

## Bazı Kayısı Çeşitlerinde Çekirdek Kırılma Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Metin GÜNER<sup>1</sup> Mustafa VATANDAŞ<sup>1</sup> Ergin DURSUN<sup>1</sup>

Geliş Tarihi: 18.12.1998

**Özet:** Bu araştırmada Hasanbey, Hacıhaliloğlu, Çöloğlu, Tokaloğlu ve Çataloğlu kayısı çekirdeklerine, paralel plakalar arasında kuvvet uygulayarak kırılma dirençleri, kırılma enerjileri, kuvvet-zaman ve kuvvet-deformasyon eğrileri belirlenmiştir. Denemelerde kayısı çekirdeklerinin üç boyutu ölçülmüş, geometrik ortalama çap değerleri hesaplanmış ve ağırlıkları tartılmıştır. Denemeler üç farklı çekirdek neminde yapılmıştır. Çekirdekler doğal durumdaki nem, 24 saat ve 48 saat suda bekletildikten sonraki nem değerlerinde denemeye alınmışlardır. Denemeler sonucunda doğal nem koşulunda en büyük kırılma direnci ve kırılma enerjisi Çöloğlu çeşidinde 503 N ve 239 Nmm, en küçük kırılma direnci ve kırılma enerjisi ise Hacıhaliloğlu çeşidinde 333 N ve 122 Nmm olarak bulunmuştur. Ayrıca nem değeri arttıkça kırılma direncinin azaldığı, kırılma enerjisinin ise arttığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kayısı çekirdeği, kırılma direnci, kırılma enerjisi, kuvvet-zaman eğrisi, kuvvet-deformasyon eğrisi

### Determination of Cracking Characteristics of Some Variety of Apricot Stones

**Abstract:** In this research energy and force required to crack, the force-deformation and the force-time curves of some variety of apricot stones such as Hasanbey, Hacıhaliloğlu, Çöloğlu, Tokaloğlu, Çataloğlu were determined by using two parallel rigid plates. The size and weight of apricot stones were obtained and geometric mean diameter was calculated before the tests. The tests were conducted for three different moisture. The stones were tested in natural, treated with water for 24 and 48 hours. At the end of the research, the maximum energy and force required to crack were obtained for the variety of Çöloğlu as 239 Nmm and 503 N in the natural moisture respectively. Hacıhaliloğlu had the minimum energy and force as 122 Nmm and 333 N at the same moisture respectively. Moreover, we found that the energy increased and the force decreased as the moisture increased.

**Key Words:** Apricot stone, the cracking force, the force-time curve, the force-deformation curve

#### Giriş

Kayısı (*P. armeniaca* L.) Rosales takımının Rosaceae familyasının Prunaceae alt familyasının Prunus cinsine girer. Bu tür, zerdalinin (*P. armeniaca* L.) aşı ile çeşit halinde çoğaltılan bir kültür tipidir (Özbek 1978). Kayısı taze, kurutulmuş ve konserve olarak bütün yıl tüketilen bir meyvedir. İnsan beslenmesinde büyük önemi vardır. Minerallerden potasyum ve vitaminlerden A vitamininin ön ögesi olan β-karoten yönünden zengindir. Kayısı bademi; badem yağı, benzaldehit, furfural, aktif karbon, amigdalin ve hidrosiyamik asit yapımında kullanılmaktadır (Yıldız 1994). Dünyada kayısı üretimi bakımından Türkiye 378.000 ton/yıl değeriyle birinci sırayı almaktadır (Anonim 1992). Türkiye'de en fazla kayısı yetiştiriciliği Malatya ilinde yapılmaktadır. Malatya'da en çok yetiştirilen çeşitler Hasanbey, Hacıhaliloğlu, Çataloğlu, Çöloğlu ve Tokaloğlu'dur. Bu çeşitlere ilişkin bazı özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Kayısı çekirdeklerinin kullanıma hazır hale getirilebilmeleri için kırılarak içlerinin (bademlerinin) çıkartılması gerekmektedir. Çekirdek kırma, elle ya da makinayla yapılmaktadır. Çekirdeklerin kırılma dirençlerinin belirlenmesi çekirdek kırma makinasının tasarımı ve yapımında önemli olmaktadır.

Güzel ve Sinn (1990), W.Navel portakallarında değişik yükleme hızlarında ve üç farklı meyve konumunda kuvvet deformasyon ilişkilerini incelemişlerdir. Sinn ve Özgüven (1989), biyolojik malzemelerin fiziksel özellikleri ve ölçüm yöntemlerini vermişlerdir. TS 3690 (Anonim 1981) ve ISO 6479 (Anonim 1984) standartlarında kayısı çekirdeği bademleri hakkında standart değerler ortaya konulmuştur. Sağlam ve Dikilitaş (1998) yaptıkları araştırmada kayısı çekirdeğinin fiziko-mekanik özelliklerini belirlemişler ve kırılma direncinin ölçümünde çeki-bası deney setinden yararlanmışlardır. Kayısı çekirdeklerini çeşit belirtmeden % 0 ve % 8,8 nem değerinde denemeye almışlar, maksimum kırılma kuvvetini ve esneme değerini bulmuşlardır. Pektekin (1994), kayısı çeşitleri ve çekirdek özelliklerini açıklamıştır. Mohsenin (1980), bazı tarımsal ürünlerin deformasyonunda gerekli olan kuvvet ve enerji değerlerini vermiştir. Ayrıca biyolojik materyallerin kuvvet-deformasyon ilişkilerini ayrıntılı biçimde açıklamıştır. Sitkei (1986) tarımsal ürünlerin mekanik özellikleriyle ilgili ayrıntılı bilgiler ortaya koymuştur. Keskin ve Güner (1996) ise kükürlenmiş kayısının çekirdeğini çıkartacak bir makinanın tasarım ve imalatını yapmışlardır. Fridley ve

