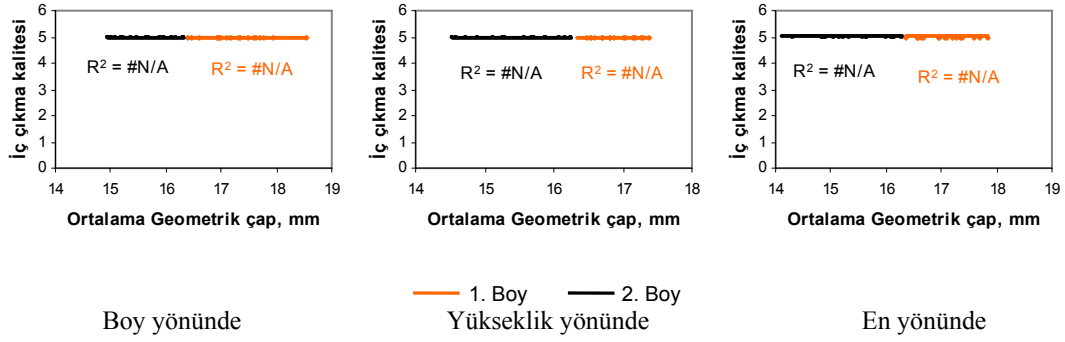
Şekil 4.5.6. Sivri fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki

Sivri çeşidinde hem 1. hem de 2. boyda yükseklik ve en yönlerinde kırılan örneklerde ortalama geometrik çap arttıkça deformasyon düşmüştür. Boyuna kırılan örneklerde ise ortalama geometrik çap ile deformasyon arasında bir ilişki ($R^2 = 0$) bulunamamıştır (Şekil 4.5.7.).



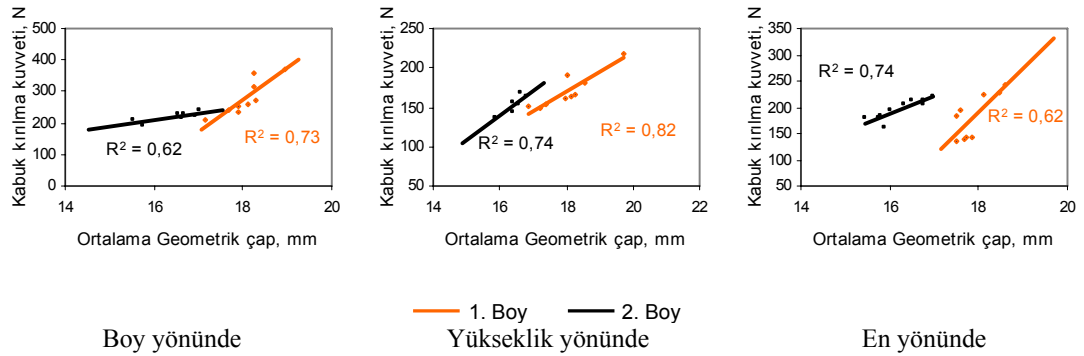
Şekil 4.5.7. Sivri fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile deformasyon arasındaki ilişki

Sivri çeşidinde, bütün örneklerin içlerinin sağlam çıkmasından dolayı ortama geometrik çap ile iç çıkma kalitesi arasında herhangi bir ilişki saptanamamıştır (Şekil 4.5.8.).



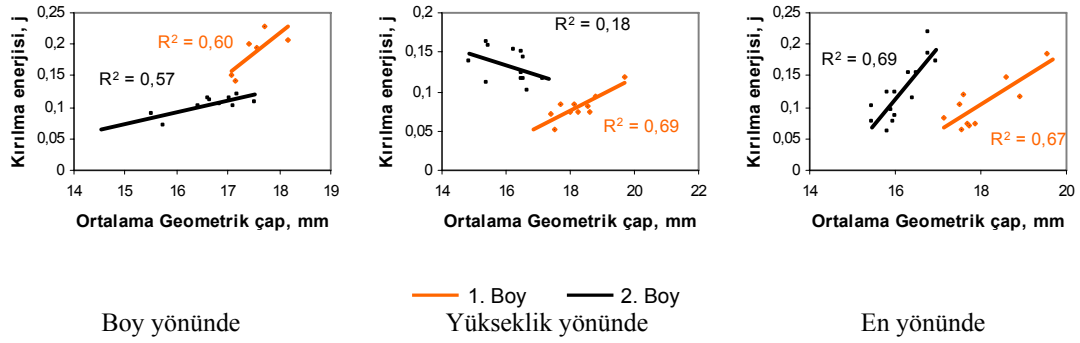
Şekil 4.5.8. Sivri fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki

Foşa çeşidine ait 1. ve 2. boy fındıklar her üç kırma yönünden de kırıldığında ortalama geometrik çapın artmasına paralel olarak kırılma kuvvetinin de önemli derecede arttığı saptanmıştır (Şekil 4.5.9.).



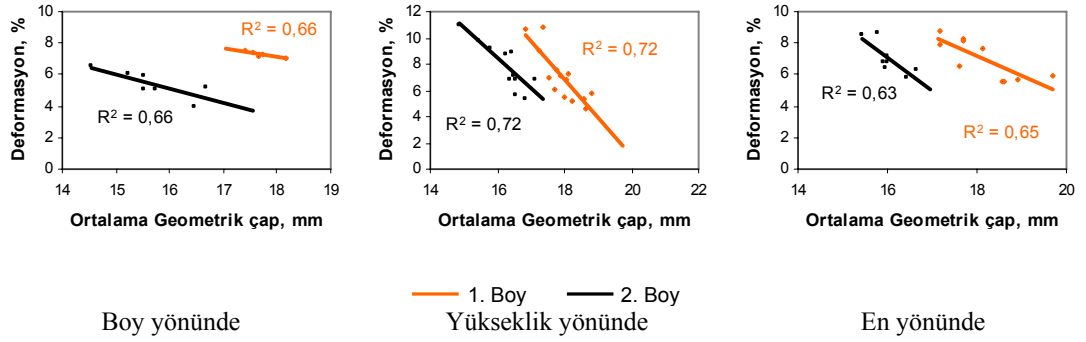
Şekil 4.5.9. Foşa fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki

Boyuna ve enine kuvvet uygulanarak kırılan Foşa çeşidinin 1. ve 2. boy örneklerinde ortalama geometrik çapları arttıkça kırılma enerjileri de artmıştır. Yükseklik yönünde kırılan 1. boy örneklerin kırılma enerjileri ortalama geometrik çap ile artmasına karşın, 2. boy fındıklarda ise ortalama geometrik çap ile kırılma enerjisi arasında net bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 4.5.10.).



