

Buğday ve Arpanın Sıkıştırma Yükü Altındaki Mekanik Davranışlarının Belirlenmesi

Ergin DURSUN¹

Metin GÜNER¹

Geliş Tarihi :21.11. 2002

Özet: Bu çalışmada, beş farklı buğday çeşidinin (kunduru 1149, topbaş, bezostaja, gerek 79 ve tosun 21) ve arpanın (tokak 157/37) iki paralel plaka arasında sıkıştırma yükü altındaki mekanik davranışları belirlenmiştir. Denemeler 40.2 mm/min 'lik sıkıştırma hızında, iki farklı yükleme ekseninde ve üç farklı nem içeriğinde yapılmıştır. Buğday ve arpanın nem içeriği arttıkça kopma kuvveti azalmış, buna karşın kopma enerjisi artmıştır. x-x ekseninde yüklenen buğday (topbaş çeşidi hariç) ve arpanın kopma kuvvetleri y-y eksenine göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, x-x ekseninde yüklenen kunduru 1149, bezostaja ve gerek 79 buğday çeşitlerinin ve arpanın kopma enerjileri y-y eksenine göre daha yüksek bulunmuştur. Buna karşın, topbaş ve tosun 21 çeşitlerinin y-y eksenindeki kopma enerjileri x-x eksenine göre daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: buğday, arpa, mekanik davranış, kopma kuvveti, kopma enerjisi

Determination of Mechanical Behaviour of Wheat and Barley Under Compression Loading

Abstract: In this study, mechanical behaviour of five different wheat varieties (kunduru 1149, topbaş, bezostaja, gerek 79 ve tosun 21) and barley (tokak 157/37) were determined under compression loading between two parallel plates. The tests were made at deformation rate of 40.2 mm/min, two loading axis, and three moisture contents. Rupture force decreased as wheat and barley moisture content increased while rupture energy increased. Rupture forces of wheat (except topbaş variety) and barley loaded in the x-x axis were higher than those in the y-y axis. Moreover, rupture energies of kunduru 1149, bezostaja, and gerek 79 wheat varieties and barley loaded in the x-x axis were higher than y-y axis. Whereas, rupture energies of topbaş and tosun 21 wheat varieties in y-y axis were higher than those in the x-x axis.

Key Words: wheat, barley, mechanical behaviour, rupture force, rupture energy

Giriş

Taneli ürünler hasat, kurutma, taşıma ve iletim, depolama ve çeşitli işleme yöntemleriyle işleme sırasında üzerlerine uygulanan kuvvetler nedeniyle mekanik zedelenmeye maruz kalırken üründe kırık ve çatlaklar meydana gelmektedir. Bu ise ürün kalitesini düşürdüğü gibi küflenme ve çürüme nedeniyle bozulmalara neden olmaktadır. Bu nedenle, ürün kalitesinin korunması yanında ekim, hasat-harman, taşıma-iletim, hasat sonrası işleme ekipman ve sistemlerinin tasarımlarında iyileştirme amacıyla taneli ürünlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

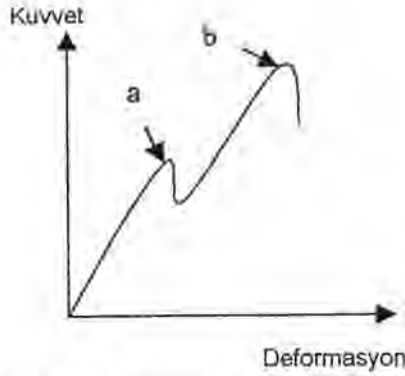
Mekanik özellikler, biyolojik materyallerin statik veya dinamik yük altındaki davranışlarını, akıcılığı, aerodinamik ve hidrodinamik özelliklerini içerir. Yük altındaki biyolojik materyallerde, uygulanan kuvvete ve kuvvetin uygulanma süresine bağlı olarak deformasyon ve akış meydana gelir. Şekil 1'de biyolojik materyallere ait tipik bir kuvvet deformasyon eğrisi verilmiştir. Kuvvet-deformasyon eğrisindeki biyolojik akma noktası, deformasyonda bir artış olmasına karşın uygulanan kuvvetin azaldığı ya da sabit kaldığı noktadır. Bu noktadan önce hücre herhangi bir zarar görmez, ancak bu noktaya gelindiğinde hücre içi kopmalar meydana gelir. Kopma noktasında ise materyalde kırılma, çatlama ve bozulma meydana gelir ve

maksimum kopma kuvveti elde edilir. Kopma noktasından sonra deformasyon hızla artarken ürünün kuvvete karşı direnci hızla azalır (Mohsenin 1970, Alayunt 2000).

