

Fasülye, Barbunya ve Mercimeğin Yük Altındaki Mekanik Davranışlarının Belirlenmesi

Metin GÜNER¹

Geliş Tarihi: 05.07.2002

Özet : Fasulye (horoz oturak ve şeker), barbunya ve mercimeğin (pul II) iki paralel plaka arasında yük altında mekanik davranışı incelenmiştir. Denemelerden önce ürünlerin boyutları ölçülmüş ve geometrik ortalama çapı, küreselliği, deformasyonu, birim deformasyonu, kopma kuvveti ve kopma enerjisi belirlenmiştir. Denemeler 10 tekerrürlü, 3 farklı nem ve iki farklı yükleme ekseninde (x-x, y-y) yapılmış, kuvvetin uygulanma hızı 40,2 mm/mi n alınmıştır. Deneme sonuçları istatistiksel açıdan da değerlendirilmiştir. Fasülye horoz oturakda en büyük birim deformasyon, kopma kuvveti ve kopma enerjisi x-x ekseninde elde edilmiştir. Nemin artmasıyla birim deformasyon ve kopma kuvveti azalmış, kopma enerjisi önce artmış sonra azalmıştır. Fasülye şekerde en büyük birim deformasyon x-x ekseninde, en büyük kopma kuvveti ve kopma enerjisi ise y-y ekseninde bulunmuştur. Barbunyada en büyük birim deformasyon ve kopma enerjisi y-y ekseninde, en büyük kopma kuvveti ise x-x ekseninde elde edilmiştir. Barbunyada nem arttıkça birim deformasyon, kopma kuvveti ve kopma enerjisi azalmıştır. Mercimekte ortalama deformasyon 0,307±0,0201 mm, birim deformasyon %12,9±0,938, kopma kuvveti 190,6±15,7 N ve kopma enerjisi 180,6±21,1 Nmm bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: fasülye, barbunya, mercimek, mekanik davranış, deformasyon, kopma kuvveti, kopma enerjisi

Determination of Mechanical Behaviour of Bean, Reddish Bean and Lentil Under Compression Loading

Abstract: This paper examines mechanical behaviour of bean (horoz oturak and şeker varieties), reddish bean and lentil (pul II variety) under compression load between two parallel plates. At the beginning of every test three major perpendicular dimensions of the seeds were measured and the geometric mean diameter, sphericity, deformation, specific deformation, initial rupture force and initial rupture energy were determined. The tests were made at three moisture contents and two compression positions (x-x, y-y). Seeds were compressed at an applied force speed of 40,2 mm/min between two parallel plates. For each combination of moisture content and load position, a sample of 10 seeds was tested. In addition, statistical analysis were made. For bean of horoz oturak variety; the maximum specific deformation, rupture force and energy were obtained at x-x load position. With increasing moisture content specific deformation and rupture force decreased and rupture energy increased to a value of moisture and then decreased. For bean of şeker variety; the maximum specific deformation occurred at x-x load position and the maximum rupture force and energy were obtained at y-y load position. For reddish bean; at the y-y load position the specific deformation and rupture energy, and at the x-x load position the maximum rupture force were obtained. The specific deformation, rupture force and energy decreased as the moisture content increased for reddish bean. The average deformation, specific deformation, rupture force and energy for lentil (pul II variety) were 0,307±0,0201 mm, %12,9±0,938, 190,6±15,7 N and 180,6±21,1 Nmm respectively.

Key Words: bean, reddish bean, lentil, mechanical behaviour, deformation, rupture force, rupture energy.

Giriş

Biyolojik malzemelerin özellikleri fiziksel, mekanik, ısı, elektrik ve optik özellikler olarak gruplandırılabilir. Biçim, boyut, hacim, yüzey alanı, özgül kütle, porozite, renk ve görünüş gibi özellikler makine tasarımında ya da materyallerin iletimindeki davranışlarının belirlenmesinde önemli olan fiziksel özelliklerden bazılarıdır. Materyallerin ısıtılması, soğutulması, kurutulması ve dondurulmasında göz önüne alınması gereken özgül ısı, ısıl iletkenlik, ısıl genişleme ve ısı yayılımı ısıl özelliklerdir. Elektrik iletkenliği, kapasitans, empedans, dielektrik gibi elektriksel özellikler materyallerin zedelenme ve nem tayini gibi pek çok işleminde kullanılmaktadır. Renk, dış görünüş, ışığı

yansıtma geçirme, soğurma gibi özellikler optik özelliklerdir. Bu özellikler tarımsal ürünlerin sınıflandırılması, olgunluğunun, yüzey renk özelliklerinin ve iç yapılarının belirlenmesinde kullanılabilmektedir.