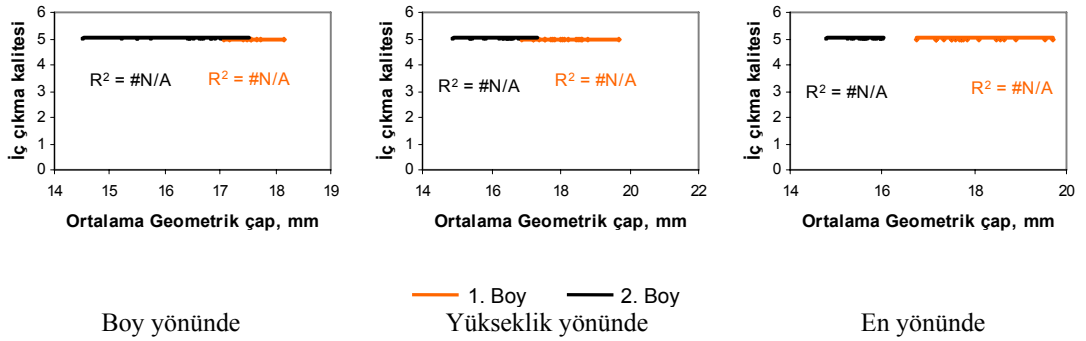
Şekil 4.5.10. Foşa fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki

Foşa çeşidine ait örneklerde ortalama geometrik çap ile deformasyon arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Boy, yükseklik ve en yönlerinde kırılan 1. ve 2. boy fındıklarda ortalama geometrik çap arttıkça deformasyon değerleri düşmüştür (Şekil 4.5.11.).



Şekil 4.5.11. Foşa fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile deformasyon arasındaki ilişki

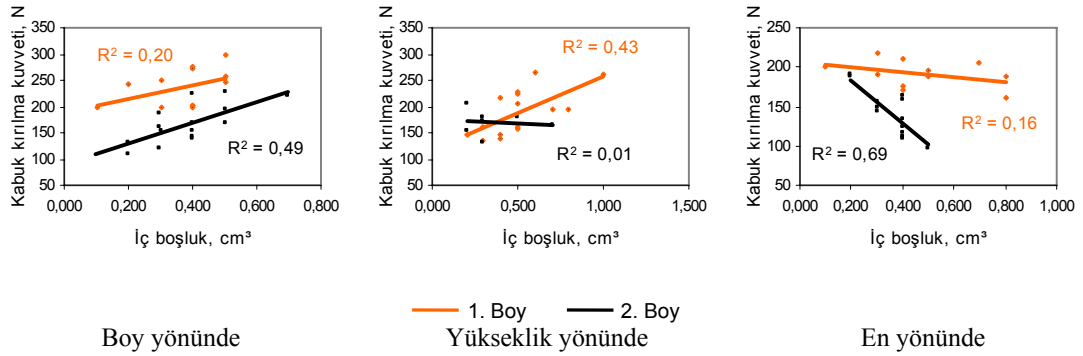
Foşa çeşidinde, kırılan bütün örneklerin içlerinin sağlam çıkması sebebiyle ortama geometrik çap ile iç çıkma kalitesi arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir (Şekil 4.5.12.).



Şekil 4.5.12. Foşa fındık çeşidinde ortalama geometrik çap ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki

4.6. Fındıklarda İç Boşluk (Kabuk ile İç Arasındaki Boşluk) ile Kırılma Kuvveti, Kırılma Enerjisi, Deformasyon ve İç Çıkma Kalitesi Arasındaki İlişki

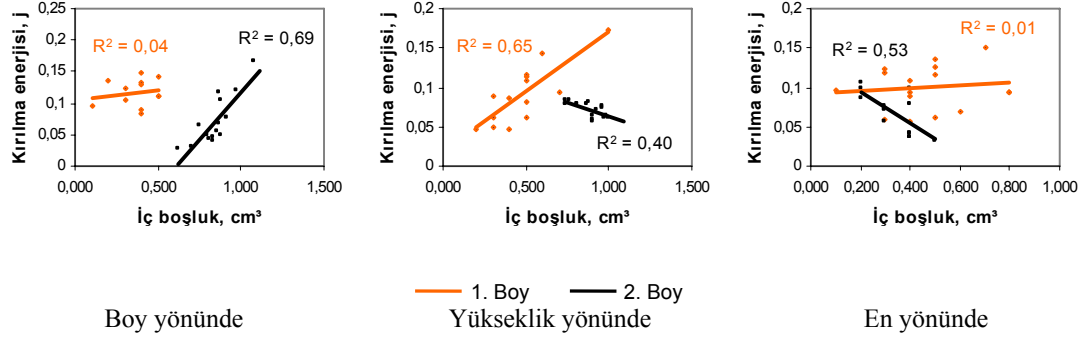
Tombul çeşidi fındıklarda iç boşluk ile kırılma özellikleri arasındaki ilişkilerin zayıf olduğu saptanmıştır. Örneklerin belirleme katsayıları (R^2) düşük değerlerde bulunmuştur. Boyuna kırılan fındıkların iç boşlukları arttıkça kırılma kuvveti artma eğilimi göstermiştir. 2. boy fındıklarda kırılma kuvvetindeki bu artış ($R^2 = 0.49$) 1. boy fındıklara göre ($R^2 = 0.20$) daha belirgindir. Yükseklik yönünde kırılan 1. boy fındıklarda da benzer bir şekilde iç boşluk arttıkça kırılma kuvveti artma eğilimi göstermiştir ($R^2 = 0.43$). 2. boy fındıklarda iç boşluk ile kırılma kuvveti arasında bir ilişki bulunamamıştır ($R^2 = 0.01$). Enine kırılan 1. boy fındıklarda da iç boşluk ile kırılma kuvveti arasında net bir ilişki saptanamamıştır ($R^2 = 0.16$). 2. boyda ise iç boşluk arttıkça kırılma kuvvetinin düştüğü bulunmuştur ($R^2 = 0.69$). Her üç kırma yönünde de 1. boy örneklerin kırılma kuvvetleri, 2. boy örneklere oranla daha yüksek gerçekleşmiştir (Şekil 4.6.1.).