Kuvvet-deformasyon ilişkisi yardımıyla, çeşitli yük tipleri altındaki ürünlerin biyolojik akma noktası, kopma noktası ve bu noktalara ulaşılması için gerekli enerji, elastisite modülü, deformasyon ve özgül deformasyon gibi temel mekanik özellikler belirlenebilmektedir. Tarımsal ürünlerin kuvvet-deformasyon ilişkileri çeşitli faktörlerin etkisi altındadır. Bunlar; ürünün cinsi, nem içeriği, yüklenme şekli, yüklenme eksen ve yükün uygulanma hızı (sıkıştırma hızı)'dır. Tarımsal ürünlerin yük altındaki mekanik davranışlarının belirlenmesi amacıyla yurt dışında oldukça fazla çalışma yapılmış olup, özellikle son yıllarda ülkemizde yapılan çalışmaların sayısı giderek artmaktadır.

Zoerb ve Hall (1960) yaptıkları çalışmada bezelye, mısır ve buğday tanelerinin temel mekanik ve reolojik özelliklerini farklı nem içerikleri ve sıkıştırma hızlarında belirlemişlerdir. Nem arttıkça kuvvetin, elastisite modülünün ve maksimum sıkıştırma gerilmesinin azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca, nem arttıkça enerji gereksiniminin mısırdaki arttığını, bezelyede ise önce artma

¹ Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü-Ankara



Şekil 1. Biyolojik materyallere ait kuvvet-deformasyon eğrisi
a. Biyolojik akma noktası, b. Kopma noktası

daha sonra azalma olduğunu belirtmişlerdir. Kang ve ark. (1995) buğday tanelerinin temel mekanik özelliklerini belirlemişlerdir. Denemelerde beş farklı buğday çeşidi kullanmışlardır. Üç farklı nem içeriği (%10, 14 ve 17) ve iki farklı sıkıştırma hızında (1 ve 250 mm/min) yaptıkları denemeler sonunda, nem içeriği arttıkça biyolojik akma için gerekli enerjinin ve kuvvetin azaldığını belirtmişlerdir.

Gunasekaran ve Paulsen (1985) kuruma oranının bir fonksiyonu olarak mısırın kırılma direncini belirlemişlerdir. Sonuçta, kuruma oranı arttığında kırılma hassasiyetinin arttığını, biyolojik akma ve kopma için uygulanan kuvvetin ve sıkıştırma enerjisinin azaldığını vurgulamışlardır. Bargale ve ark. (1995) kanola ve buğdayın reolojik davranışlarını araştırmışlardır. Araştırmacılar, nem içeriğinin artmasıyla kanola ve buğday tanelerinin maksimum sıkıştırma temas gerilmesinin lineer bir şekilde azaldığını bildirmişlerdir. Bilanski (1966) soya fasulyelerine 1.27 mm/min deformasyon hızında sıkıştırma yükü uygulayarak tohum kabuğunda ilk kırılma için gerekli kuvvet ve enerjiyi ölçmüştür. Yatay hilum konumunda yüklenmiş bir soya tanesinde, nem içeriğinin artmasıyla kırılma için gerekli ortalama kuvvetin azaldığını belirtmiştir. Oloso ve Clarke (1993) mahun cevizinin sıkıştırma yükü altındaki dayanım karakteristiklerini farklı nem içeriği ve yükleme yönlerinde belirlemişlerdir. Araştırmacılar, nem içeriğindeki artışla kopma enerjisinin arttığını, buna karşın kopma kuvvetinin azaldığını vurgulamışlardır.

Paulsen (1978) soyanın sıkıştırma yükü altındaki kırılma direncini üç farklı soya çeşidi, dört farklı nem içeriği (%8, 11, 14 ve 17) ve iki farklı yükleme ekseninde (yatay ve düşey hilum konumlarında) belirlemiştir. Araştırmacı, soyada nem içeriğinin artmasıyla kopma kuvvetinin azaldığını belirtmiştir. Ayrıca dikey hilum konumunda yüklenen soyalarda kabuk kırılması için gerekli enerjinin yatay hilum konumunda yüklenenlere göre daha az olduğunu bildirmiştir. Sağlam ve Dikilitaş (1998) kırma makinasının dizaynına yönelik olarak kayısı çekirdeğinin boyut, hacim ağırlığı, kabuk kalınlığı, statik ve dinamik yığılma açıları ve çekirdek kırılma kuvveti gibi bazı fiziko-mekanik özelliklerini belirlemişlerdir. Henry ve ark. (2000) soya fasulyesinin sıkıştırma yükü altındaki direncini belirlemek için iki farklı yükleme hızı, üç farklı yükleme eksenini ve dört farklı nem içeriğinde denemeler yapmışlardır. Sonuçta, nem içeriği arttıkça kırılma için

gerekli kuvvetin azaldığını, sıkıştırma hızı arttıkça kopma kuvvetinin de arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, kotiledon' a dik ekseninde yapılan sıkırtmada kırılma için gerekli kuvvetin diğer eksenlerden daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır.