Mekanik özellikler biyolojik malzemelerin yük altındaki davranışlarını, akıcılığı, aerodinamik ve hidrodinamik özelliklerini içerir. Tarımsal ürünler statik ya da dinamik yük altında uzarlar ya da kısalırlar. Materyale uygulanan kuvvet materyalde deformasyona ve akışa neden olur. Deformasyon ve akış uygulanan kuvvetin yanında kuvvetin uygulanma süresine de bağlıdır. Materyallerin

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

kuvvet, deformasyon ve zaman ilişkilerini inceleyen bilim dalı reolojidir. Tarımsal ürünler reolojik özellikler gösterir ya da bir başka ifadeyle belirli bir süre boyunca materyale uygulanan kuvvet materyalde deformasyona neden olur. Tarımsal ürünlerin bu deformasyon eğrileri Şekil 1'de gösterildiği gibi gerçekleşir. Kuvvet-deformasyon eğrisinde iki önemli nokta vardır. Bunlar biyolojik akma noktası ve kopma noktasıdır.

Biyolojik akma noktası (Şekil 1.a), kuvvet-deformasyon eğrisinde deformasyonda artış olurken uygulanan kuvvet azaldığı ya da sabit kaldığı noktadır. Bu noktada materyalde hücre içi kopmalar meydana gelir ve ürünlerin zedelenmeye duyarlılıklarının belirlenmesinde kullanılır. Bu noktadan önce hücre zarar görmez. Kopma noktasında (Şekil 1.b) materyal kırılır, çatlaklar ya da bozulmaya başlar. Deformasyon hızla artar ancak kuvvet düşer. Ürünün hacmi bozulur, kuvvete karşı direnci azalır ve bu noktada maksimum kopma kuvveti elde edilir (Mohsenin 1970).

Tarımsal ürünlerin yük altındaki davranışlarının incelenmesi ya da reolojik özelliklerinin belirlenmesi konusunda pek çok yurt dışı yayın yapılmış olup ülkemizdeki çalışmalar son yıllarda yoğunluk kazanmıştır. Sağlam ve Dikilitaş (1998), kırma makine sistemlerinin dizayn edilmesinde önemli olan kayısı çekirdeğinin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemişler ve kayısı çekirdeğinin boyut, kabuk kalınlığı, hacim ağırlığı, statik ve dinamik yığılma açıları, çekirdek kırılma kuvveti gibi özelliklerinin ölçümünü yapmışlar. Güner ve ark. (1999), bazı kayısı çekirdek çeşitlerinin kırılma karakteristiklerini belirlemişler ve bu çekirdeklerin kuvvet-deformasyon eğrilerini çizerek kırılma kuvveti ve kırılma enerjisi değerlerini bulmuşlardır. Vatandaş ve ark (2002), beş farklı nohut çeşidinin sıkıştırma yükü altındaki mekanik davranışını belirlemişler ve dört farklı nem ile üç farklı kuvvetin uygulanma hızı ve iki farklı yükleme eksenini kullanmışlardır. Nem arttıkça kırılma kuvvetinin arttığını ve deformasyon enerjisinin azaldığını ifade etmişlerdir.

Gunasekaran ve Paulsen (1985), kuruma oranlarının fonksiyon olarak mısırın kırılma kuvvetini bulmuşlardır. Kuruma oranlarının artmasıyla mısırın kırılma kuvvetinin arttığını, biyolojik akma noktası ile kopma noktasında ortalama kuvvetin ve enerjinin azaldığını bildirmişlerdir. Zoerb ve Hall (1960), bezelye, mısır ve buğdayın bazı mekanik ve reolojik özelliklerini belirlemişler, nem içeriğinin dayanım özelliklerine etkili olduğunu bulmuşlardır. Nem arttıkça kuvvetin, elastisite modülünün, maksimum sıkıştırma gerilmesinin azaldığını bildirmişlerdir. Yine araştırmacılar nem arttıkça enerji gereksiniminin mısırdaki arttığını, bezelyede önce artıp sonra azaldığını saptamışlardır. Barych (2000), avakado meyvesinin dayanım özelliklerini araştırmıştır. Tang ve ark. (1982), macadamia'nın kırılma karakteristiklerini belirlemişler ve meyveyi iki paralel plaka arasında kırarak kuvvet-deformasyon eğrisini çıkarmışlardır.