Şekil 4.6.1. Tombul fındık çeşidinde iç boşluk ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki

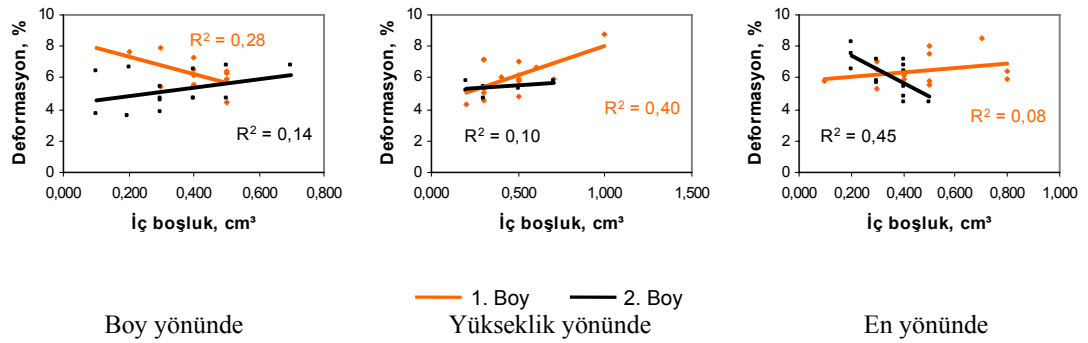
Tombul çeşidine ait boyuna ve enine kırılan 1. boy fındıklarda iç boşluk ile kırılma enerjisi arasında bir ilişki bulunamamıştır. Yükseklik yönünde ise iç boşluk arttıkça kırılma enerjisi de artmıştır. Boyuna kırılan 2. boy fındıkların, kırılma enerjisi iç boşluk ile doğru orantılı olarak artmaktadır ($R^2 = 0.69$). Yükseklik ve en yönlerinde kırılan

findıklarda ise çok güçlü olmasa da ($R^2 = 0.40$ ve $R^2 = 0.53$) tersi bir durum söz konusudur (Şekil 4.6.2.).



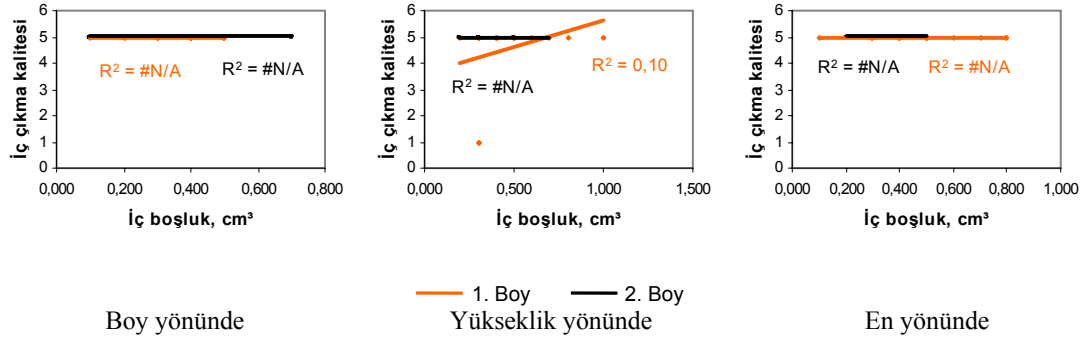
Şekil 4.6.2. Tombul fındık çeşidinde iç boşluk ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki

Yükseklik yönünde kırılan Tombul çeşidinin 1. boy meyvelerinde iç boşluk arttıkça deformasyon zayıf bir şekilde ($R^2 = 0.40$) artma eğilimi gösterirken, enine kırılan 2. boy findıklarda deformasyon benzer oranda ($R^2 = 0.45$) düşme eğilimi göstermiştir. Her iki grupta, boyuna kırılan findıklar ile yükseklik yönünde kırılan 2. boy ve enine kırılan 1. boy findıklarda iç boşluk ile deformasyon arasında net bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 4.6.3.).



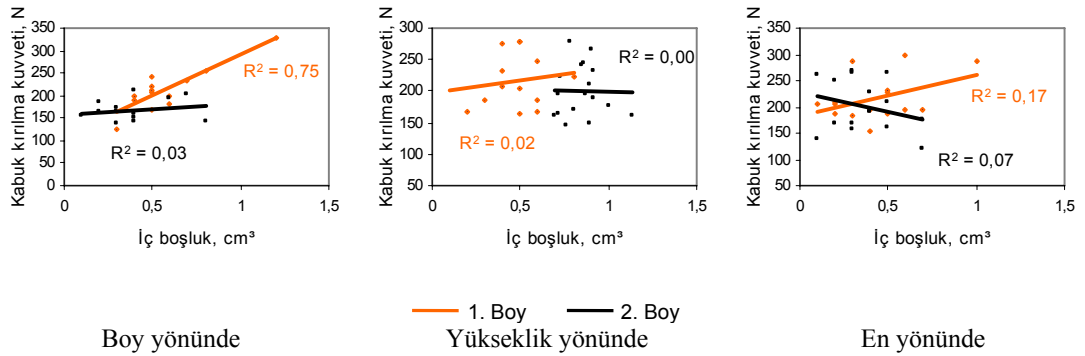
Şekil 4.6.3. Tombul fındık çeşidinde iç boşluk ile deformasyon arasındaki ilişki

Tombul fındık çeşidinin 1. ve 2. boy örneklerinde iç boşluğun iç çıkma kalitesi üzerine önemli bir etkisi bulunamamıştır (Şekil 4.6.4.).