Konak ve ark. (2002), nohutun fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, nem arttıkça kopma (kırılma) kuvvetinin azaldığını ve en yüksek kopma kuvvetinin kalınlık ekseninde elde edildiğini açıklamışlardır. Aydın (2002), fındıkların ve içlerinin bazı fiziksel özelliklerini nem içeriğine bağlı olarak değerlendirmiştir. Nem içeriğindeki artışla kırılma kuvvetinin azaldığını ve en yüksek kırılma kuvvetinin kalınlık doğrultusunda yüklenen fındıklarda elde edildiğini belirtmiştir. Tang ve ark. (1982) makadama' ya iki paralel plaka arasında yük uygulayarak kırılma karakteristiklerinin belirlemiştir.

Braga ve ark. (1999) makadamanın yük altındaki davranışını inceleyerek kabuk kopma kuvvetini, deformasyonu, kopma enerjisini ve özgül deformasyonunu bulmuşlardır. Nemin artmasıyla kopma kuvvetinin ve enerjisinin yüklenme eksenine bağlı olarak azaldığını veya arttığını belirtmişlerdir. Dursun (1997) ayçiçeği, yer fıstığı, ceviz ve fındık gibi ürünlerin kabuk kırılma dirençlerini uzunluk, genişlik ve kalınlık konumlarında belirlemiştir. Güner ve ark. (1999) beş farklı kayısı çeşidine ait çekirdeklerin kırılma karakteristiklerini belirlemişlerdir. Nem içeriği arttıkça kırılma kuvvetinin azaldığını, kırılma enerjisinin ise arttığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada; beş farklı buğday çeşidinin (Kundurdu 1149, Topbaş, Bezostaja, Gerek 79 ve Tosun 21) ve arpanın (Tokak 157/37) sıkıştırma yükü altındaki mekanik davranışlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu ürünlerin kopma kuvveti ve kopma enerjileri üç farklı nem içeriği (Bezostaja çeşidi buğday) ve arpada ve iki farklı yükleme (sıkıştırma) eksenini koşullarında belirlenmiştir.

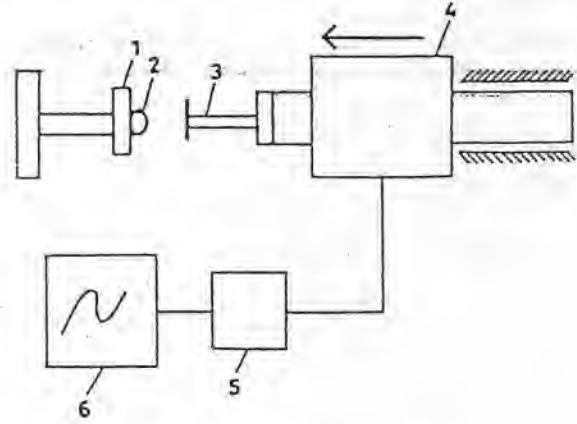
Materyal ve Yöntem

Araştırmada, deneme materyali olarak beş farklı buğday çeşidi ve arpa kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan ürünlerin ölçülen bazı özellikleri ile bunlara ait ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Bu özellikler her çeşit için 10 adet tane üzerinde ölçülmüş olup Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan buğday çeşitlerinin ve arpanın bazı özellikleri

Ürün	Ortalama boyutlar (mm)			1000 tane ağırlığı (gram)
	Uzunluk	Genişlik	Kalınlık	
Kundurdu 1149	7,1±0.45	2,7±0.36	2,6±0.13	50
Topbaş	6,5±0.66	3,6±0.16	3,2±0.28	46
Bezostaja	6,3±0.46	2,9±0.22	2,7±0.26	44
Gerek 79	6,5±0.59	2,8±0.37	2,5±0.17	40
Tosun 21	6,0±0.85	2,7±0.17	2,1±0.08	40
Tokak (157/37)	9,3±0.64	3,5±0.49	2,8±0.19	43