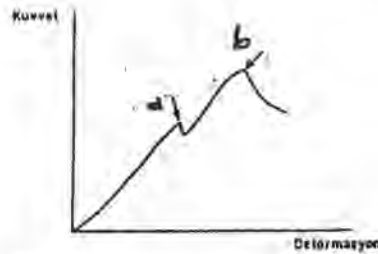
Bargale ve ark. (1995), canola ve buğdayın elastisite modülü, maksimum sıkıştırma gerilmesi, kuvvet-

deformasyon eğrisi gibi özelliklerini değişik nemlerde belirlemişlerdir. Nem arttıkça elastisite modülünün ve maksimum sıkıştırma gerilmesinin azaldığını bulmuşlardır. Wright ve Splinter (1968), patatesin yavaş yük ve çarpma yük altında mekanik davranışını incelemiştir. Kopma kuvvetini ve enerjisini bulmuşlar ve denemelerde Instron aletini kullanmışlardır. Henry ve ark. (2000), dokuz çeşit soya fasülyesinin iki sıkıştırma hızında, 3 ekseninde ve 4 farklı nemde kopma kuvveti, deformasyon, kopma enerjisi ile tangant ve secant modülünü bulmuşlardır. Nem arttıkça soyanın sıkıştırılmaya karşı direnci artmış ve cotyledon'a dik ekseninde yapılan sıkıştırmada en büyük direnç elde edilmiştir. Sıkıştırma hızı arttıkça kopma kuvveti de artmıştır.

Kang ve ark. (1995), buğdayın mekanik özelliklerini incelemişler. Buğdayın biyolojik akma sınırındaki gerilme, uzama enerji gibi özelliklerini saptamışlardır. Nem arttıkça enerjinin ve kuvvetin azaldığını bulmuşlardır. Paulsen (1978), soya fasülyesinin yük altındaki davranışını incelemiştir. Soyanın kopma kuvveti, deformasyon ve enerji değerleri ölçülmüştür. Soya çeşidi olarak Amsoy-71, Corsoy ve Williams kullanılmıştır. Dört farklı nem ve iki farklı ekseninde ölçümler yapılmıştır. Nem arttıkça kopma kuvvetinin azaldığı, enerjinin belli bir neme kadar arttığı daha sonra azaldığı saptanmıştır. Bu ilişkilerin eksene göre değişebildiği ifade edilmiştir.

Gilberto ve ark.(1999), Macadamianın yük altındaki davranışını incelemişler ve kabuğun kopma kuvvetini, deformasyonunu, birim deformasyonunu ve kopma enerjisini bulmuşlardır. Kuvvet-deformasyon eğrisi altındaki alanı enerji olarak almışlar nemin artmasıyla kopma kuvvetinin ve enerjisinin eksene göre azaldığını ve/veya arttığını bildirmişlerdir. Oloso ve Clarke (1993), mahun cevzinin bazı dayanım özelliklerini belirlemişlerdir. Denemelerde nemin, yüklenme ekseninin etkisini incelemişler ve nem arttıkça kopma kuvvetinin azaldığını ve kopma enerjisinin arttığını bulmuşlardır.

Bu çalışmada fasülye (şeker ve horoz oturak), barbunya ve mercimek'in (pul-II) ekiminden tüketimine kadar karşılaşılabileceği fiziksel etkiler karşısındaki mekanik davranışın irdelenmesine çalışılmıştır. Anılan ürünlerin deformasyon, birim deformasyon, kopma kuvveti, kopma enerjisi belirlenmiştir.



Şekil 1. Tarımsal ürünlerde kuvvet-deformasyon eğrisi (a: Biyolojik akma noktası, b: Kopma noktası) (Mohsenin 1970)

Materyal ve Yöntem

Araştırmada, deneme materyali olarak fasülye (*Phaseolus vulgaris*) (şeker ve horoz oturak), barbunya (*Mullus barbatus*) ve mercimek (*Lens esculenta*) (pul II) ürünleri alınmıştır. Denemelerde nemin ve yüklenme ekseninin etkisi incelenmiştir. Ürünler Şekil 2'de gösterilen deneme düzeninde iki paralel plaka arasında kuvvet altında deformasyona uğratarak kuvvet-deformasyon arasındaki ilişkiler elde edilmiştir. Her denemeden önce ürünlerin boyutları ölçülmüş ve geometrik ortalama çap ile küresellikleri saptanmıştır. Ürünlerin en büyük boyutu uzunluk, en kısa boyutu kalınlık ve orta boyutu ise genişlik olarak alınmıştır. Mercimek de yalnızca çap ve kalınlık ölçülmüştür.

Deneme düzeninde ürünler sabit plakaya yapıştırılmış ve hareketli plaka sabit hızla ürüne yaklaştırılmıştır. Hareketli plaka ürüne dokunduğu anda, basıya çalışan dinamometre üzerinde oluşan impuls amplifikatöre gönderilmekte, kuvvet bilgisini taşıyan impuls amplifikatörde ürünün çeşidine göre 1000 ve/veya 2000 kat yükseltilerek X-Y yazıcısına verilmektedir. Yazıcıya yerleştirilmiş olan kağıtta yatay eksen de deformasyon ve zaman, düşey eksen de kuvvet bulunmaktadır. Denemelerde ürünün kopma noktasındaki kuvvet, bu noktadaki deformasyon ve kopma noktasına kadar ki eğrinin altındaki alan da enerji olarak alınmıştır. Eğrinin altındaki alanın ölçülmesinde elektronik planimetre kullanılmıştır. Birim deformasyonun hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır. (Braga ve ark. 1999).

$$\epsilon = \frac{L - L_f}{L} \cdot 100 = \frac{L_d}{L} \cdot 100$$

Burada, ϵ : Birim deformasyon (-), L: ürünün deformasyondan önceki yüklenme yönündeki boyutu (mm), L_f : ürünün deformasyondan sonraki yüklenme yönündeki boyutu (mm), L_d : deformasyon (mm)'dir.