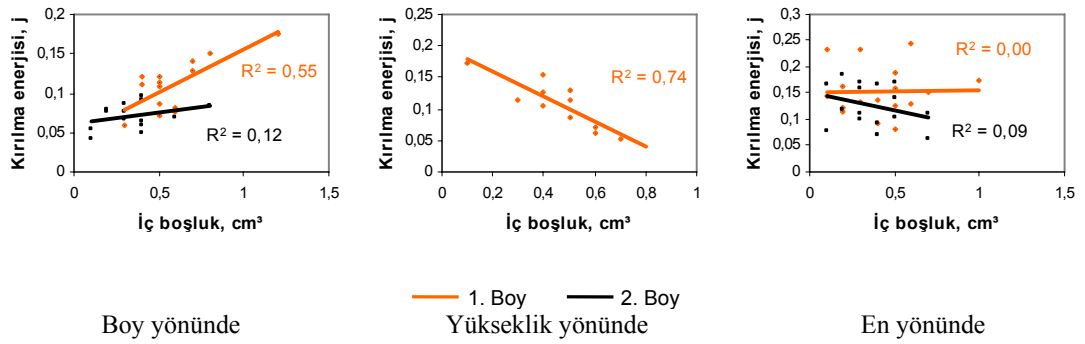
Şekil 4.6.4. Tombul fındık çeşidinde iç boşluk ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki

Sivri çeşidinin boyuna kırılan 1. boy meyvelerinde iç boşluk arttıkça kırılma kuvveti artarken ($R^2 = 0,75$), 2. boy fındıklarda iç boşluk ile kırılma kuvveti arasında bir ilişki ($R^2 = 0,03$) bulunamamıştır. Yükseklik ve en yönünden kırılan 1. ve 2. boy fındıklarda ise iç boşluk ile kırılma kuvveti arasında doğru ya da ters orantılı bir ilişki belirlenememiştir (Şekil 4.6.5.).



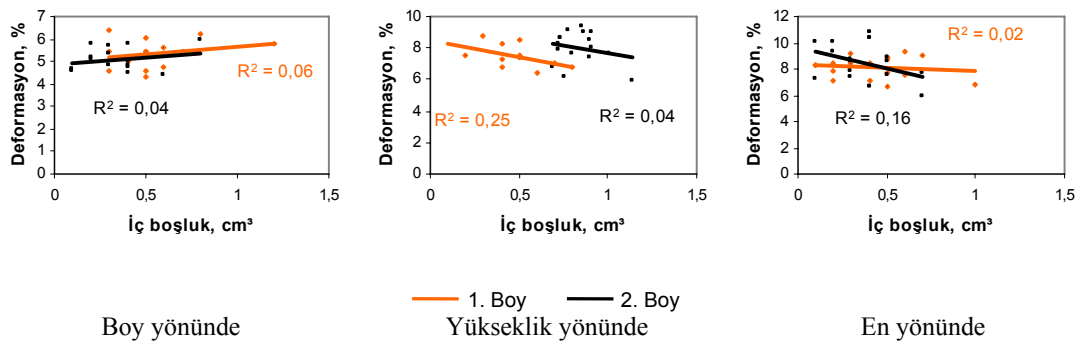
Şekil 4.6.5. Sivri fındık çeşidinde iç boşluk ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki

Boyuna kırılan Sivri çeşidine ait, 1. boy fındıkların iç boşluğu arttıkça kırılma enerjisi de artma eğilimi ($R^2 = 0.55$) göstermiştir. 2. boy fındıklarda ise iç boşluk ile kırılma enerjisi arasında önemli bir ilişki ($R^2 = 0.12$) bulunamamıştır. Yükseklik yönünde kırılan 1. boy fındıklarda iç boşluk arttıkça kırılma enerjisinin azaldığı ($R^2 = 0.74$) saptanmıştır. Enine kırılan fındıklarda ise iç boşluk ile kırılma enerjisi arasında bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 4.6.6.).



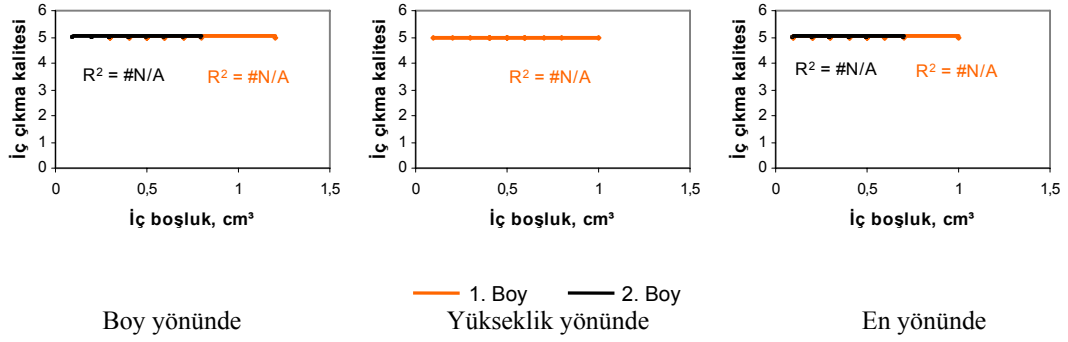
Şekil 4.6.6. Sivri fındık çeşidinde iç boşluk ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki

Sivri çeşidine ait 1. ve 2. boy örnekler boy, yükseklik ve en yönlerinden kırıldığında fındıkların iç boşlukları ile deformasyonları arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 4.6.7.).



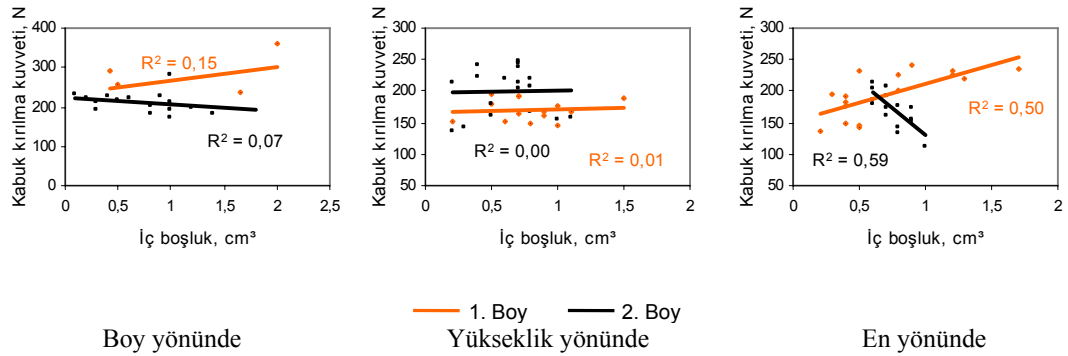
Şekil 4.6.7. Sivri fındık çeşidinde iç boşluk ile deformasyon arasındaki ilişki

Sivri çeşidine ait fındık örneklerinde içler sağlam çıktığı için iç boşluk ile iç çıkma kalitesi arasında bir ilişki belirlenememiştir (Şekil 4.6.8.).