Ürünlerin sıkıştırma yükü altındaki mekanik davranışlarını belirlemek için Şekil 2'de gösterilen deneme düzeni kullanılmıştır. Ürünler, deneme düzenindeki sabit plaka üzerine yerleştirilmiş ve hareketli plaka sabit hızla ürüne yaklaştırılmıştır. Hareketli plaka ürüne dokunduğu anda, basiya çalışan dinamometre üzerinde oluşan impuls amplifikatöre gönderilmekte, kuvvet bilgisini taşıyan impuls amplifikatörde yükseltilecek bir X-Y yazıcısına aktarılmaktadır. Yazıcıya yerleştirilmiş olan kağıtta yatay ekseninde deformasyon ve zaman, dikey ekseninde kuvvet bulunmaktadır. Böylece öncelikle yazıcıdan kuvvet-zaman eğrileri elde edilmiş, daha sonra bu eğriler kuvvet-deformasyon eğrilerine dönüştürülmüştür. Bu eğriler yardımıyla ilk kırılmanın gerçekleştiği kopma noktasındaki kopma kuvveti (maksimum kuvvet), ve kopma enerjisi değerleri belirlenmiştir. Kopma enerjisi, kopma noktasına kadarki eğri altında kalan alanın elektronik bir planimetre kullanılarak ölçülmesiyle elde edilmiştir.



Şekil 2. Deneme düzeninin şematik görünümü
(1.Sabit plaka, 2. Örnek, 3. Hareketli plaka, 4. Dinamometre, 5. Amplifikatör, 6. X-Y yazıcısı)

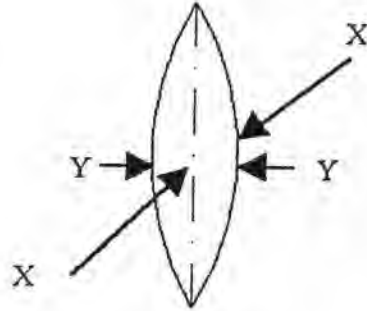
Denemelerde, kuvvetin uygulanma hızı (sıkıştırma hızı) 40.2 mm/min olarak sabit tutulmuştur. Denemeler, üç farklı nem seviyesinde ve iki farklı yüklenme ekseninde yapılmıştır. Nemin etkisi Bezostaja çeşidi buğdayda ve Tokak 157/37 çeşidi arpada incelenmiştir. Nemin etkisini incelemek için, buğday ve arpa taneleri üzerine su eklenmiştir. Islanan ürünler plastik poşetler içine konulup buzdolabında belirli bir süre bekletilerek nemin homojen dağılımı sağlanmıştır. Daha sonra buzdolabından çıkarılan ürünler oda sıcaklığında bekletilerek normal sıcaklıklarını almaları sağlanmıştır. Nem değerleri, yaş baz (w.b) esasına göre örneklerin 105 °C'de 24 saat süreyle kurutulmasıyla belirlenmiştir (Paulsen 1978, Çarman 1996, Öğüt 1998).

Ele alınan ürünler, Şekil 3'de gösterilen iki farklı yüklenme ekseninde (x-x ve y-y) sıkıştırılarak eksen etkisi incelenmiştir. Buğday ve arpada x-x yüklenme eksenini, hilumun plakalara dokunduğu yani paralel olduğu ve ürünün orta büyüklükteki ölçüsünü (genişlik) veren eksenidir. İkinci yüklenme eksenini olan y-y ekseninde hilum plakalara dik olup ürün en dar boyutunda (kalınlık) sıkıştırılmıştır.

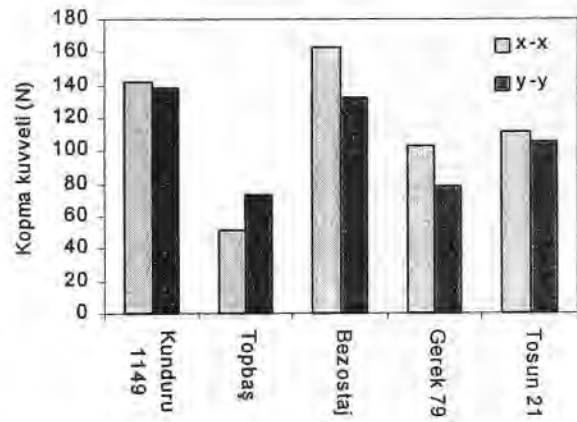
Denemeye alınan ürünlerde kırık ve çatlak olmamasına dikkat edilmiştir. Denemeler her nem seviyesi, yüklenme eksenini ve çeşit için 10 tekrürlü olarak yapılmıştır. Denemelerden elde edilen kopma kuvveti ve kopma enerjisi değerleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Beş farklı buğday çeşidinde yüklenme (sıkıştırma) eksenine bağlı olarak ilk kırılma için gerekli olan kopma kuvvetinin değişimi Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde, aynı nem içeriğinde (%4,5) x-x ekseninde en büyük kopma kuvvetinin Bezostaja çeşidinde (163,3 N), en küçük kopma kuvvetinin ise Topbaş çeşidinde (52,0 N) elde edildiği görülebilir. y-y ekseninde ise en büyük ve en küçük kopma kuvvetleri kunduru 1149 (138,2 N) ve Topbaş (73,3 N) çeşitlerinde elde edilmiştir. Buğday çeşidine bağlı olarak x-x ve y-y eksenlerindeki kopma