Denemelerde kullanılan ürünler %5-6 doğal nem oranında temin edilmiş ve nemin etkisini incelemek için de bu ürünlere su eklenmiştir. Islanan ürünler plastik poşetlere alınıp buzdolabında belirli süre bekletilerek nemin homojen dağılımı sağlanmıştır. Daha sonra buzdolabından çıkarılan ürünler oda sıcaklığında bekletilerek normal sıcaklıklarını almaları sağlanmıştır. En sonunda ürünler kurutma fırınında (105°C'de) istenilen nem seviyesine gelene kadar bekletilerek nem içerikleri yaş baz esasına göre belirlenmiştir (Paulsen 1978, Deshpande ve ark. 1993, Çarman 1996, Öğüt 1998). Denemeler her ürün, her nem düzeyi ve her yüklenme eksenini için 10 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Kuvvetin uygulanma hızı 40,2 mm/min alınmıştır. Fasülye ve barbunya için yüklenme eksenleri Şekil 3'de verilmiştir.

Fasülye ve barbunyada x-x yüklenme eksenini hilumun plakalara dokunduğu yani paralel olduğu eksendir. Bu eksen boyut olarak ürünün orta büyüklükteki ölçüsünü (genişlik) veren eksendir. İkinci yüklenme eksenini olan y-y ekseninde hilum plakalara diktir ya da bir başka

ifadeyle bu eksen de ürün en dar boyutunda (kalınlık) sıkıştırılmaktadır. Mercimekte tek eksen (y-y) kullanılmıştır ve bu da en kısa (kalınlık) boyut yönünde sıkıştırılmıştır. Mercimeği dik yerleştirmek mümkün olmamıştır. Ürünlerde ilk çıt sesinin geldiği nokta kopma noktası olarak alınmıştır (Braga ve ark. 1999, Liang ve ark. 1984).

Ürünlerin geometrik ortalama çaplarının ve küreselliklerinin bulunmasında aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Mohsenin 1970)

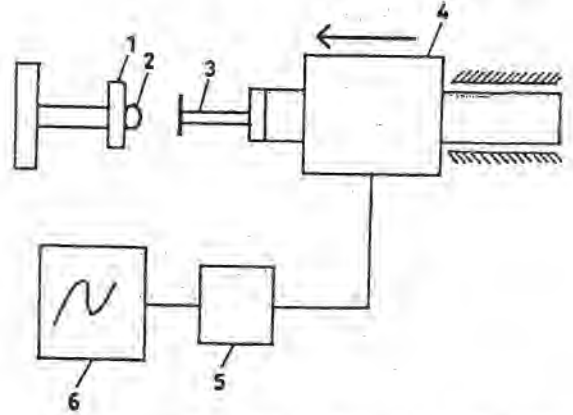
$$D_p = (L \cdot W \cdot T)^{1/3}$$

$$Q = \frac{D_p}{L} \cdot 100$$

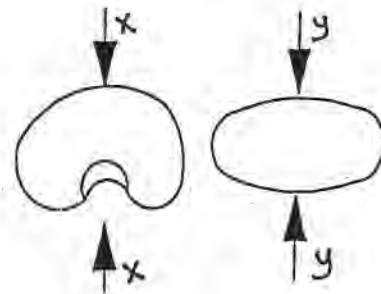
Burada D_p : geometrik ortalama çap (mm), L: uzunluk (mm), W: genişlik (mm), T: kalınlık (mm), Q: küresellik (%)'tir.

Bulgular ve Tartışma

Fasülye (horoz oturak ve şeker) ve barbunyanın iki plaka arasında sıkıştırılmasıyla elde edilen deneme sonuçları çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgedeki değerler farklı eksenlerde ve farklı nem değerlerinde onar adet örneklerin ortalaması alınarak elde edilmiştir. Çizelgede



Şekil 2. Deneme düzeni (1. Sabit plaka, 2. Tarımsal ürün, 3. Hareketli sıkıştırma plakası, 4. Dinamometre, 5. Amplifikatör, 6. X-Y yazıcı)



Şekil 3. Fasülye ve Barbunya yüklenme eksenleri

ürünlerin uzunluğu, genişliği, kalınlığı, geometrik ortalama çapı, küreselliği, deformasyonu, birim deformasyonu, kopma kuvveti ve kopma enerjisi verilmiştir. Yapılan varyans analizi de ayrıca çizelgede yer almıştır. Deformasyon, birim deformasyon, kopma kuvveti ve kopma enerjisi ortalamalarının standart hata değerleri ortalamaların yanına yazılmıştır. Değerlere eksenin etkisinin belirlenmesinde küçük a ve b harfleri kullanılmış ve aynı sütunda ve aynı üründe farklı küçük harflerle simgelendirilmiş ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Nemin faktörlere etkisinin belirlenmesinde ise büyük A, B ve C harfleri kullanılmış ve aynı sütunda ve aynı üründe farklı büyük harflerle simgelendirilmiş ortalamalar arasındaki fark yine istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Eksenin birim deformasyona, kopma kuvvetine ve kopma enerjisine etkisi çeşitlerin ortalaması olarak düzenlenmiş şekillerde (4, 5 ve 6) görülebilir. Şekil 4 incelendiğinde aynı nem içeriğinde (%6) fasülye horoz oturak ve şekerde eksen farklılığının birim deformasyona fazla bir etkisinin olmadığı bunun aksine barbunyada önemli bir farkın olduğu görülmektedir. Zaten bu fark da istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Şekil 5'de gösterilen grafiklerde fasülye horoz oturakda eksenler arasında kopma kuvvetleri açısından bir farklılığın olmadığı görülmektedir. (x-ekseni 75,36 N ve y-ekseni 75,03 N). Eksenlere bağlı olarak kopma kuvvetleri arasında fasülye şeker ve barbunyada bir fark bulunmaktadır. Bu farklardan ancak barbunyadaki fark istatistiksel açıdan önemli olmuştur.

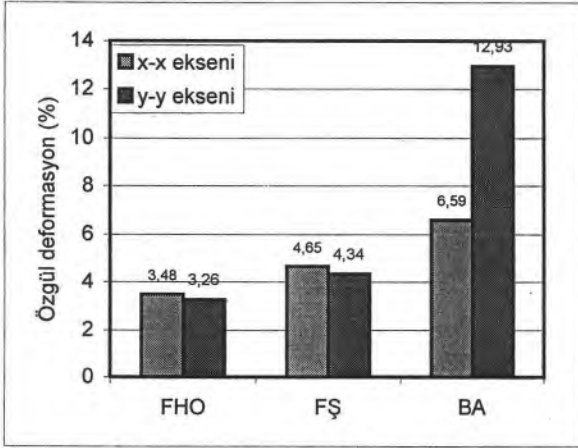
Fasülye horoz oturak, fasülye şeker ve barbunyanın eksenlere göre kopma enerjileri arasında değer olarak farklılık vardır (Şekil 6). Ürünlerin kopma enerjileri x ve y eksenlerine göre sırasıyla fasülye horoz oturakda 74,6 Nmm ve 33,16 Nmm, fasülye şeker de 84,8 Nmm ve 113,77 Nmm ve barbunyada 373,03 Nmm ve 539,22 Nmm bulunmuştur. Ürünlerin tümünde eksenlere göre

kendi aralarındaki fark istatistiksel açıdan önemli olmamıştır. Fasülye horoz oturak ve barbunyada aynı yüklem ekseninde nemin faktörlere etkisi şekil 7, 8 ve 9'da görülmektedir. Şekil 7 incelendiğinden y eksenindeki yüklemelerde fasülye horoz oturakta ve barbunya da nem arttıkça birim deformasyonun azaldığı anlaşılmaktadır. Barbunya da %6 nem ile %16 ve %20 nemlerde elde edilen birim deformasyon değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ($P<0,01$). Kopma kuvvetleri incelendiğinde (Şekil 8) yine nem arttıkça her iki üründe de kopma kuvveti azalmaktadır. Braga ve ark. (1999), macadamianın mekanik davranışını incelerken nemin artmasıyla birim deformasyonun ve kopma kuvvetinin y eksenini yönünde azaldığını bildirmişlerdir. Yine pek çok araştırmacı tarımsal ürünlerde nemin artmasıyla kopma kuvvetinin azaldığını bildirmektedirler (Güner ve ark. 1999, Vatandaş ve ark. 2002, Henry ve ark. 2000). Nemin kopma enerjisine etkisinin belirlenmesi amacıyla çizilen grafikte (Şekil 9) nemin artmasıyla kopma enerjisinin fasülye horoz oturakta önce arttığı (%16 neme kadar) sonra % 20 nem de azaldığı, barbunya da ise kararlı bir durum izleyerek tüm nemlerde azaldığı görülmektedir. Hall (1960) nem arttıkça enerji gereksiniminin bezelyede önce arttığı sonra azaldığını bulmuştur. Yine Kang ve ark. (1955), buğdayda nem arttıkça enerjisinin azaldığını bildirmişlerdir. Nemin etkisinin belirlenmesi amacıyla elde edilen değerler arasındaki fark fasülye horoz oturaktaki birim deformasyon ve kopma kuvveti dışında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

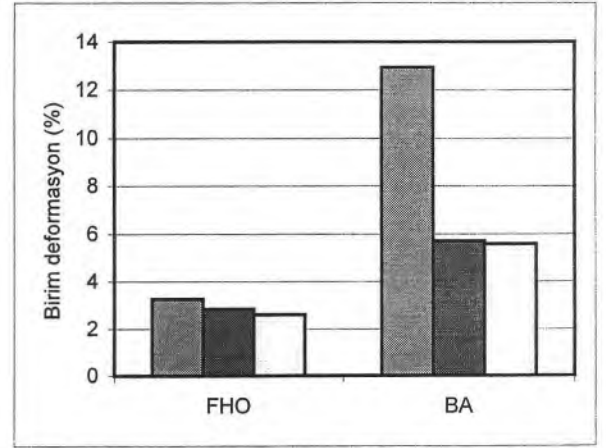
Mercimek pul II ile yapılan denemelerde elde edilen deformasyon, birim deformasyon, kopma kuvveti ve kopma enerjisi değerleri Çizelge 2'de görülmektedir. Deneme sayısı 15'dir. Mercimek kalınlığı boyunca deformasyona uğratılmıştır. Mercimekte ortalama değer olarak deformasyon $0,307\pm0,0201$ mm, birim deformasyon $\%12,9\pm0,938$, kopma kuvveti $190,6\pm15,7$ N ve kopma enerjisi $180,6\pm21,1$ Nmm olarak elde edilmiştir.

Çizelge 1 Fasülye, barbunya ve mercimeğe ilişkin ortalama deneme sonuçları

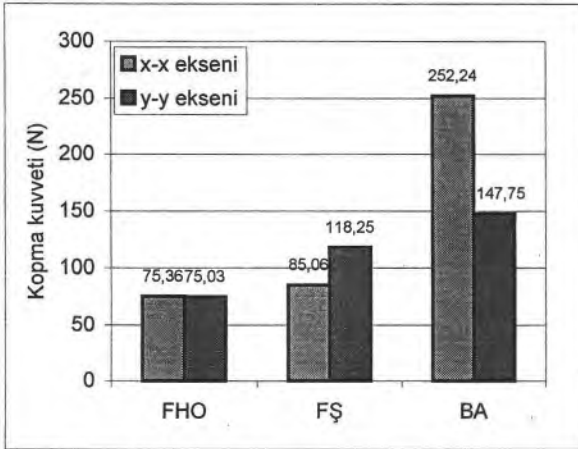
Ürün	Nem (%)	Eksen	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Geometrik ortalama çap (mm)	Küresellik (%)	Deformasyon (mm)	Birim deformasyon (%)	Kopma kuvveti (N)	Kopma Enerjisi (Nmm)
Fasülye (Horoz Oturak) (F.H.O)	6	x-x	12,86±0,135	6,86±0,135	5,10±0,134	7,86	59,58	0,238±0,0355 a	3,475±0,513 a	75,4±12,9 a	74,6±20,3 a
	6	y-y	12,90±0,192	6,94±0,143	5,34±0,171	7,82	60,61	0,174±0,0175 A a	3,260±0,413 A a	75,03±4,63 A a	33,16±3,81 A a
	16	y-y	13,09±0,234	7,19±0,236	5,40±0,135	7,98	60,96	0,153±0,0160 A	2,850±0,330 A	61,55±2,67 B	42,36±5,65 A
Fasülye Şeker (F.Ş)	20	y-y	13,86±0,234	7,28±0,234	5,54±0,100	8,19	59,96	0,142±0,0318 A	2,610±0,643 A	42,92±4,11 C	16,39±2,86 B
	6	x-x	7,42±0,158	5,93±0,103	4,96±0,163	6,02	81,14	0,275±0,0266 a	4,650±0,466 a	85,06±8,59 a	84,8±12,7 a
Barbunya (BA)	6	y-y	8,56±0,220	5,90±0,158	4,91±0,157	6,28	73,39	0,211±0,0298 a	4,340±0,643 a	118,25±19,5 a	113,77±35,0 a
	6	x-x	13,10±0,540	7,80±0,227	6,11±0,138	8,54	65,24	0,510±0,0301 b	6,590±0,447 b	252,24±20,6 a	373,03±52,2 a
	6	y-y	13,96±0,544	8,03±0,232	6,21±0,193	8,86	53,48	0,793±0,0669 a A	12,93±1,21 a A	147,75±11,3 Aa	539,22±60,7 Aa
	16	y-y	13,40±0,364	7,70±0,213	6,00±0,182	8,52	63,60	0,337±0,0413 B	5,70±0,730 B	108,52±9,67 B	124,34±25,9 B
	20	y-y	13,03±0,278	7,56±0,236	5,69±0,131	8,24	63,28	0,315±0,0335 B	5,59±0,668 B	93,00±8,07 B	96,02±19,8 B



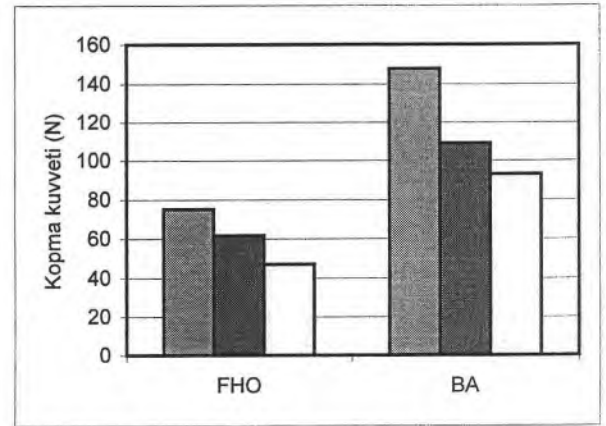
Şekil 4. Aynı nemde (%6) eksenlerin birim deformasyona etkisi



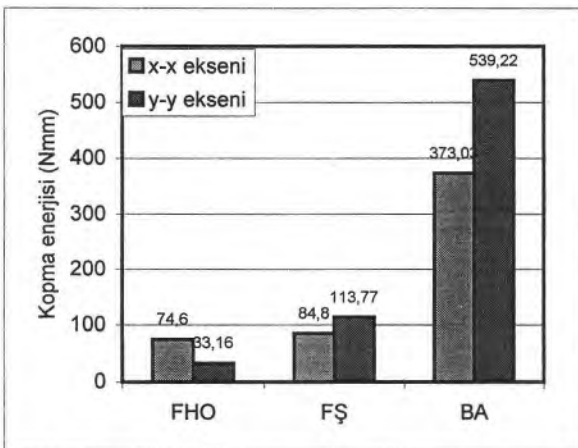
Şekil 7. Aynı eksen (y-y) nem değişiminin birim deformasyona etkisi



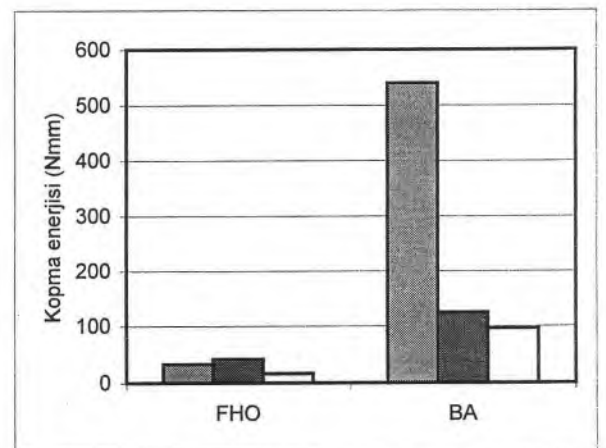
Şekil 5. Aynı nemde (%6) eksenlerin kopma kuvvetine etkisi



Şekil 8. Aynı eksen (y-y) nem değişiminin kopma kuvvetine etkisi



Şekil 6. Aynı nemde (%6) eksenlerin kopma enerjisine etkisi



Şekil 9. Aynı eksen (y-y) nem değişiminin kopma enerjisine etkisi

Çizelge 2. Mercimek (pul II) deneme sonuçları (nem % 6, eksen y-y, çap 6,59 mm, kalınlık 2,41 mm)

Dene- me no	Deformas- yon (mm)	Birim Deformas- yon (mm)	Kopma kuvveti (N)	Kopma enerjisi (Nmm)
1	0,37	16,1	214,0	221,6
2	0,31	12,9	250,5	233,9
3	0,31	12,4	200,8	184,7
4	0,37	14,8	230,6	240,0
5	0,37	18,5	217,4	233,9
6	0,23	9,2	94,7	67,7
7	0,28	12,2	157,7	123,1
8	0,17	7,1	104,6	55,4
9	0,37	13,2	230,6	227,8
10	0,14	4,8	64,8	30,8
11	0,37	15,4	210,7	221,6
12	0,34	14,8	243,9	264,7
13	0,40	16,7	253,8	295,5
14	0,31	13,5	230,6	190,8
15	0,26	11,8	154,4	116,9
Ortala- ma	0,307±0,0201	12,9±0,938	190,6±15,7	180,6±21,1

Sonuç

Fasülye (horoz oturak ve şeker), barbunya ve mercimeğin pul II iki plaka arasında sıkıştırılmasıyla elde edilen deneme sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. Aynı nemde (%6) birim deformasyon fasülye horoz oturak ve şekerde en büyük x-x ekseninde, barbunya da ise en büyük y-y eksenindeki yüklemelerde elde edilmiştir.

2. Kopma kuvveti açısından eksenler arasında değer olarak fasülye horoz oturak da önemli bir fark bulunmamıştır. En büyük kopma kuvveti fasülye şekerde y-y ekseninde, barbunyada x-x eksenindeki yüklemelerde elde edilmiştir.

3. En büyük kopma enerjisi fasülye horoz oturak da x-x ekseninde, fasülye şeker ve barbunyada y-y eksenindeki yüklemelerde elde edilmiştir.

4. Eksenlerin birim deformasyon, kopma kuvveti ve kopma enerjisine olan etkisinin belirlenmesinde elde edilen değerler arasında yalnızca barbunyada birim deformasyon ve kopma kuvvetleri değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0,01).

5. Nem arttıkça fasülye horoz oturak da birim deformasyon, kopma kuvveti azalmaktadır. Kopma kuvveti değerleri arasında fark her üç nem de, kopma enerjisi değerleri ise %20 nem ile %6 ve % 16 nem değerlerinde istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

6. Barbunyada nem arttıkça birim deformasyon, kopma kuvveti ve kopma enerjisi azalmakta ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmaktadır.

7. Mercimek (pul II) ile yapılan denemelerde mercimeğin deformasyonu 0,307±0,201 mm, birim deformasyon %12,9±0,938, kopma kuvveti 190,6±15,7 N ve kopma enerjisi 180,6±21,1 Nmm bulunmuştur

Bilindiği gibi tarımsal ürünlerin fiziksel özelliklerinin bilinmesinin; tarım makinalarının uygun kullanımı, tasarımı ve ürünlerin kalitesinin korunması açısından büyük önemi

vardır (Alayunt ve Çakır 2001). Fasülye, barbunya ve mercimeğin yukarıda verilen deneme sonuçları; bu ürünlerin iletimi, depolanması, işlenmesi, tarım makinalarıyla olan ilişkilerinin belirlenmesi gibi süreçlerde göz önünde bulundurulması gereken faktörlerdir.

Kaynaklar

- Alayunt, F. N. and E. Çakır, 2001. A Research on the Effect of Position, Variety and Storage Period of Onion on Punching. On Line Journal of Biological Sciences, 1(10), 915-917.
- Bargale, R. C., J. Irudayaraj and B. Marquis, 1995. Studies on Rheological Behaviour of Canola and Wheat. J. of Agric. Engng Res., 61, 267-274.
- Barych, E. A. 2000. Strength Properties of Avocado Pear. J. of Agric. Engng Res., 76, 389-397.
- Braga, G. C., S. M. Couto, T. Hara, J. T. P. A. Neto. 1999. Mechanical Behaviour of Macadamia Nut Under Compression Loading. J. of Agric. Engng Res., 72, 239-245.
- Çarman, K. 1996 Some Physical Properties of Lentil Seeds. J. Of Agric. Engng. Research, 63, 87-92.
- Deshpande, S. D., S. Bal ve T. P. Ojha. 1993. Physical Properties of Soybean Seeds. J. of Agric. Engng. Research, 56, 89-92
- Gilberto, C. B., M.C. Sandra, H. Tetuo, T.P. Jayme ve N. Almeida, 1999. Mechanical Behaviour of Macadamia Nut under Compression Loading. J. of Agric. Engng Res., 72, 239-245.
- 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. of Agric. Engng Res., 76, 175-181. Kang, Y. S., C. K. Spillman, J. L. Steele ve D. S. Chung, 1995. Mechanical Properties of Wheat. Transactions of the ASAE. 38 (2) 573-578.
- Liang, T., L. Chin and J. B. Mitchell. 1984. Modeling Moisture Influence on Macadamia Nut Kernel Recovery. Transactions of the ASAE, 1538-1541.
- 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. of Agric. Engng Res., 55, 27-43.
- Öğüt, H. 1998. Some Physical Properties of Lupin. J. of Agric. Engng. Research, 69, 273-277.
- Paulsen, M. R. 1978. Fracture Resistance of Soybeans to Compressive Loading. Transactions of the ASAE, 1210-1216.

- Sağlam, R. and 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.
- Vatandaş, M., R. Gürhan ve M. Çetin, 2002. Nohutun Değişik Çeşit ve Nem Özelliklerine Göre Kırılma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 8 (1) 73-78.
- Wright, F. S. and W. E. Splinter, 1968 Mechanical Behavior of Sweet Potatoes under Slow Loading and Impact Loading. Transactions of the ASAE, 765-770.
- Zoerb, G. C. and C. W. Hall, 1960. Some Mechanical and Rheological Properties of Grains. J. of Agric. Engng Res., 5, 83-93.

İletişim adresi:
Metin GÜNER
Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü-Ankara
Tel: 0 312 317 05 50/1591
Fax: 0 312 318 38 88
E-mail: guner@agri.ankara.edu.tr