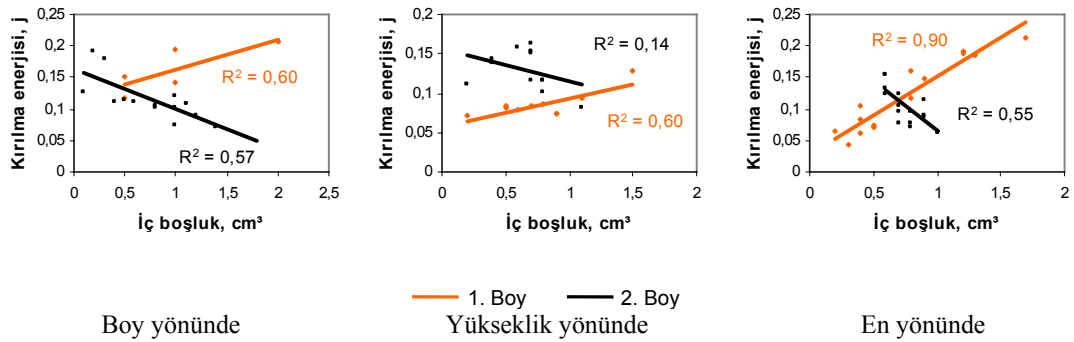
Şekil 4.6.8. Sivri fındık çeşidinde iç boşluk ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki

Foşa çeşidinde boy ve yükseklik yönlerinde kırılan fındıklarda iç boşluk ile kırılma kuvveti arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır. Enine kırılan fındıklarda ise iç boşluk ile kırılma kuvveti arasında zayıf bir ilişki vardır. 1. boy fındıkların iç boşluğu arttıkça kırılma kuvveti artmasına karşın 2. boy fındıkların iç boşluğu arttıkça kırılma kuvveti azalmıştır (Şekil 4.6.9.).



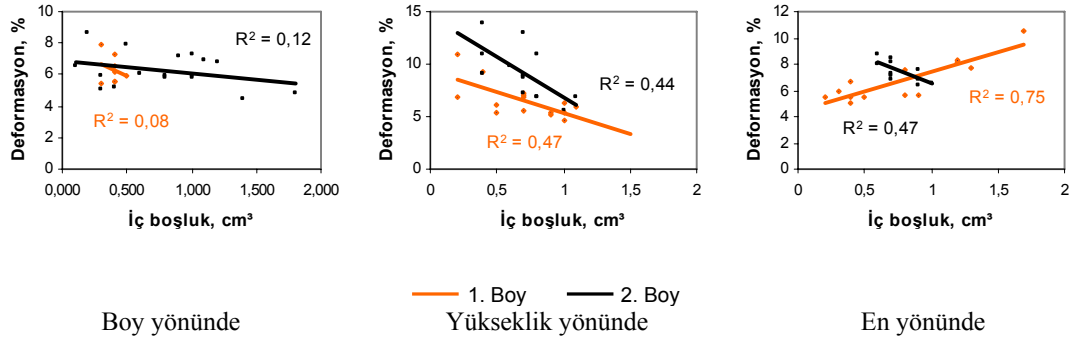
Şekil 4.6.9. Foşa fındık çeşidinde iç boşluk ile kırılma kuvveti arasındaki ilişki

Boy, yükseklik ve en yönlerinden kırılan Foşa çeşidinin 1. boy fındıklarında iç boşluklar arttıkça kırılma enerjileri artma eğilimi göstermiştir. Enine kırılan fındıklarda bu eğilim daha güçlüdür ($R^2 = 0.90$). 2. boy fındıklar ise 1. boy fındıklara göre zıt bir durum söz konusudur. Boyuna ve enine kırılan örneklerde iç boşluk arttıkça kırılma enerjisi düşmüştür. Ancak bu ilişki güçlü değildir. Yükseklik yönünde ise iç boşluk ile kırılma enerjisi arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 4.6.10.).



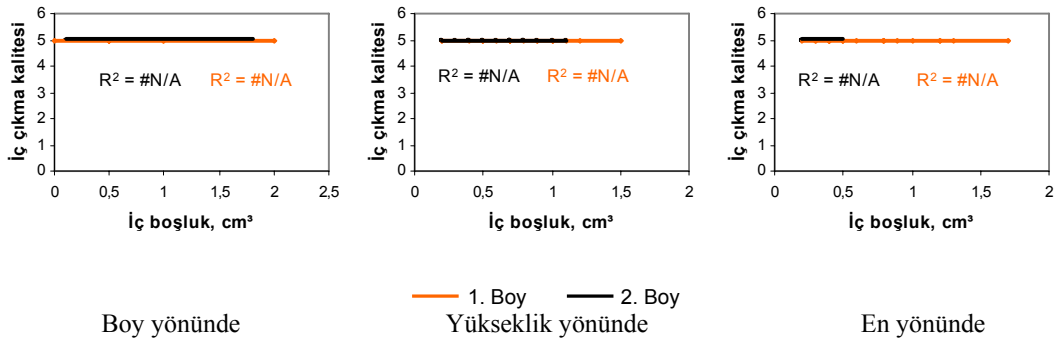
Şekil 4.6.10. Foşa fındık çeşidinde iç boşluk ile kırılma enerjisi arasındaki ilişki

Boyuna kırılan Foşa çeşidine ait meyve örneklerinde iç boşluk ile deformasyon arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır. Yükseklik yönünde kırılan fındıklarda iç boşluk ile deformasyon arasındaki ilişki güçlü değildir. 1. boy ve 2. boy örnekler için belirleme katsayıları (R^2) sırasıyla 0.47 ve 0.44 olarak bulunmuştur. Her iki boyda yükseklik yönünde kırılan örneklerde iç boşluk ile deformasyon ters orantılıdır. Enine kırılan 1.boy fındıkların iç boşlukları ile deformasyonları arasında doğru orantılı bir ilişki varken 2.boy fındıklarda ters orantılı bir ilişki bulunmuştur (Şekil 4.6.11.).