Şekil 3. Materyal sıkıştırma eksenleri



Şekil 4. Beş farklı buğday çeşidinde yüklenme eksenine bağlı olarak kopma kuvvetinin değişimi (Nem içeriği: %4.5)

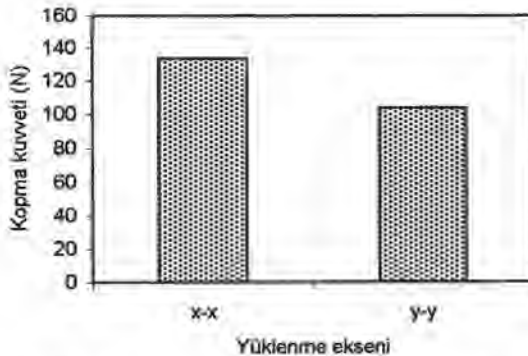
kuvvetleri karşılaştırıldığında ise, Topbaş çeşidi hariç diğer buğday çeşitlerinin x-x eksenindeki kopma kuvvetlerinin y-y eksenine göre daha yüksek olduğu görülebilir. Varyans analizi sonuçlarına göre, aynı yüklenme ekseninde buğday çeşidinin kopma kuvvetine etkisinin $P<0,01$ seviyesinde, aynı buğday çeşidinde yüklenme ekseninin kopma kuvvetine etkisinin ise $P<0,05$ seviyesinde önemli olduğu bulunmuştur. Buğday çeşidine ve yüklenme eksenine bağlı olarak elde edilen kopma kuvvetlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2'de aynı sütunda farklı büyük harflerle ve ayrıca, aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0,05$). Çizelge 2'de ayrıca ortalama kopma kuvvetleri yanında standart sapma değerleri de verilmiştir.

Arpanın x-x ve y-y eksenlerinde ölçülen kopma kuvvetleri Şekil 5'de verilmiştir. Şekil 5'de görüldüğü gibi, arpanın x-x eksenindeki kopma kuvveti (133,5 N) y-y eksenindeki kopma kuvvetinden (103,9 N) daha yüksektir. Varyans analizi sonuçları da, yüklenme ekseninin kopma kuvvetine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ($P<0,01$).

Buğday ve arpada nemin kopma kuvvetine etkisi Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde, hem buğday hem de arpada nem arttıkça kopma kuvvetinin azaldığı görülebilir. Bu sonuç Zoerb ve Hall 1960, Paulsen 1978, Kang ve ark. 1995, Braga ve ark. 1999, Güner ve ark. 1999, Henry ve ark. 2000 gibi araştırmacıların elde ettikleri sonuçlara benzerlik göstermektedir. Nem içeriği %4.5 (Nem 1), %10.3 (Nem 2) ve %15.7 (Nem 3) olan

Çizelge 2. Buğday çeşidine ve yüklenme eksenine bağlı olarak elde edilen kopma kuvvetlerine ilişkin Duncan testi sonuçları (Nem içeriği: %4.5)

Buğday çeşidi	Kopma kuvveti (N)	
	x-x	y-y
Kunduru 1149	142,4 ± 33,1 A a	138,2 ± 21,4 A a
Topbaş	52,4 ± 7,6 C a	73,4 ± 18,5 C a
Bezostaja	163,3 ± 24,7 A a	132,8 ± 20,5 A b
Gerek 79	103,0 ± 18,8 B a	78,0 ± 13,1 C b
Tosun 21	111,6 ± 18,3 B a	105,2 ± 14,2 B a



Şekil 5. Arpada yüklenme eksenine bağlı olarak kopma kuvvetinin değişimi (Nem içeriği: % 4,4)

Bezostaja çeşidi buğdayın kopma kuvveti sırasıyla 163,3 N, 136,5 N ve 128,0 N olarak bulunmuştur. Arpanın %4.4 (Nem 1), %11.1 (Nem 2) ve %16.3 (Nem 3) nemdeki kopma kuvvetleri ise sırasıyla 133,5 N, 91,7 N ve 80,2 N'dur. Varyans analizi sonuçları; buğdayda nemin kopma kuvvetine etkisinin $P<0,05$ seviyesinde, arpada ise $P<0,01$ seviyesinde önemli olduğunu göstermiştir. Şekil 6'da aynı ürün için sütunlar üzerindeki farklı harfler ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($P<0,05$).