<sup>1</sup> Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü - Ankara

Çizelge 1. Denemeye alınan kayısı çeşitlerinin bazı özellikleri

Özellik	Kayısı çeşidi				
	Hacıhaliloğlu	Çataloğlu	Çöloğlu	Hasanbey	Tokaloğlu
Orijini	Türkiye	Türkiye	Türkiye	Türkiye	Türkiye
Ağaç habitüsü	Dik-yayvan ve kuvvetli	Dik-yayvan ve kuvvetli	Dik-yayvan ve kuvvetli	Yayvan ve kuvvetli	Dik ve orta kuvvetli
Verimi	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
Meyve şekli	Oval	Oval	Yuvarlak	Yürek	Yürek
Meyve ağırlığı (g)	20-45	23-37	25-35	45-60	35-40
Meyve tadı	Çok tatlı	Tatlı	Çok tatlı	Çok tatlı	Tatsız
Meyvenin et-çekirdek oranı	14/1	12/1	11/1	13/1	15/1
Çekirdek şekli	Oval	Oval	Yuvarlak	Uzun Oval	Oval
Çekirdek tadı	Tatlı	Tatlı	Tatlı	Tatlı	Tatlı
Çekirdeğin ete bağlılık durumu	Serbest	Az bağlı	Az bağlı	Az bağlı	Az bağlı
Meyvenin simetri durumu	Belirgin simetrik	Belirgin simetrik	Belirgin asimetric	Belirgin simetrik	Belirgin asimetric
Meyve üst rengi	Turuncu	Sarı	Sarı	Sarı	Turuncu
Meyvede yanak durumu	Kuvvetli	Orta	Zayıf	Zayıf	Zayıf
Meyve et rengi	Sarı	Sarı	Sarı	Açık sarı	Sarı
Meyve eti dokusu	Sert	Sert	Yumuşak	Orta sert	Lifi
Asitlik (%)	0,3	0,3	0,19	0,1	0,5
Kuru madde (%)	26	26	21	18	18

Adrian (1966) yaptıkları çalışmada elma, kayısı, şeftali ve armutun ezilme direncini ve ezilme enerjisini, kuvvet-deformasyon eğrisi yardımıyla bulmuşlardır. Araştırmacılar kuvvet-deformasyon eğrisinin altındaki alanı ezilme enerjisi olarak tanımlamışlardır. Prussia ve ark. (1985), bir tür ceviz olan Pecan meyvesinin elastiklik modülünü kuvvet-deformasyon eğrisinden yararlanarak bulmuşlardır. Arnold ve Mohsenin (1971), kuvvet-deformasyon eğrisi yardımıyla elastiklik modülü belirleme yöntemlerini açıklamışlardır.

Bu çalışmada; kayısı çekirdeğinin kırılma direnci, kırılma enerjisi, kuvvet-deformasyon ve kuvvet-zaman eğrileri, paralel plakalar arasında çekirdeğe kuvvet uygulayarak belirlenmiştir.

### Materyal ve Yöntem

Deneme materyali olarak Malatya'da üretimi yapılan Hasanbey, Hacıhaliloğlu, Çöloğlu, Tokaloğlu ve Çataloğlu kayısı çekirdekleri alınmıştır. Denemelerde kullanılan kayısı çekirdeklerinin bazı özellikleri ve nem değerleri ortalama değer olarak Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2'de a: en büyük eksen uzunluğu (mm), b: a eksenine dik eksen uzunluğu (mm), c: a ve b eksenlerine dik eksen uzunluğu (mm)'dir (Şekil 1). Geometrik ortalama çap ise  $(a.b.c)^{1/3}$  ile gösterilmiştir. Ağırlık değeri kırılmamış ve bademi alınmamış kayısı çekirdeği ağırlığıdır. Nem olarak da üç farklı nem alınmıştır.

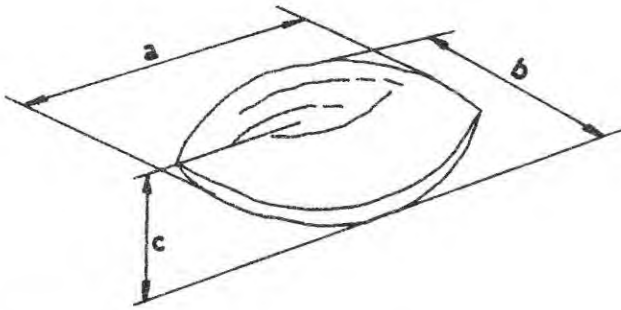
Kayısı çekirdeğinin kırılma direncinin ölçülebilmesi amacıyla Şekil 2'deki deney düzeneği kullanılmıştır. Denemelerde HBM dinamometre-amplifikatör setinden yararlanılmıştır.

Amplifikatör çıkışı X-Y tipi kalemli bir yazıcının düşey girişine uygulanmıştır. Yazıcının yatay eksenine ise bir testere dişi jeneratörden elde edilen sinyalle zaman boyutunu verecek şekilde oluşturulmuştur. Ölçme setinin kalibrasyonu standart ağırlıklar ve kronometre kullanılarak yapılmıştır. Ağırlık-kuvvet regresyon denkleminde  $r^2=1$  olarak elde edilmiştir.