Şekil 4.6.11. Foşa fıındık çeşidinde iç boşluk ile deformasyon arasındaki ilişki

Foşa çeşidine ait örneklerin içlerinin sağlam çıkması nedeniyle, tüm kırma yönlerinde ve her iki boyda iç boşluk ile iç çıkma kalitesi arasında bir ilişki saptanamamıştır (Şekil 4.6.12.).



Şekil 4.6.12. Foşa fıındık çeşidinde iç boşluk ile iç çıkma kalitesi arasındaki ilişki

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada çeşitlerin fındıklarda kırma özellikleri üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. Boyuna kırılan fındıklarda en yüksek ortalama kırılma kuvveti, kırılma enerjisi ve deformasyon Foşa çeşidinde, en düşük ortalamalar ise Tombul çeşidinde bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.1.1.). Bu sonuçlar boyuna kırılma durumunda, incelediğimiz üç fındık çeşidi içerisinde Tombul çeşidine ait fındıkların daha kolay, Foşa çeşidi fındıkların ise daha zor işlenebileceğini göstermektedir. Yükseklik yönünde kırılan fındıklarda çeşitlerin kırılma kuvveti, kırılma enerjisi ve deformasyon üzerine önemli bir etkisinin olmadığı bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.1.2.). Enine kırılan fındıklarda en düşük ortalama kırılma kuvveti, kırılma enerjisi ve deformasyonun Tombul çeşidinde, en yüksek ortalama değerlerin ise Sivri çeşidinde olduğu saptanmıştır (Bkz. Çizelge 4.1.3.). Enine kırılma durumunda Tombul çeşidine ait fındıkların daha kolay, Sivri çeşidine ait meyvelerin ise daha zor işlenebileceği söylenebilir. Özdemir ve Akıncı'nın (2004) Palaz, Tombul, Çakıldak ve Kara fındık çeşitlerini inceledikleri çalışmada da çeşitler kırma özellikleri üzerine etkili olmuştur. Benzer şekilde Güner vd. (2003) Acı Fındık, Çakıldak, Tombul ve Güney Karası çeşitleri arasında kırılma özelliklerinin farklılık gösterdiğini bulmuşlardır. Bu sonuçlar fındık kırma makinaları tasarlanırken çeşitlerin kırılma özellikleri üzerine olan etkilerinin dikkate alınması gerektiğini akla getirmektedir.

Tombul çeşidinde kırma yönü ile kırılma kuvveti, kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi arasında önemli bir ilişki bulunmamaktadır (Bkz. Çizelge 4.2.1.). Benzer şekilde Sivri çeşidinde de kırma yönünün kırılma enerjisi, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine önemli bir etkisi saptanamamıştır. Sivri çeşidinde sadece 2. boy fındıklarda kırılma kuvveti kırma yönüne göre değişim göstermiştir (Bkz. Çizelge 4.2.2.). Foşa çeşidinde kırma yönü, kırılma kuvveti ve deformasyon üzerine etkili olmuştur. En yüksek ortalama kırılma kuvveti boyuna kırılan fındıklarda, en düşük ortalama kırılma kuvveti ise yükseklik yönünde kırılan fındıklarda görülmüştür. En

yüksek ortalama deformasyon yükseklik yönünde kırılan fındıklarda, en düşük ortalama deformasyon ise boyuna kırılan fındıklarda meydana gelmiştir (Bkz. Çizelge 4.2.3.).

Tombul çeşidine ait fındıklarda kırma hızı kırılma kuvveti, deformasyon ve iç çıkma kalitesi üzerine etkili olmuştur. Kırılma enerjisinde ise önemli bir değişim gerçekleşmemiştir. Kırma hızı arttıkça kırılma kuvveti ve deformasyonda artış meydana gelmiştir. Genel olarak fındıkların kırma hızı yükseldikçe iç çıkma kalitesinde azalma meydana gelmiştir. Sivri çeşidinde kırma hızı genel olarak kırılma özelliklerini çok fazla etkilememiş, ancak bu çeşitte kırma hızının iç çıkma kalitesi üzerine etkili olduğu saptanmıştır. Kırma hızı arttıkça iç çıkma kalitesinde düşme olduğu bulunmuştur. 0.5 mm/s hızında kırılan Tombul ve Sivri çeşidine ait fındıklardan oldukça kaliteli iç elde edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.3.1., Çizelge 4.3.2.). Bu sonuçlara göre iç çıkma kalitesini artırmak için kırma hızının düşük tutulmasının gerekli olduğu açıktır. Foşa çeşidi fındıklarda da kırma hızının kırılma özellikleri üzerine çok önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Foşa çeşidine ait 2. boy fındıkların kırılma enerjileri ve deformasyonları kırma hızına bağlı olarak değişmiştir (Bkz. Çizelge 4.3.3.).

Boy ve yükseklik yönlerinden kuvvet uygulanarak kırılan Foşa çeşidine ait 2. boy fındıklar dışındaki örneklerde kabuk kalınlığı arttıkça kabuk kırılma kuvvetinin de artış gösterdiği saptanmıştır (Bkz. Şekil 4.4.1., 4.4.5., 4.4.9.). Bulgularımıza paralel olarak, Bostan (1999a) tarafından yapılan çalışmada Tombul, Sivri ve Kalıncara çeşitlerinde kabuk kalınlığı arttıkça kabuk kırılma direncinin de arttığı ifade edilmiştir. Aynı şekilde Koyuncu vd. (2004b) cevizlerde tüm kırma yönlerinde kabuk kalınlığı ile kabuk kırılma direnci arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Genel olarak bakıldığında çeşitlerde kabuk kalınlığı arttıkça kırılma enerjisinin de arttığı görülmektedir. Benzer şekilde Koyuncu vd. (2004b), sutur ve yükseklik yönlerinden kırılan cevizlerde kabuk kalınlığı arttıkça kırılma enerjisinin de arttığını saptamışlardır. En kararlı sonuçlar, örnekler enine kırıldığında elde edilmiştir. Her üç çeşitte ve iki boyda enine kırılan örneklerde kabuk kalınlığına bağlı olarak kırılma enerjisi de