Beş farklı buğday çeşidinde yüklenme eksenine bağlı olarak kopma enerjisindeki değişim Şekil 7'de verilmiştir. Şekil 7 incelendiğinde, x-x ekseninde en büyük kopma enerjisi Kunduru 1149 çeşidinde (177,9 Nmm), en küçük kopma enerjisi ise Topbaş çeşidinde (52,1 Nmm) elde edildiği görülebilir. y-y ekseninde ise en büyük ve en küçük kopma enerjileri sırasıyla Bezostaja çeşidinde 128,8 Nmm ve Topbaş çeşidinde 66,4 Nmm olarak bulunmuştur. Kopma enerjileri yüklenme eksenine göre karşılaştırıldığında; Kunduru 1149, Bezostaja ve Gerek 79 çeşitlerinin x-x eksenindeki kopma enerjilerinin y-y ekseninden daha yüksek olduğu görülebilir. Buna karşın Topbaş ve Tosun 21 çeşitlerinin y-y ekseninde elde edilen kopma enerjileri x-x eksenine göre daha yüksek bulunmuştur.

Varyans analizi sonuçlarına göre; aynı yüklenme ekseninde buğday çeşidinin, aynı ürün çeşidinde ise yüklenme ekseninin kopma enerjisine etkileri önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Kopma enerjisine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3'de, aynı sütunda farklı büyük harflerle ve aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0,05$). Çizelge 3'de ayrıca kopma enerjilerine ait ortalama değerlerin yanında standart sapma değerleri de verilmiştir.

Arpanın x-x ve y-y eksenlerinde ölçülen kopma enerjileri Şekil 8'de görülmektedir. Şekil 8 incelendiğinde, x-x ekseninde elde edilen kopma enerjisinin y-y eksenine göre daha yüksek olduğu görülebilir. Arpanın x-x ve y-y eksenlerindeki kopma enerjileri sırasıyla 128,1 Nmm ve 99,6 Nmm olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçları da yüklenme ekseninin kopma enerjisine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ($P<0,01$).

Buğday ve arpada nemin kopma enerjisine etkisi ise Şekil 9'da verilmiştir. Şekil 9'da görüldüğü gibi, her iki ürünün nem içeriğindeki artışla kopma enerjileri de artmıştır. Zoerb ve Hall 1960, Mohsenin 1970 ve Oloso ve Clarke 1993 gibi araştırmacılar da nem içeriğindeki artışın kopma enerjisini artırdığını bildirmişlerdir. Buğdayda % 4.5, % 10.3 ve % 15.7 nem içeriklerinde ölçülen kopma enerjileri sırasıyla 154.6 Nmm, 201.6 Nmm ve 220.6 Nmm'dir. Arpada ise %4.4, %11.1 ve %16.3 nem içeriklerindeki kopma enerjileri sırasıyla 128.1 Nmm, 144.8 Nmm ve 154.4 Nmm olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçları, buğday ve arpada nemin kopma enerjisine etkisinin sırasıyla $P<0,01$ ve $P<0,05$ seviyelerinde önemli olduğunu göstermiştir. Şekil 9'da aynı ürün için sütunlar üzerinde yer alan farklı harfler ortalamalar arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir.

Sonuç

Beş farklı buğday çeşidi ve tek çeşit arpanın iki paralel plaka arasında sıkıştırılmasıyla elde edilen araştırma sonuçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Aynı nemde, Topbaş hariç diğer buğday çeşitlerinin x-x eksenindeki kopma kuvvetleri y-y eksenine göre daha yüksek bulunmuştur.

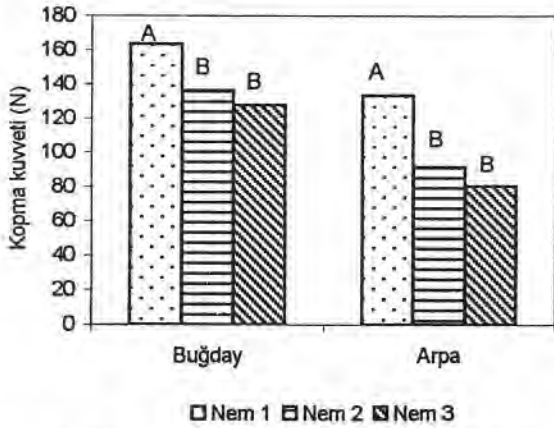
2. x-x ekseninde en büyük kopma kuvveti 163,3 N ile Bezostaja çeşidinde, en küçük kopma kuvveti ise 52,0 N ile Topbaş çeşidinde elde edilmiştir. y-y ekseninde ise en büyük kopma kuvveti 138,2 N ile Kunduru çeşidinde, en küçük kopma kuvveti 73,3 N ile yine Topbaş çeşidinde bulunmuştur.

3. Arpanın x-x eksenindeki kopma kuvveti (133,5 N) y-y eksenine (103,9 N) göre daha yüksek bulunmuştur.

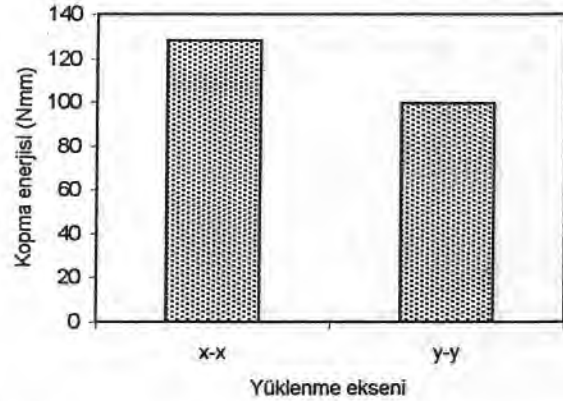
4. Buğday ve arpanın nem içeriği arttıkça kopma kuvveti azalmıştır. Buğdayda nemin %4,5'den % 15,7'ye artmasıyla kopma kuvveti 163,3 N' dan 128,0 N' a düşmüştür. Arpada ise nem içeriği % 4,4' den % 16,3' e arttığında kopma kuvveti 133,5 N' dan 80,2 N' a düşmüştür.

Çizelge 3. Buğday çeşidine ve yüklenme eksenine bağlı olarak elde edilen kopma enerjilerine ilişkin Duncan testi sonuçları (Nem içeriği: % 4,5)

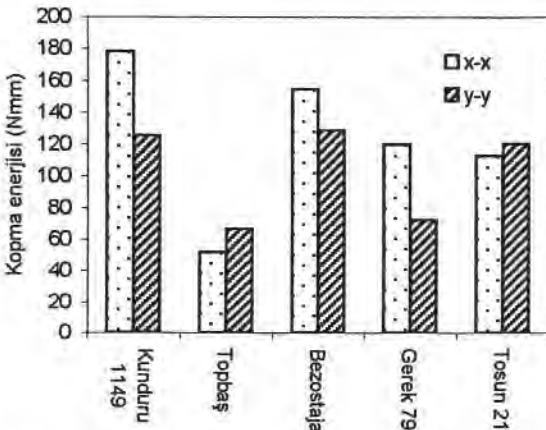
Buğday çeşidi	Kopma enerjisi (Nmm)	
	x-x	y-y
Kunduru 1149	177,9 ± 23,7 A a	125,3 ± 40,6 A a
Topbaş	52,1 ± 10,0 C a	66,4 ± 21,7 B a
Bezostaja	154,6 ± 32,6 A a	128,8 ± 27,8 A b
Gerek 79	119,8 ± 27,1 B a	72,1 ± 10,8 B b
Tosun 21	112,6 ± 25,8 B a	120,2 ± 19,1 A a



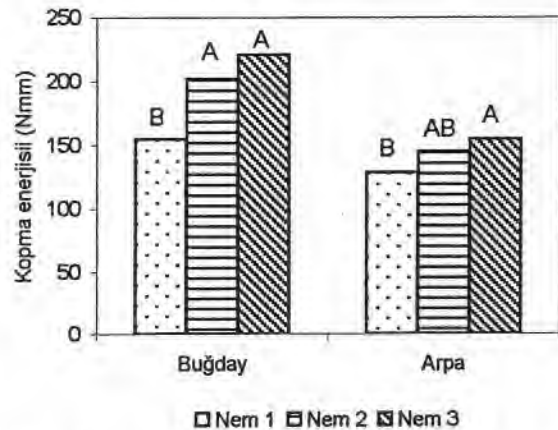
Şekil 6. Buğday ve arpada nemin kopma kuvvetine etkisi
Yükleme eksenleri: x-x



Şekil 8. Arpada yüklenme eksenine bağlı olarak kopma enerjisinin değişimi (Nem içeriği: %4,4)



Şekil 7. Beş farklı buğday çeşidinde yüklenme eksenine bağlı olarak kopma enerjisinin değişimi (Nem içeriği: % 4,5)



Şekil 9. Buğday ve arpada nem içeriğine bağlı olarak kopma enerjisinin değişimi (Yükleme eksenleri: x-x)

5. Kunduru 1149, Bezostaja ve Gerek 79 buğday çeşitleri ve arpanın x-x ekseninde elde edilen kopma enerjileri y-y eksenine göre daha yüksek iken, Topbaş ve Tosun 21 çeşitlerinde tam tersi sonuç elde edilmiştir.

6. x-x ve y-y eksenlerinde en büyük kopma enerjileri sırasıyla Kunduru 1149 (177,9 Nmm) ve Bezostaja (128,8 Nmm) buğday çeşitlerinde bulunmuştur. Her iki eksen de en küçük kopma enerjileri ise Topbaş buğday çeşidinde elde edilmiştir.

7. Buğday ve arpanın nem içeriği arttıkça kopma enerjileri artmıştır. Buğdayda nemin % 4,5' den % 15,7' ye artmasıyla kopma enerjisi 154,6 Nmm' den 220,6 Nmm' ye çıkmıştır. Arpada ise nem içeriğinin % 4,4' den % 16,3' e artması durumunda kopma enerjisi 128,1 Nmm' den 154,4 Nmm' ye yükselmiştir.

Kaynaklar

- Alayunt, F. N. 2000. Biyolojik Malzeme Bilgisi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, No: 541, Bornova, İzmir.
- Aydın, C. 2002. Physical Properties of Hazel Nuts. Biosystems Engineering, 82 (3) 297-303.
- Bargale, P. C., J. Irudiyaraj and B. Marquis, 1995. Studies on Rheological Behaviour of Canola and Wheat. J. of Agric. Eng. Res., 61, 267-274.
- Bilanski, W. K. 1966. Damage resistance of seed grains. Transactions of the ASAE, 9 (3) 360-363.
- Braga, G. C., S. M. Couto, T. Hara and J. T. P. A. Neto, 1999. Mechanical behaviour of macadamia nut under compression loading. J. of Agric. Eng. Res., 72, 239-245.
- Çarman, K. 1996. Some physical properties of lentil seeds. J. Agric. Eng. Res., 63, 87-92.
- Dursun, İ. G. 1997. Bazı ürünlerin nokta yükü altındaki kabuk kırılma dirençlerinin belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, s. 950-957, Tokat.
- Gunasekaran, S. and M. R. Paulsen, 1985. Breakage resistance of corn as a function of drying rates. Transactions of the ASAE, 28 (6) 2071-2076.
- Güner, M., M. Vatandaş ve E. Dursun, 1999. Bazı kayısı çeşitlerinde çekirdek kırılma karakteristiklerinin belirlenmesi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 5 (1) 95-103.
- Henry, Z. A., B. Su and H. Zhang, 2000. Resistance of soya beans to compression. J. Agric. Eng. Res., 76, 175-181.
- Kang, Y. S., C. K. Spillman, J. L. Steele and D. S. Chung, 1995. Mechanical properties of wheat. Transactions of the ASAE, 38 (2) 573-578.
- Konak, M., K. Çarman and C. Aydın, 2002. Physical properties of chick pea seeds. Biosystems Engineering, 82 (1) 73-78.
- Mohsenin, N. N. 1970. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Oloso, A. O. and B. Clarke, 1993. Some aspects of strength properties of cashew nuts. J. Agric. Eng. Res., 55 27-43.
- Öğüt, H. 1998. Some Physical properties of white lupin. J. Agric. Eng. Res., 69 273-277.
- Paulsen, M. R. 1978. Fracture resistance of soybeans to compressive loading. Transactions of the ASAE, 21 (6) 1210-1216.
- Sağlam, R. ve S. Dikilitaş, 1998. Kayısı çekirdeğinin fizikomekanik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, 721-730, Tekirdağ.
- Tang, G. P., T. Liang and F. Munchmeyer, 1982. A variable deformation macadamia nut cracker. Transactions of the ASAE, 1506-1511.
- Zoerb, G. C. and C. W. Hall, 1960. Some mechanical and rheological properties of grains. J. Agric. Eng. Res., 5, 83-93.

İletişim adresi:
Ergin DURSUN
Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Bölümü-Ankara
Tel: 0 312 317 05 50/1663
E-mail: edursun@agri.ankara.edu.tr