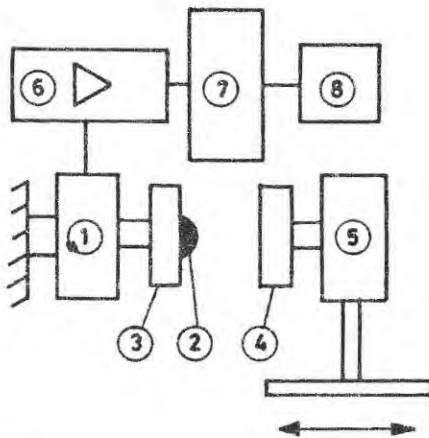
Deneme düzeninde çekirdekler sabit plakaya yatay konumda yapıştırılmakta, hareketli plaka 0,52 mm/s hızla çekirdeğe yaklaştırılmaktadır. Hareketli plaka çekirdeğe dokunduğu anda, basıya çalışan dinamometre üzerinde oluşan impuls amplifikatöre gönderilmektedir. Kuvvet bilgisini taşıyan impuls, amplifikatörde 500 kat yükseltilerek X-Y yazıcısına verilmektedir. Yazıcıya yerleştirilmiş olan milimetrik kağıtta yatay eksende zaman, düşey eksende ise kuvvet değerleri bulunmaktadır. Kırılma başladığında X-Y yazıcı kalemi, kırılma eğrisini çizmeye başlamakta, maksimum kırılma kuvveti noktasında eğri tepe noktaya ulaşmakta, sonra azalarak yatay eksene yaklaşmakta ve yatay eksenle çakışmasıyla kırılma işlemi tamamlanmaktadır. Şekil 3'te tipik bir kırılma eğrisi görülmektedir.

Çizelge 2. Denemeye alınan kayısı çekirdeklerinin bazı özellikleri ve nem değerleri

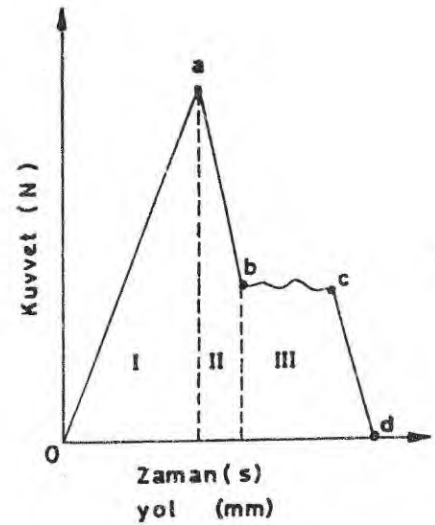
Çeşit	Deneme No	a	b	c	$(abc)^{1/3}$	Ağırlık (g)	Nem (%)
Hasanbey	1	31,8	19,6	11,2	19,1	2,6	6,50
	2	30,4	18,7	11,3	18,4	2,3	20,83
	3	30,1	19,0	11,5	18,8	2,4	24,61
Hacıhaliloğlu	1	25,7	16,2	10,8	16,5	2,2	5,84
	2	25,5	15,8	10,8	16,3	1,8	20,19
	3	26,6	16,3	10,7	16,7	1,8	23,22
Çöloğlu	1	23,8	18,3	13,4	17,9	2,1	5,94
	2	24,7	19,3	13,2	18,5	2,4	19,61
	3	24,4	19,1	14,4	18,9	2,5	22,30
Tokaloğlu	1	21,0	15,7	13,3	16,4	1,5	6,25
	2	21,3	15,9	11,6	15,8	1,4	19,30
	3	21,1	15,8	12,3	16,0	1,7	24,31
Çataloğlu	1	26,5	18,0	11,5	17,6	1,9	6,30
	2	26,3	17,5	11,1	17,2	1,8	22,34
	3	26,4	18,0	11,4	17,7	2,0	25,08



Şekil 1. Kayısı çekirdeği ve a, b, c boyutları



Şekil 2. Deney düzeneği (1: Dinamometre, 2: Örnek çekirdek, 3: Sabit plaka, 4: Hareketli plaka, 5: Hareketli platform, 6: Amplifikatör, 7: Yazıcı, 8: Testere dişli jeneratör)



Şekil 3. Kayısı çekirdeği kırılma eğrisinin genel karakteristiği

Bu eğriden de görülebileceği gibi çekirdeğin kırılma işlemi 3 aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşamada (I), çekirdeğe uygulanan kuvvet sürekli artmakta (oa), a noktasında maksimuma ulaşarak kırılma başlamakta yani çekirdekte ilk çatlak oluşmaktadır. Grafikte I. bölge olarak tanımlanan bu bölgeye elastik bölge denmektedir. İkinci bölgede (II), çekirdekte meydana gelen çatlaklar kuvvet azalmasına rağmen giderek artmakta ve kırılma işlemi b noktasında sonuçlanmaktadır. Bu bölgede kuvvetin azalmasının nedeni, çekirdek kabuğunun direncini kaybetmesi ve kabukla çekirdek bademi arasındaki

boşluğun geçilmesidir. Bu, b noktasından sonra çekirdek kabuğu ince parçalara ayrılmakta ve ezilmeye başlamaktadır. Üçüncü bölgede b ve c noktaları arasında çekirdek bademi kısmen zarar görebilmektedir. c noktasında ise hareket durdurulmakta ve d noktasında kırma işlemi tamamlanmaktadır. Grafikte ikinci bölge (II) kırılma ve üçüncü bölge (III) ezilme bölgesi olarak tanımlanabilmektedir.

Şekil 3'te grafiğin tepe noktası maksimum kuvvet olarak alınmıştır. Her bölgenin enerji değeri kuvvet-yol eğrisi altında kalan alan hesaplanarak bulunmuştur. Eğrinin altındaki alanın hesaplanmasında milimetrik kareler sayılmıştır. Yatay eksen; hareketli plakanın yaklaşma hızı belli olduğundan hız ve zamandan gidilerek yol boyutuna dönüştürülmüştür. Kuvvet ise kalibre edilmiş düşey eksenden okunmuştur.

Kayısı çekirdekleri doğal durumda, 24 saat ve 48 saat suda bekletilerek 3 farklı nem değerinde denemeye alınmışlardır. Denemelere başlamadan önce çekirdeklerin uzunluk, genişlik ve kalınlık boyutları ile ağırlıkları ölçülmüştür. Her bir çeşit ve her bir nem değeri için 25 adet kayısı çekirdeği kullanılmış olup toplam 375 adet kayısı çekirdeği denemeye alınmıştır. Nem değerleri çekirdeklerin etüvde 105 °C'de 48 saat bekletilmesiyle ağırlık farklarından yararlanılarak yaş baz esasına göre belirlenmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

Denemelerde kullanılan Hasanbey, Hacıhaliloğlu, Çöloğlu, Tokaloğlu ve Çataloğlu kayısı çekirdeklerine ilişkin sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelgede kırılma dirençlerinin ve toplam enerji (elastik + kırılma + ezilme) değerlerinin maksimum, minimum ve ortalama değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 3 değerleri incelendiğinde; her bir çeşit kayısı çekirdeğinin nem değerlerinin artışına bağlı olarak maksimum, minimum ve ortalama kırılma dirençlerinin azalmakta, kırılma enerjilerinin ise artmakta olduğu görülebilir. Mohsenin (1980); soya fasülyesi, mısır, buğday, arpa ve yulafın nem değişimine bağlı ezilme (parçalanma) için gerekli enerji ve kuvvet gereksinimlerini verdiği çalışmasında nemin artmasıyla enerji gereksiniminin arttığını, kuvvetin ise azaldığını bildirmektedir. Örneğin yazar, buğdayda nem % 1 iken ortalama enerji gereksinimini 5,23 Nmm, kuvvet gereksinimini 58 N, nem % 8'e çıktığında aynı değerleri sırasıyla 11,2 Nmm ve 45 N olarak vermiştir. Yine Sağlam ve Dikilitaş (1998) yaptıkları çalışmada nem arttıkça maksimum kırılma kuvvetinin azaldığını bildirmektedirler. Yukarıda verilen her iki örnek de yapılan çalışma sonuçlarını destekler niteliktedir.

Çizelge 3'te görülebileceği gibi ortalama en küçük kırılma direnci % 24,31 nem değerinde 205 N'la Tokaloğlu, en yüksek ortalama kırılma direnci % 5,94 nem değerinde 503 N'la Çöloğlu çeşitlerinde elde edilmiştir.

Doğal nem değerleri göz önüne alındığında en küçük ortalama enerji değeri % 5,84 nemde 122 Nmm ile Hacıhaliloğlu, en büyük ortalama nem değeri % 5,94 nemde 239 Nmm ile Çöloğlu çeşidinde bulunmuştur. Kayısı çekirdeklerindeki nemin artmasıyla enerji gereksiniminin artmasının nedeni, çekirdek kabuğunun nemle kırılma direncinin azalması ve elastik özelliklerinin artması olarak kabul edilebilmektedir. Nitekim Sağlam ve Dikilitaş (1998) nemin artmasıyla çekirdek kabuğunun kırılma enerjisiyle ilgili olan esneme miktarının arttığını bildirmişlerdir.

Materyal ve yöntem bölümünde de bildirildiği gibi toplam kırılma enerjisi üç bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlere ilişkin enerji değerleri Çizelge 4'te görülmektedir.

Çizelge 4'te verilen toplam kırılma enerjisini oluşturan, elastik, kırılma ve ezilme enerjileri arasındaki ilişkiler incelendiğinde Çöloğlu çeşidi hariç diğer çeşitlerde nem arttıkça elastik + kırılma bölgesi enerjisi artmaktadır. Çöloğlu kayısı çekirdeğinde ise nem arttıkça ezilme bölgesi enerjisi diğer çeşitlere kıyasla daha fazla yükselmiş olup elastik + kırılma bölgeleri toplam enerjilerinden daha fazla enerji gereksinimi ortaya çıkmıştır. Bu durum doğal nem koşulu olan % 5,94 nemde görülmektedir. Çöloğlu çekirdeğine ilişkin grafiklerde de bu durum açıkça kendisini göstermektedir. Çekirdeklerin kırılmasında en önemli enerji çeşidi elastik+kırılma bölgesinin yuttuğu enerjidir. Çünkü çekirdeğin kırılmasının tamamlandığı bölge bu iki bölgenin toplamıdır. Ezilme bölgesinde ise çekirdek kabuğu parçalandıktan sonra, kuvvet uygulanmaya devam edilmekte, kayısı bademi ile kabuk arasındaki boşluk geçilmektedir. Plaka, kayısı bademine dokunduğu anda hareket durdurulmakta ve kırma işlemi tamamlanmaktadır. Kayısı bademinin kabuklarından arındırılması için bu bölgenin kuvvet uygulanarak oluşturulması gerekli olabilmektedir. Bu nedenle çalışmada bu bölge de ele alınmıştır. Elastik bölgenin neme bağlı enerji değişimi incelendiğinde, Çöloğlu çeşidi dışında nem arttıkça elastik bölge enerjisi de artmaktadır. Çöloğlu çeşidinde ise nem arttıkça elastik bölge enerjisi azalmakta fakat ezilme bölgesi enerjisi çok yükselmektedir. Bunun nedeni, Çöloğlu kayısı çekirdeğinin yuvarlaklık oranının fazla olmasına bağlanabilir. Nitekim, denemeye alınan diğer çekirdekler oval iken Çöloğlu kayısı çekirdeği yuvarlak biçimlidir. Deneme plakalarıyla ilk temas alanı, diğer çekirdeklere göre yuvarlak biçiminden dolayı az olan Çöloğlu çekirdeğinin nemin artmasıyla ve temas alanının deformasyon ilerledikçe büyümesiyle gereksinim duyduğu enerji de artmaktadır. Ayrıca Çöloğlu çekirdeği diğer çeşitlere göre daha serttir ve Çizelge 3'te de görüldüğü gibi en yüksek ortalama kırılma enerjisine sahiptir.

Denemeye alınan kayısı çekirdeklerinin kuvvet-deformasyon ve kuvvet-zaman eğrileri genel olarak birbirlerine benzeseler de özeld bazı farklılıklar göstermektedirler. Şekil 4...8'de her bir kayısı çekirdeğine ilişkin üç farklı yaş baz (WB) nem değerinde elde edilen grafiklerden üçer adet örnek verilmiştir. Şekillerde yatay (x)

Çizelge 3. Kırılma direnci ve toplam kırılma enerjisi değerleri

Çeşit	Nem (%)	Kırılma direnci (N)			Toplam kırılma enerjisi (Nmm)		
		mak.	min.	ort.	mak.	min.	ort.
Hasanbey	6,50	483	286	452	215	100	155
	20,83	450	266	351	303	119	234
	24,61	293	250	338	355	176	258
Hacıhaliloğlu	5,84	413	266	333	167	81	122
	20,19	393	217	307	248	82	148
	23,22	353	183	275	285	111	165
Çöloğlu	5,94	609	392	503	300	167	239
	19,61	366	233	312	345	196	279
	22,30	346	220	289	374	244	300
Tokaloğlu	6,25	452	313	435	195	115	167
	19,30	276	170	261	270	122	197
	24,31	246	107	205	291	150	241
Çataloğlu	6,30	433	350	400	248	122	172
	22,34	416	216	331	234	144	197
	25,08	343	206	318	228	137	208

Çizelge 4. Elastik bölge, kırılma ve ezilme bölgelerine ilişkin kırılma enerjisi değerleri

Çeşit	Nem (%)	Kırılma enerjisi (Nmm)			
		Elastik bölge	Kırılma bölgesi	Ezilme bölgesi	Elastik+kırılma bölgesi
Hasanbey	6,50	119,0	27,5	8,5	146,5
	20,83	133,4	31,8	68,8	165,2
	24,61	143,2	34,4	80,4	177,6
Hacıhaliloğlu	5,84	80,8	21,6	19,6	102,4
	20,19	88,7	39,3	20,0	128,0
	23,22	104,6	30,6	29,8	135,2
Çöloğlu	5,94	162,0	43,0	34,0	205,0
	19,61	90,0	16,6	172,4	106,6
	22,30	84,9	18,3	196,8	103,2
Tokaloğlu	6,25	93,4	25,9	47,7	119,3
	19,30	113,0	15,1	68,9	128,1
	24,31	148,1	18,7	74,2	166,8
Çataloğlu	6,30	104,7	26,8	40,5	131,5
	22,34	109,4	34,6	53,0	144,0
	25,08	119,3	30,0	58,7	149,3

ekseninde deformasyon (mm) ve zaman (s), düşey (y) ekseninde ise kuvvet (N) olarak verilmiştir. Yatay eksenindeki her birim uzunluk 0,2216 mm'lik deformasyona ve 0,423 s'lik zamana eşdeğerdir. Düşey (y) eksenindeki her birim uzunluk ise 33,3 N'luk kuvvet değerine eşit olmaktadır. Şekillerde (oa) eğrisinin altında kalan alan elastik bölge, (ab) eğrisi altında kalan alan kırılma bölgesi ve (bcd) eğrisi altında kalan alan ise ezilme bölgesini

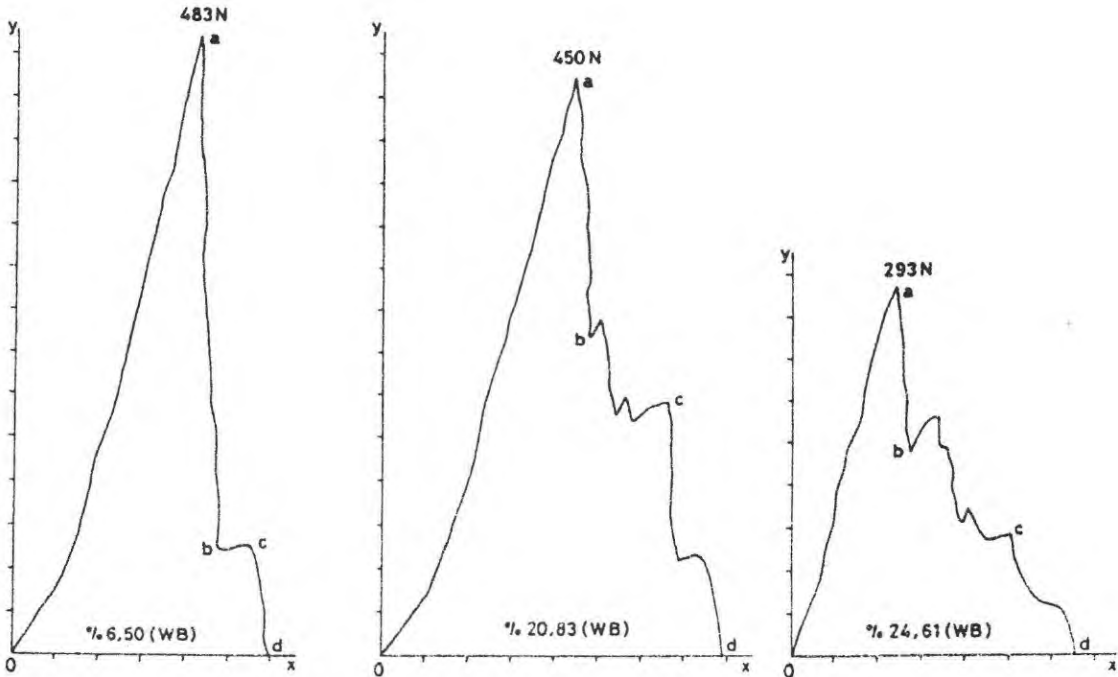
meydana getirmektedir. Yine ilgili eğriler altında kalan alanlar ise sırasıyla elastik, kırılma ve ezilme enerjilerini göstermektedir. Kırılma plakaları çekirdek kabuğuna (o) noktasında temas etmekte, (oa) arası kuvvet giderek artmakta ve çekirdeği sıkıştırmaktadır. İlk çatlama ve maksimum kırılma kuvveti (a) noktasında meydana gelmekte ve kabuk, direncini kaybederek gittikçe azalan miktarda direnç göstermektedir.

Çatlamanın meydana geldiği (a) noktasından (b) noktasına giderken kuvvet azalmakta ve kabuğun plakaya temas eden tüm yüzeyi parçalara ayrılmaktadır. Kırılma (b) noktasında tamamlanmakta ve bundan sonra badem ile kabuk arasındaki boşluk geçilerek (bc) arasında dalgalı bir eğri izlenmektedir. Plakanın bademe temas ettiği nokta (c) noktasıdır. Bu noktada, uygulanan kuvvet kaldırılmakta ya da plakanın hareketi kesilmektedir. Bu nedenle kuvvet sıfıra yani (d) noktasına düşmektedir. Şekillerdeki eğriler her çekirdek çeşidinin geçirdiği kırılma aşamalarını göstermektedir. Daha önce de belirtildiği gibi nem arttıkça kuvvetin azaldığı gerçeği şekillerde de açıkça görülmektedir.

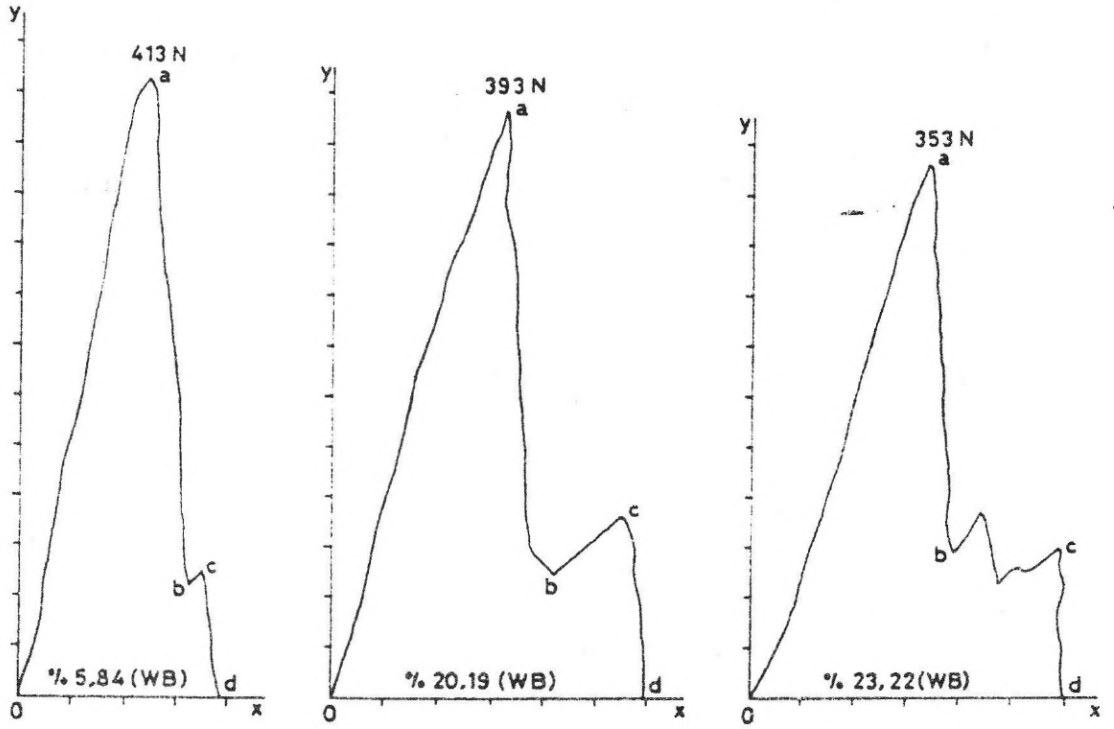
### Sonuç

Hasanbey, Hacıhaliloğlu, Çöloğlu, Tokaloğlu ve Çataloğlu kayısı çekirdekleriyle üç farklı nem koşulunda yapılan denemelerde, kuvvet-deformasyon ve kuvvet-

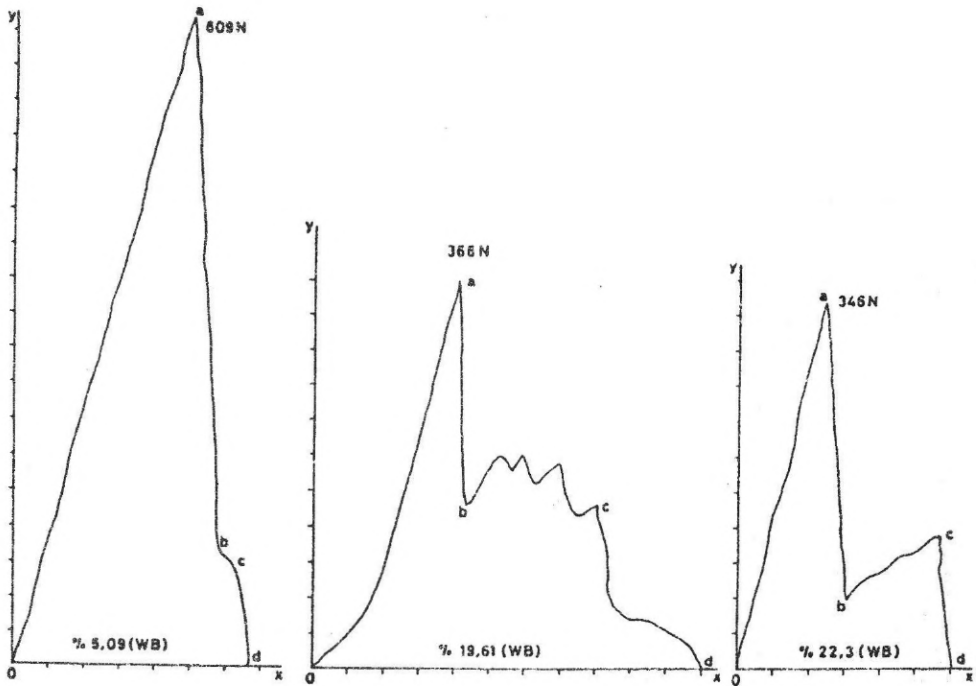
zaman eğrileri çıkartılmıştır. Herbir çeşit kayısı çekirdeğinde nemin artmasıyla kırılma direncinin azaldığı, buna karşılık kırılma enerjisinin arttığı bulunmuştur. Doğal nem koşulunda ortalama en büyük kırılma direnci 503 N'la Çöloğlunda, ortalama en küçük kırılma direnci 333 N'la Hacıhaliloğlunda elde edilmiştir. Ortalama toplam kırılma enerjisi doğal nemde en büyük Çöloğlu çeşidinde 239 Nmm ve en küçük Hacıhaliloğlu çeşidinde 122 Nmm olarak bulunmuştur. Diğer nem düzeylerinde çekirdeklerin yani 24 saat ve 48 saat suda bekletilmeleriyle yapılan denemelerde, ortalama kırılma direncinin en büyük Hasanbey çeşidinde, ortalama kırılma enerjisinin ise en büyük Çöloğlu çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Çöloğlu kayısı çeşidi hariç diğer kayısı çekirdeklerinde nem arttıkça elastik + kırılma bölgesi enerjisi artmaktadır. Çöloğlu çeşidinde ise azalmaktadır. Ezilme bölgesinin enerjisi tüm çeşitlerde neme bağlı olarak artış göstermektedir. Elastik bölge enerjisi de Çöloğlu çeşidi dışında nemle birlikte artmaktadır.



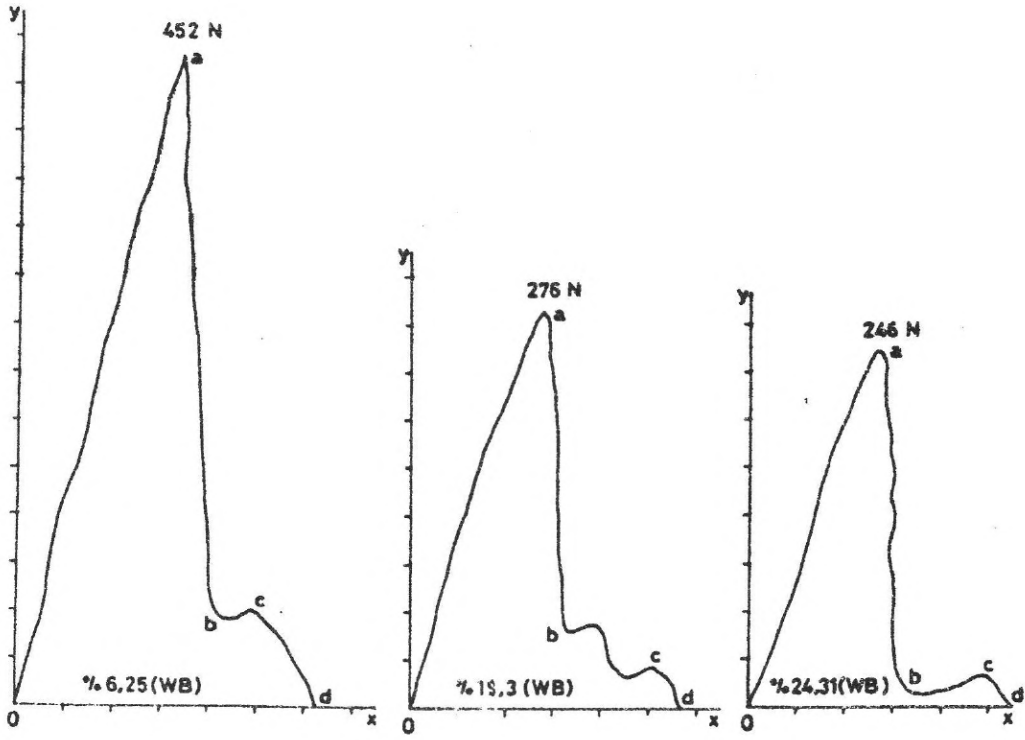
Şekil 4. Hasanbey kayısı çekirdeği kırılma eğrisi



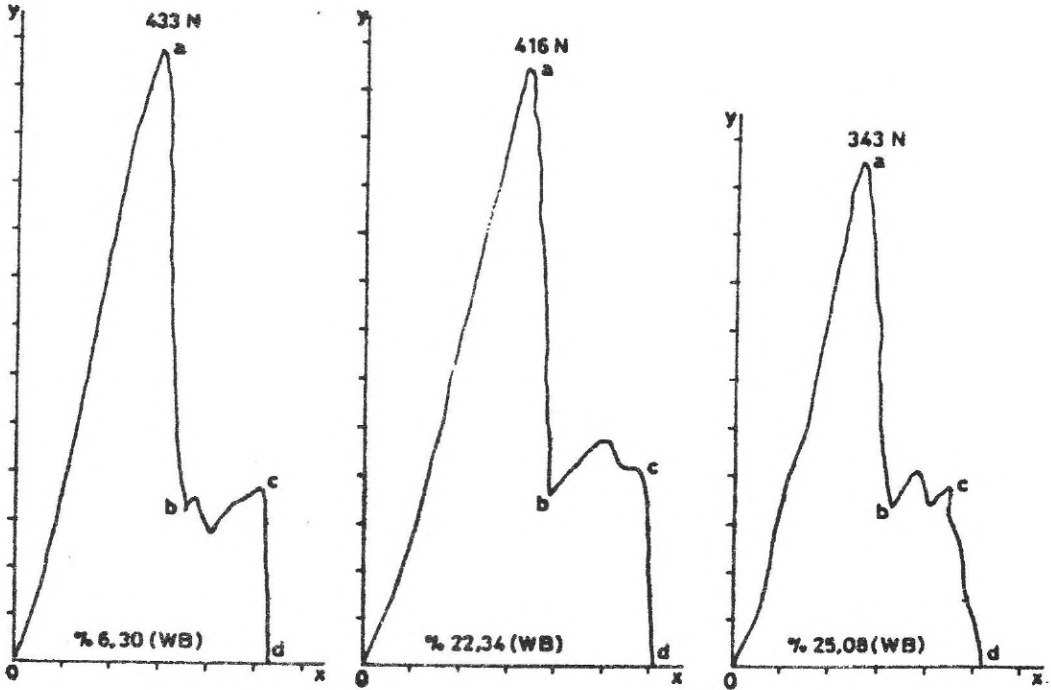
Şekil 5. Hacihaliloğlu kayısı çekirdeği kırılma eğrisi



Şekil 6. Çöloğlu kayısı çekirdeği kırılma eğrisi



Şekil 7. Tokaloğlu kayısı çekirdeği kırılma eğrisi



Şekil 8. Çataoğlu kayısı çekirdeği kırılma eğrisi



### Kaynaklar

- Anonim, 1981. Kayısı Çekirdeği İçi "Tatlı". Türk Standartları Enstitüsü, TS 3690, Ankara.
- Anonymous, 1984. Shelled Sweet Kernels of Apricots. ISO 6479 (E).
- Anonymous, 1992. FAO Production Yearbook. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Vol. 41, Rome.
- Arnold, P. C. ve N. N. Mohsenin, 1971. Proposed Techniques For Axial Compression Tests on Intact Agricultural Products of Convex Shape. Transactions of the ASAE, 78-84.
- Fridley, R. B. ve P. A. Adrian, 1966. Mechanical Properties of Peaches, Pears, Apricots and Apples. Transactions of the ASAE, 135-142.
- Güzel, E. ve H. Sinn, 1990. Force-Deformation Behavior of W. Navel Oranges. 4<sup>th</sup> International Congress on Mechanisation and Energy in Agriculture, 1-4 October, pp. 426-439. Adana-Türkiye.
- Keskin, R. ve M. Güner, 1996. Design and Construction of A Sulphuretted Apricot Stone Extraction Machine. 6. International Congress On Agricultural Mechanisation and Energy, 2-6 September, pp. 607-614, Ankara, Türkiye.
- Mohsenin, N. N. 1980. Physical Properties of Plant And Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, 729 p, New York.
- Özbek, S. 1978. Özel Meyvecilik. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 128, Ders Kitabı: 11, Adana, 485 s.
- Pektekin, A. T. 1994. Ülkemizde Yetiştirilen Kayısı Çeşitleri ve Özellikleri: Standart dergisi özel sayısı, Mayıs, 49-53, Ankara.
- Prussia, S. E. ve B. P. Verma, 1981. Cracking Edible Nuts With Impulsive Forces. ASAE paper, 81-3543, 17 p.
- Prussia, S. E, D. T. Campbell, E. W. Tollner ve J. W. Danieli, 1985. Apparent Modulus of Elasticity of Maturing Pecans. Transactions of the ASAE, 1290-1296.
- Sağlam, R. ve S. Dikilitaş, 1998. Kayısı Çekirdeğinin Fiziko - Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, 721-730, Tekirdağ.
- Sitkei, G., 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Department of Woodworking Machines, University of Forestry and Wood Science Sopron, Hungary, 487 p.
- Sinn, H. ve F. Özgüven, 1989. Biyolojik Malzemesinin Teknik Özellikleri. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı 27, Adana, GOP.
- Yıldız, F. 1994. Kayısı İşlemede Yeni Teknolojiler. Standart Dergisi Özel Sayısı, Mayıs, 67-69, Ankara