artmıştır. Örnekler yükseklik yönünde kırıldığında her üç çeşitte de 1. boy örneklerde kabuk kalınlığı arttıkça kırılma enerjisi de artmıştır. Yükseklik yönünde kırılan Foşa çeşidine ait 2. boy fındıkların kabuk kalınlıkları arttıkça kırılma enerjileri azalmıştır. Yükseklik yönünde kırılan Sivri ve Tombul çeşidinin 2. boy meyvelerinde kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır. Boyuna kırılan Tombul çeşidinin meyve örneklerinde kabuk kalınlığı arttıkça kırılma enerjisi de artmıştır. Sivri çeşidine ait 2. boy ve Foşa çeşidine ait 1. boy örneklerde de kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasında doğru orantılı bir ilişki saptanmıştır. Sivri çeşidine ait 1. boy ve Foşa çeşidine ait 2. boy örneklerde ise kabuk kalınlığı ile kırılma enerjisi arasında ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır (Bkz. Şekil 4.4.2., 4.4.6., 4.4.10.). Bu sonuçlar fındıklarda kabuk yapılarının ve buna bağlı olarak meyvelerin kırılma özelliklerinin çeşitlere göre değiştiğini ortaya koymaktadır. Öyle ki, bir çeşit bir yönde öteki çeşit başka bir yönde en düşük kırılma enerjisi değeri vermektedir.

Tombul çeşidinde örneklerin kabuk kalınlıkları arttıkça deformasyon değerleri de artmıştır (Bkz. Şekil 4.4.3.). Sivri çeşidine ait fındıklarda ise kabuk kalınlığı arttıkça deformasyon değerleri azalma göstermiştir (Bkz. Şekil 4.4.7.). Foşa çeşidinde boyuna kırılan 1. boy ve enine kırılan 2. boy dışındaki örneklerde kabuk kalınlığı arttıkça deformasyon azalmıştır (Bkz. Şekil 4.4.11.). Bulgularımız doğrultusunda Koyuncu vd. (2004b) boyuna kırılan cevizlerde deformasyonun kabuk kalınlığı ile ters orantılı olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Tombul çeşidinin Sivri ve Foşa çeşidinden farklı davranış göstermesinin sebebi kabuk yapısından kaynaklanıyor olabilir. Nitekim Tombul çeşidinde fındıkların kabuklarının diğer çeşitlere göre daha ince yapılı olduğu bilinmektedir. Kabuk kalınlığı arttıkça kabuk içerisindeki boşluklar da artıyor olabilir. Kabuk içerisindeki boşlukların artması ile fındık kabuğunun esnekliği artacaktır. Bu sebepten dolayı Tombul çeşidine ait fındıkların kabuk kalınlıkları arttıkça deformasyonları da artıyor olabilir.

Genellikle, üç fındık çeşidinde de ortalama geometrik çap arttıkça kırılma kuvveti de artmıştır. Bulduğumuz sonuçlara paralel olarak, Bostan (1999) fındık meyvesinin

boyutları arttıkça kabuk kırılma direncinin de arttığını bildirmektedir. Ayrıca Braga vd. (1999), Macadamia cevizlerinde de meyve boyutlarıyla doğru orantılı olarak kırılma kuvvetinin arttığını belirtmişlerdir. Sonuçlar genel olarak ele alındığında, örnekleri kırmak için gerekli olan enerjinin örneklerin ortalama geometrik çapları ile doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Nitekim Braga vd. (1999), Macadamia cevizlerinin boyutları arttıkça örnekleri kırmak için gerekli olan enerjinin de arttığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde en ve sutur yönlerinden kırılan cevizlerin ortalama geometrik çapları arttıkça kırılma enerjilerinin de arttığı ifade edilmiştir (Koyuncu vd., 2004b). İstisnalar dışında örneklerin ortalama geometrik çapları arttıkça deformasyonları düşmüştür (Bkz. Şekil 4.5.3., 4.5.7., 4.5.11.). Bu sonuç, kırma işlemi esnasında büyük fındıkların küçüklere oranla daha az deforme olduklarını göstermektedir. Koyuncu vd. (2004b) tarafından cevizler üzerine yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar da ortalama geometrik çap ile deformasyon arasındaki bu ilişkiyi desteklemektedir. Boyuna kırılan Macadamia cevizlerinden de benzer sonuçlar alınmıştır (Braga vd., 1999).

Hareketli bir cismin enerjisi; cisme uygulanan kuvvet ile cismin aldığı mesafe olarak tanımlanır. Fındığın kırılma enerjisi ise kırma kuvveti ile deformasyonun çarpımıdır. Örneklerin ortalama geometrik çapları arttıkça kırılma kuvveti ve kırılma enerjisi artarken deformasyonun düşmesinin sebebi kırılma kuvvetindeki artışın deformasyondaki azalmaya oranla daha yüksek oranda olmasından kaynaklanmaktadır. Kırılma enerjisinin büyüklüğü kırma makinasının tükettiği enerjiyi de etkileyecektir. Kırılma enerjisi ne kadar az olursa kırma makinasının kırma aşamasında tükettiği enerji o kadar az olacaktır. Düşük enerji tüketimi sayesinde işletme harcamalarında önemli bir yer tutan enerji maliyetlerinin azalması mümkün olacaktır.

Genel olarak bakıldığında fındıklarda iç boşluk ile kırılma özellikleri arasında güçlü ve tutarlı ilişkiler bulunamamıştır. Fındıklarda kırılma özellikleri üzerine diğer faktörlerin daha etkili olduğunu söyleyebiliriz.

Çalışmada elde edilen bulgularda bazı farklılıkların olması oldukça doğaldır. Çünkü fındık meyveleri biyolojik ürünlerdir. Fındık çeşitleri arasında önemli farklar vardır. Aynı çeşit içerisinde bile farklılıklar vardır. Meyvelerin kabuk şekli ve kabuk yapısı çeşitlilik göstermektedir. Bu sebeplerden dolayı her fındık meyvesi aynı davranışı göstermeyecektir.

Çalışmada fındıkların ortalama geometrik çaplarının ve kabuk kalınlıklarının, kabuk kırılma özelliklerini önemli şekilde etkilediği bulunmuştur. Fındıkların kırılma hızlarının da iç çıkma kalitesini etkilediği saptanmıştır. Fındık kırma makinalarında içlerin daha kaliteli çıkması için düşük kırma hızları seçilmelidir. Ayrıca fındık kırma makinalarından daha verimli sonuçlar alınabilmesi için fındığın boyutları ve kabuk kalınlık değerleri de göz önüne alınmalıdır. Ortalama geometrik çap kırılma özelliklerini etkilediği için fındıklarda boylama işlemine önem verilmelidir. Kırma makinalarında aynı anda kırılacak fındıkların büyüklükleri ne kadar birbirine yakın olursa kırma makinasının verimi de o kadar yüksek olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Anonim, 1978. Türk Standartları Enstitüsü, İç Fındık. TS 3075/Mart, Ankara.
- Anonim, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu Meyvecilik Alt Komisyon Raporu. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Anonim, 2002. <http://www.ftg.org.tr>
- Anonymous, 2003. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (<http://www.fao.org>)
- Aydın, C., 2002. Physical Properties of Hazel Nuts. *Biosystem Engineering*, 82(3), 297-303.
- Aydın, C., Özcan, M., 2002. Some Physico-Mechanic Properties of Terebinth (*Pistacia Terebinthus* L.) Fruits. *Journal of Food Engineering*, 53, 97-101.
- Ayfer, M., 1973. İç fındıklarda gizli vurgunlar üzerinde bir araştırma. *Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 23 (3) , 269 – 284.
- Ayfer, M., 1984. Dünya da ve Türkiye de Fındık. Türkiye Ekonomisinde Fındığın Yeri ve Önemi. İstanbul, İktisadi Araştırma Vakfı, 33-35.
- Braga, G. C., Couto, S. M., Hara, T., Neto, C. T. P. A., 1999. Mechanical Behavior of Macadamia Nut under Compression Loading. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72, 239-245.
- Bostan, S. Z., 1998. Fındıkta Önemli Bir Sorun: Çeşit Belirsizliği. *Ordu'da Tarım Dergisi*, Yıl 3, Sayı 10.
- Bostan, S. Z., 1999a. Fındıkta Kabuk Kırılma Direnci ile Diğer Bazı Meyve Özellikleri Arasındaki İlişkiler Üzerine Bir Araştırma. *Bahçe*, 28 (1-2): 21-27.
- Bostan, S. Z., 1999b. Fındıkta Kabuk Kırılma Direncinin Rakım, Meyve Nem İçeriği Ve İllere Göre Değişimi Üzerine Bir Araştırma. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 30(1). 11-14.
- Dursun, I. G., 1997. Bazı Türlerin Nokta Yüğü Altındaki Kabuk Kırılma Dirençlerinin Belirlenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi*, 950-957, Tokat.
- Gezer, İ., Haciseferoğulları, H., Demir, F., 2002. Some Physical Properties of Hacihaliloğlu Apricot Pit and Its Kernel. *Journal of Food Engineering*, 56, 49-57.

- Güner, M., Vatandaş, M., Dursun E., 1999. Bazı Kayısı Çeşitlerinde Çekirdek Kırılma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 5 (1), 95-103.
- Güner, M., Dursun, E., Dursun, İ. G., 2003. Mechanical Behaviour of Hazelnut under Compression Loading. *Biosystems Engineering*, 85 (4), 485-491.
- Güzel, E., Ülger, P., Kayışoğlu, B., 1999. Ürün İşleme ve Değerlendirme Tekniği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:145, Adana.
- Koyuncu, M. A., Koyuncu, F. and Bakır, N., 2004a. Selected Drying Conditions and Storage Period and Quality of Walnut Selections. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27, 87-99.
- Koyuncu, M. A., Ekinci, K. and Savran, E., 2004b. Cracking Characteristics of Walnut. *Biosystems Engineering*, 87 (3), 305–311.
- Kulaç, A., 1997. Türk Fındık Piyasası ve Türk Fındığının Dış Talebinin Tahmini. Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), Trabzon.
- Kuralay, C., 1991. Yeni Bir Fındık Kırma Makinasının Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Liang, T. A., 1977. A New Processing for Maximizing Macadamia Nut Kernel Recovery. *Transactions of the ASAE*, 20(3), 438-443.
- Liang, T. A., China L and Mitchell, J. B., 1984. Modelling Moisture Influence on Macadamia Nut Kernel Recovery. *Transactions of the ASAE*, 27, 1538-1541.
- Mitra S. K., Rathore, D. S. and Bose T. K., 2003. Temperate fruits. *Horticulture and Allied Publishers* 27/3, India.
- Nalbant, M., 1991. Fındık Kabuğunun Sıkıştırma ve Çarptırma Yöntemiyle Kırılması. *Samsun 19 Mayıs Üniversitesi Yıllığı*, 115-130.
- Özdemir, M., Özilgen, M., 1997. Comparison of the Quality of Hazelnuts Unshelled with Different Sizing and Cracking Systems. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 67, 219-227.
- Özdemir, M., 1997. Critical Evaluation of Properties of Turkish Hazelnuts. *Gıda Teknolojisi*, 2 (10), 46-52.
- Özdemir, M., 1999. Comparison of The Quality of Hazelnut Shelled with Modified Conical Sheller and Stone Sheller. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72, 211–216.

- Özdemir, F. ve Akıncı, İ., 2004. Physical and Nutritional Properties of Four Major Commercial Turkish Hazelnut Varieties. *Journal of Food Engineering*, 63, 341–347.
- Sali, B., 1999. Fındık Kırma Teknolojisinde Yatay Eksenli Silindirik Tambur Sisteminin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sarig, Y., Grosz, F., Rasis, S., 1980. The Development of a Mechanical Cracker for Macadamia Nuts. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 25, 367-374.
- Sitkei, G., 1986. *Mechanics of Agricultural Materials*. Akademiai Kiado, Budapest.
- Soylu, A., 1997. Ilıman İklim Meyveleri-II. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları, No: 72, Bursa.
- Tang, G. P., Liang, T., Munchmeyer, F., 1982. A Variable Deformation Macadamia Nut Cracker. *Transactions of the ASAE*, 25(6), 1506-1522.
- Vursavuş, K., Özgüven, F., 2004. Mechanical Behavior of Apricot Pit under Compression Loading. *Journal of Food Engineering*, 65, 255–261.
- Xavier, J. A., 1992. Study of Macadamia Nut Breakage. MS Thesis, Botucatu, SP, UNESP, Brazil.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Murat KAÇAL

Doğum Yeri : ISPARTA

Doğum Yılı : 1977

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise : 1991 – 1994 Isparta Endüstri Meslek Lisesi, Elektronik Bölümü

Lisans : 1994 – 1999 S.D.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği
Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi:

2000 - Uzman, Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı