

DANE MISIRIN BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Ahmet PEKER*

ÖZET

Dane mısırın farklı nem içeriğine göre bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Nem içeriği % 12.8... 36.7 arasında değişen örneklerin uzunluğu 9.18 ...14.77 mm, genişliği 5.63 ... 10.30 mm, kalınlığı 3.13 ... 6.09 mm, dane hacmi 0.247 ... 0.349 cm³, bin dane ağırlığı 226.30 ... 314.56 g, porozitesi % 18.0 ...35.4, dane izdüşüm alanı 1.345 ... 1.775 cm²'dir. Sürtünme katsayısı galvanizli sac, lastik ve kontraplak yüzeylerde belirlenmiştir. Sürtünme katsayısının en büyük değeri lastik yüzeyde ortaya çıkmıştır. Örneklerin hacim ağırlığı artan nem oranıyla 871 kg/m³'den 656 kg/m³e düşmüştür.

Anahtar Kelimeler : Mısır, sürtünme katsayısı, fiziksel özellikler.

ABSTRACT

**THE DETERMINATION OF SOME PHYSICAL
PROPERTIES OF CORN KERNEL**

The dependence of some physical properties of corn kernel on moisture contents were determined. In samples, moisture contents were changed between 12.8 to 36.7 % as dry base (db). The length of grain were changed according to moisture content, from 9.18 to 14.77 mm, the width from 5.63 to 10.30 mm, the thickness from 3.13 to 6.09 mm, volume of grain from 0.247 to 0.349 cm³, thousand grain mass from 226.30 to 314.56 g, porosity from 18.0 to 35.4 %, projected area of grain from 1.345 to 1.775 cm². Friction coefficient of samples were determined for galvanized sheet metal, plywood and rubber surface. The largest value of coefficient friction was found on rubber. Bulk density decreased by increasing moisture content from 871 to 656 kg/m³.

Key Words : Corn kernel, coefficient friction, physical properties.

GİRİŞ

Dane mısır, yaklaşık olarak % 70 nişasta, % 10 protein içeren bir üründür. Ülkemizin özellikle Karadeniz, Ege, Marmara ve Akdeniz gibi kıyı bölgelerinde % 84'lük ekiliş, % 82.7'lik üretim potansiyeline sahiptir. Ortalama verimi 400 kg/da dolaylarındadır (Kün, 1994). Dane mısırın ekim, hasat, taşıma, depolama ve işlenmesinde kullanılacak ekipmanların tasarımında, danenin nem içeriği, hacim

* Yrd. Doç. Dr., S.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, KONYA

ağırlığı, sürtünme katsayısı, dane boyutları gibi fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Makanjuola (1972), iki karpuz çeşidinin tohum boyutlarını ölçmüş ve tohum ile iç kısmının boyutları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Shepherd ve Bhardwaj (1986), bezelyenin dane hacmi ile nem içeriği arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir.

Joshi ve ark. (1993), kabak çekirdeğinin tohum ve iç kısmının dane boyutlarını ölçmüşlerdir. Desphande ve ark. (1996) bazı biyolojik ürünlerin hacim ağırlığı, bin dane ağırlığı, hacim ve boyut özellikleri gibi kimi fiziksel özelliklerini belirlemişlerdir.

Çarman (1996), mercimeğin nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak, bazı fiziksel özelliklerini incelemiş ve bunlar arasındaki ilişkiyi belirlemiştir. Ramakrishna (1986), kavun çekirdeklerinin yoğunluk, son hız ve yüzey düzgünlüğü gibi çeşitli fiziksel özelliklerini değerlendirmiştir.

Öğüt (1996), lüpenin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada ürünün nem içeriğine göre sürtünme katsayılarını ve bazı fiziksel özelliklerini belirlemiştir.

Biyolojik ürünlerin fiziksel özelliklerinden üzerinde en çok durulması sürtünme katsayısı olmaktadır. Gumble ve Malna (1990), mısır ve yulafın farklı özellikteki yüzeyler üzerindeki sürtünme katsayılarını belirledikleri çalışmalarında, yığın halindeki materyalin silo duvarlarına uyguladıkları yüklerin hesaplanmasında sürtünme katsayısının önemli bir parametre olduğunu belirtmişlerdir.

Richter (1954), Buelow (1961), Brubaker ve Pos (1965), Snyder ve ark. (1965), Mohsenin (1980), Lawton (1980), Chung ve Verma (1989), Öğüt ve Çarman (1991), Shinnars ve ark. (1991), Usrey ve ark. (1992), Tang ve Sokhansanj (1993), Beyhan ve ark. (1994), Öztürk ve ark. (1995) gibi araştırmacılar, çeşitli tarımsal ürünlerin farklı sürtünme yüzeylerindeki statik ve dinamik sürtünme katsayılarını saptamaya yönelik çalışmalar yapmışlardır.

Tsang-Mui-Chung ve ark. (1984) özellikle küçük daneli ürünlerin statik ve dinamik sürtünme katsayılarını belirlemek için bir cihaz geliştirmişlerdir. Mısır ve soya ile yaptıkları çalışmada, danenin nem içeriğinin ve yüzey şeklinin, dinamik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisini önemli bulmuşlardır.

Biyolojik ürünlerin diğer önemli fiziksel özellikleri ise, nem içeriğinin fonksiyonu olarak danenin uzunluk, genişlik, kalınlık, bin dane ağırlığı, hacim ağırlığı, porozite vb. özellikleri ele alınmaktadır. Bu çalışmada TTM-813 çeşidi mısırın dört farklı nem içeriğindeki bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOD

Araştırmada, S.Ü. Tarla Bitkileri Bölümünde doktora çalışmasında kullanılan TTM-813 (*Zea mays indentata*) yemlik at dişi melez mısır kullanılmıştır. Yaklaşık 10 kg kadar ürün, içindeki tüm yabancı maddeler, olgunlaşmamış ve kırık daneler

temizlendikten sonra bir süre oda sıcaklığında saklanmıştır. Ürünün başlangıç nemi Anonymous (1970) ve Brusewitz (1975)'e göre belirlenerek, ortalama % 12.8 kuru madde olarak ölçülmüştür. Ürüne verilecek nem üç aşamalı olarak Uluöz (1965)'e göre aşağıdaki eşitlik yardımıyla saptanmıştır.

$$\%S = \frac{100 \cdot (R_2 - R_1)}{100 - R_2} \quad (1)$$

Burada;

S : Ürüne verilecek nem (%),

R₁ : Üründe bulunan nem (%),

R₂ : Üründe bulunması istenilen nem (%).

Eşitlikle hesaplanan su miktarı, cam kavanozlara konan mısıra saf su olarak verilmiştir. Örnekler bir hafta süre ile buzdolabında tutularak, nemin tüm ürüne eşit miktarda dağılması için kavanozlar belli aralıklarla çalkalanmıştır. Testlere başlamadan önce, gereken miktardaki ürün buzdolabından alınarak oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiştir. Daha sonra örneklerin nem değerleri saptanmıştır. Mısırın araştırmada ele alınan bütün fiziksel özellikleri % 12.8, 19.3, 28.4 ve 36.7 kuru madde nem seviyesinde onar adet ölçüm yapılarak belirlenmiştir.

Danelerin ölçülerini belirlemek için 100'er danelik 10 adet alt örnek rastgele seçilmiştir. Her alt örnekten 10 danenin, uzunluk (U), genişlik (G) ve kalınlıkları (K) 0.01 mm duyarlı dijital kumpas ile ölçülmüştür. Aynı örneklerin dane ağırlıkları (W) 0.01 g duyarlı terazi ile teker teker tartılmıştır. Danelerin izdüşüm alanı, Çarman ve ark. (1994)'na göre örneklerden 20'şer adet mısır danesinin fotokopisi çekilerek, 0.01 cm² duyarlılıkla dijital bir planimetre ile ölçülmüştür.

Danelerin hacim ağırlığı standart hektometre kullanılarak ölçülmüştür (Desphande ve ark., 1996). Hacim ve özgül ağırlıklar piknometre yöntemiyle saptanmıştır. Bu yöntemde, suya göre ürünler tarafından daha az emildiği ve yüzey basıncı düşük olduğundan toluen (C₇H₈) kullanılmıştır (Sitkel, 1986).

Porozite, Sitkel (1986) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{\rho_w}{\rho_b} \right) \times 100 \quad (2)$$

Burada;

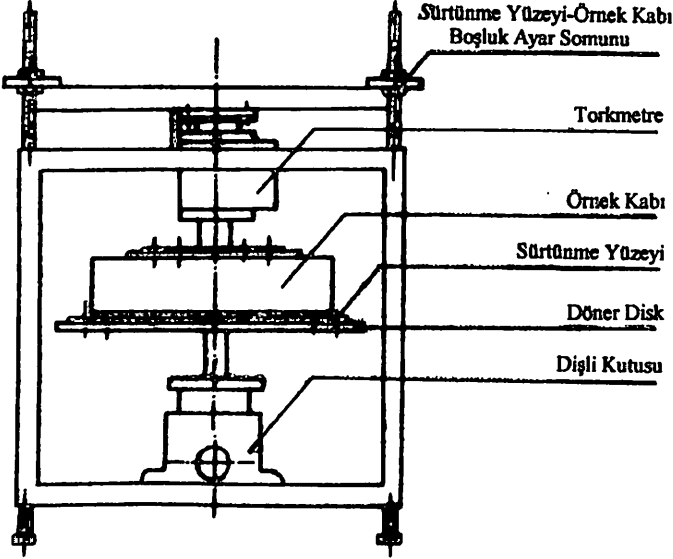
ε : porozite (%)

ρ_w : dane hacim ağırlığı (kg/m³),

ρ_b : Yığının hacim ağırlığı (kg/m³)

Dane Mısırın Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Örneklerin farklı nem düzeylerindeki sürtünme katsayıları, Tsang-Mui-Chung ve ark. (1984) tarafından tasarlanıp, Chung ve Verma (1989) tarafından geliştirilen, Öğüt ve Çarman (1991) tarafından S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Laboratuvarında bir benzeri imal edilen cihaz ile saptanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Sürtünme katsayısı ölçme cihazı

Araştırmada galvanizli sac, kontraplak ve lastik sürtünme yüzeyleri kullanılmıştır. Sürtünme yüzeylerinin civatalarla sabitlendiği döner diske hareket 5.5 kW gücündeki trifaze asenkron elektrik motoru ile verilmektedir. Elektrik motorunun devri elektronik bir varyatör yardımı ile ayarlanmaktadır. Döner disk üzerindeki örnek kabı 290 mm ve 100 mm çapındaki iki silindirin konsantrik olarak iç içe geçirilmesiyle oluşturulmuştur. Örnek üzerindeki etkisini minimize etmek için silindirin yanal yüzeylerinde PVC malzeme kullanılmıştır. Danelerin döner diskle birlikte hareket etmesini önlemek için silindirlerin arasına dört adet bölme yerleştirilmiştir. Örnek kabı üst tarafından rijit olarak Vibrometer TT-108 tip torkmetreye bağlanmış, alt tarafından ise döner diskle yaklaşık olarak 2 mm'lik boşluk bırakılmıştır. Örnek ve disk arasındaki ortalama lineer hızı belirlemek için ağırlık yarıçapı olarak silindirler arasındaki ortalama tork kolu kullanılmıştır (Chung ve ark., 1984). Çalışmalarda ortalama hız 11.2 cm/s olarak alınmıştır. Galvanizli sac, kontraplak ve lastik yüzeyler için ürünün statik ve dinamik sürtünme katsayıları aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Chung ve Verma, 1989).

$$\mu = \frac{T_m}{W_0 \cdot q}$$

Burada;

μ : Sürtünme katsayısı,

T_m : Ölçülen moment (kg cm).

W_0 : Örnek ağırlığı (kg).

q : Moment kolu uzunluğu (10.5 cm).

Cihaz diskinin dönmeye başladığı andaki moment statik sürtünme katsayısının hesaplanmasında kullanılırken, disk dönerken okunan ortalama moment değeri dinamik sürtünme katsayısının hesaplanmasında kullanılmıştır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Dane Dağılımı ve Dane Boyutları

% 12.8 nemli mısır danelerinin boyut ölçüleri Tablo 1'de verilmiştir. Danelerin yaklaşık % 51'i 10.407 ... 11.632 mm uzunluğunda ve orta iriliktir. Danelerin % 24'ü 10.407 mm'den küçük; % 25'i ise 11.632 mm'den daha büyüktür. Genişlik ve kalınlık ölçüleri de Tablo 1'de verilmiştir. Ancak daha iyi bir karşılaştırma yapabilmek için uzunluk (U), genişlik (G) ve kalınlık (K) ve ağırlık (W) arasında U/G, U/K ve U/W ilişkileri kurularak;

$$U = 1.399 G = 2.691 K = 44.621 W$$

bulunmuştur. Bu ilişkilere ait korelasyon katsayıları Tablo 2'de verilmiştir. Dane uzunluğu ile dane genişliği arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Uzunluk ile kalınlık arasında negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Danelerin uzunluğu ile dane ağırlığı arasındaki ilişkinin ise önemli olduğu saptanmıştır. Benzer ilişki Makanjuola (1972), Joshi ve ark. (1993), Çarman (1996) ve Ögüt (1996) tarafından da bildirilmektedir.

Tablo 1. Mısır Danelerinin % 12.8 Nemdeki Boyut Ölçüleri ve Dane Ağırlığı

Konular	Boyut Ölçüleri				Ortalama Değerler
	Sınır Değerleri	İri	Orta	Küçük	
Uzunluk (mm)	1.180 ... 12.860 (100)	> 11.632 (25)	10.407 ... 11.632 (51)	10.407 > (24)	11.066 ± 0.0804
Genişlik (mm)	5.630 ... 9.690 (100)	> 8.336 (26)	6.983 ... 8.336 (53)	6.983 > (11)	7.909 ± 0.0704
Kalınlık (mm)	3.130 ... 6.090 (100)	> 5.102 (6)	4.117 ... 5.102 (36)	4.117 > (58)	4.112 ± 0.0537
Ağırlık (g)	0.150 ... 0.370 (100)	> 0.296 (16)	0.223 ... 0.296 (51)	0.223 > (33)	0.248 ± 0.0047

Tablo 2. % 12.8 Nemde Ürün Boyutlarının Korelasyon Katsayısı

Boyutlar	Oran	SD	r
U / G	1.399	99	0.072
U / K	2.691	99	-0.006
U / W	44.621	99	0.442**

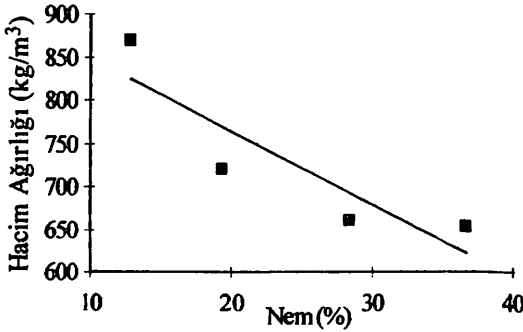
** % 1 seviyesinde önemlidir.

Hacim Ağırlığı

Farklı dört nem düzeyindeki mısır örneklerinin hacim ağırlıkları değeri 871 ... 656 kg/m³ arasında değişmiştir. Nem düzeyi arttıkça, mısırın hacim ağırlığı azalmaktadır (Şekil 2). Hacim ağırlığı ile nem arasındaki bu ilişki, benzer olarak Çarman (1996) ile Tang ve Sokhansanj (1993) mercimek için; Shepperd ve Bhardward (1986) bezelye için ve Desphande ve ark. (1996) soya fasulyesi için de bildirilmektedirler. Örneklerin hacim ağırlıkları ile dane nem içeriği (D_n) arasındaki ilişki;

$$\rho_b = 932.477 - 8.456 D_n \quad (r = -0.881)$$

denklemleri ile azalan bir karakter göstermiştir.



Şekil 2. Nem içeriğinin hacim ağırlığına etkisi

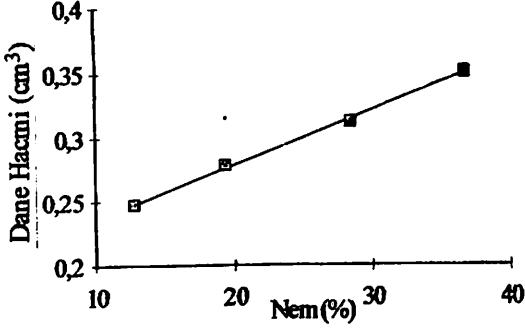
Dane Hacmi

Tek bir mısır danesinin farklı nem içeriğindeki hacim değerleri dört farklı nem içeriğindeki örnekler için 0.247 ... 0.349 cm³ arasında değişmiştir. Nem düzeyi arttıkça danelerin hacmi artmıştır (Şekil 3).

Dane hacmi (V_d) ile nem içeriği arasındaki ilişki;

$$V_d = 0.193 + 0.00423 D_n \quad (r = 0.999)$$

olarak bulunmuştur. Benzer sonucu soya fasulyesi daneleri için Desphande ve ark. (1996), Ögüt (1996) ve Çarman (1996) 'da bildirmektedir.



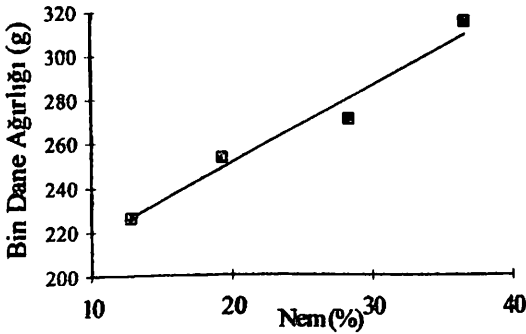
Şekil 3. Nem içeriğinin dane hacmine etkisi

Bin Dane Ağırlığı

Mısırın bin dane ağırlığı (W_{1000}) ile nem içeriği arasında artan bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu ilişkiye ait denklem aşağıda verilmiş olup, benzer sonuç Desphande ve ark. (1996), Çarman (1996), Ögüt (1996) tarafından da bildirilmektedir.

$$W_{1000} = 181.707 + 3.476 D_n \quad (r=0.982)$$

Mısırın nem içeriğine göre bin dane ağırlığı 226.30 ... 314.56 g arasında değişmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Nem içeriğinin bin dane ağırlığına etkisi

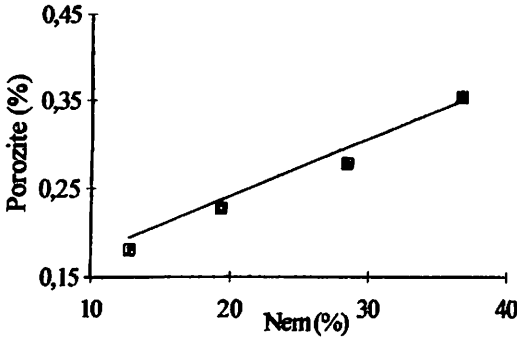
Dane Mısırın Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Porozite

Mısırın porozitesi (ϵ) ile nem içeriği arasında artan bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu ilişkinin denklemi aşağıda verilmiş olup, benzer sonuçlar Mohsenin (1980), Çarman ve Ögüt (1991), Çarman (1996), Ögüt (1996) tarafından da bildirilmiştir.

$$\epsilon = 0.112 + 0.006496 D_n \quad (r = 0.953)$$

Dane mısırın porozitesi, nem içeriğine göre % 18.0 ... 35.4 arasında değişmiştir (Şekil 5).



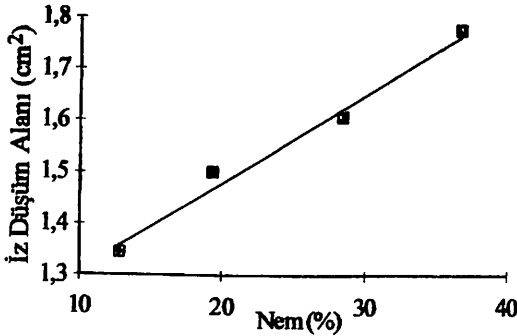
Şekil 5. Nem içeriğinin poroziteye etkisi

İzdüşüm Alanı

Mısır danesinin izdüşüm alanı (A_{iz}) ile dane nem içeriği arasındaki ilişki artan karakterde olup, denklemi aşağıda verilmiştir.

$$A_{iz} = 1.140 + 0.017 D_n \quad (r = 0.992)$$

İzdüşüm alanı danenin nem içeriğine bağlı olarak 1.3450 ... 1.7750 cm² arasında değişmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Nem içeriğinin danenin izdüşüm alanına etkisi

Statik ve Dinamik Sürtünme Katsayısı

Mısırın, nem içeriği ile dinamik ve statik sürtünme katsayısı değerleri arasındaki ilişkiye ait denklemler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Dane Nem İçeriği ile Sürtünme Katsayısı Arasındaki İlişki

Malzeme Cinsi	Sürtünme Katsayısı	
	Dinamik	Statik
Galvanizli sac	$\mu_d = 0.183 + 0.0066 D_n$ ($r = 0.995$)	$\mu_s = 0.243 + 0.0064 D_n$ ($r = 0.986$)
Kontraplak	$\mu_d = 0.1304 + 0.0133 D_n$ ($r = 0.999$)	$\mu_s = 0.1976 + 0.0129 D_n$ ($r = 0.999$)
Lastik	$\mu_d = 0.1736 + 0.1487 D_n$ ($r = 0.997$)	$\mu_s = 0.2102 + 0.0155 D_n$ ($r = 0.999$)

Mısırın dinamik sürtünme katsayısı galvanizli sac için 0.27...0.43, kontraplak için 0.30...0.62, lastik yüzeyi için 0.37... 0.73 arasında bulunmuştur. Statik sürtünme katsayıları ise sırasıyla, 0.33 ...0.49, 0.36...0.67, 0.42...0.79 arasında değişmiştir.

Bütün nem değerlerinde, lastik yüzey için bulunan statik ve dinamik sürtünme katsayıları en yüksek olurken, galvanizli sacda ölçülen sürtünme katsayıları en düşük değerlerde bulunmuştur. Nem içeriğinin artmasıyla, sürtünme katsayısı değerleri de artmıştır. Nem içeriğinin statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisi, dinamik sürtünme katsayısına oranla daha fazla olmuştur. Ayrıca nemin statik sürtünme katsayısı üzerindeki etkisi, sürtünme yüzeyine göre daha fazla olmuştur. Bunun nedeni, artan nemle birlikte, sürtünme materyali ile dane arasındaki adhezyon kuvvetinin artmasıdır. Benzer sonuçlar Ögüt ve Çarman (1991) Chung ve Verma (1989), Çarman (1996) ile Joshi ve ark. (1993) tarafından da bildirilmektedir.

Bu sonuçlara göre şu değerlendirmeler yapılabilir :

1. % 12.8 nemdeki ortalama olarak dane uzunluğu 11.066 mm dane genişliği 7.909 mm, dane kalınlığı 4.112 mm ve dane ağırlığı 0.248 g'dır. Dane hacmi ise 247 mm³'dür.
2. Nem içeriği % 12.8'den % 36.7'ye yükselirken, hacim ağırlığı 871 kg/m³'den 656 kg/m³'e düşmüştür. Porozite ise % 18.0'den % 35.4'e yükselmiştir.
3. Dane izdüşüm alanı nemin artmasıyla birlikte 1.3450 cm²'den 1.7750 cm²'ye yükselmiştir.
4. Bin dane ağırlığı nemle artan bir ilişki göstermiş olup, 226.30 g'dan 314.56 g'a yükselmiştir.

Dane Mısırın Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

5. Statik ve dinamik sürtünme katsayıları da neme bağlı olarak artmıştır. Bu etki özellikle statik sürtünme katsayısında daha belirgindir.
6. Danenin nem içeriği, ele alınan sürtünme materyallerine göre statik sürtünme katsayıları üzerinde daha büyük etkiye sahip bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 1970. USDA Official Grain Standards of the United States. Us Department of Agricultural Consumer and Marketing Service Grain Division.
- Beyhan, M.A., Nalbant, M. Tekgöler, A., 1994. Tane ve Zuruflu Fındıkların Sürtünme Katsayılarının Değişik Yüzeyler İçin Belirlenmesi. Tarımsal Mek-anizasyon 15. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, 20-23 Eylül 1994, Antalya.
- Brubaker, J.E., Pos, J., 1965. Determination of Static Coefficients of Friction of Some Grains on Various Structural Surfaces. Transactions of the ASAE. 8 (1) : 53-55, St. Joseph, MI.
- Brusewitz, G.H., 1975. Density of Rewetted High Moisture Grains. Transaction of the ASAE 18 : 935-938.
- Buelow, F.H., 1961. Determination of Friction Coefficients of Materials Handled on the Farm. ASAE Paper No. 61-822. St Joseph, MI.
- Chung, J.H., Werma, L.R., 1989. Determination of Friction Coefficients of Beans and Peanuts. Transaction of the ASAE 32 : 745-750. St. Joseph, MI.
- Çarman, K., Aydın, C., Peker, A., 1994. Yaprak Yüzey Alanının Farklı Yöntemlerle Saptanması. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 4 (6) : 41-47, Konya.
- Çarman, K., 1996. Some Physical Properties of Lentil Seeds. Journal of Agricultural Engineering Research, 63, 87-92, Silsoe.
- Dehspande, S.D., Bal, S., Ojha, T.P., 1993. Physical Properties of Soybean. Journal of Agricultural Engineering Research 1993, 56 : 89-98.
- Gumble, L.O., Maina, C., 1990. Friction Coefficient of Cereal Grains on Various Surface. Agricultural Mechanization in ASIA, AFRICA and LATIN AMERICA. Vol. 21 (4) : 61-64.
- Joshi, D.J., Das, S.K., Mukherjee, R.K., 1993. Physical Properties of Pumpkin Seeds. Journal of Agricultural Engineering Research 54 : 219-229.
- Kön, E., 1994. Serin İklim Tahılları. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Lawton, P.J., 1980. Coefficient of Friction Between Creal Grain and Various Silo Wall Materials. Journal of Agricultural Engineering Research 25 : 75-86.
- Makanjuola, G.A., 1972. A Study of Some of the Physical Properties of Melon Seeds. Journal of Agricultural Engineering Research, 17 : 128-137.

- Mohsenin, N.N., 1980. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers, Inc. One Park Avenue, NY.
- Öğüt, H., Çarman, K., 1991. Bazı Küçük Daneli Ürünlerin Sürtünme Katsayılarının Değişik Yüzeyler İçin Belirlenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi*, 25-27 Eylül, Konya.
- Öğüt, H., 1996. Some Physical Properties of Lupen Seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research, Silsoe*.
- Öztürk, R., Çolak, A., Sabahoğlu, Y., 1995. Bazı Yumru Bitkilerin Sürtünme Katsayılarının Belirlenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*. 5-7 Eylül Bursa.
- Romakrishna, P., 1986. Melon Seeds-Evaluation of Physical Characteristics. *Journal of Food Science and Technology*. 23 : 158-160.
- Richter, D., 1954. Friction Coefficients of Some Agricultural Materials. *Agricultural Engineering*. 35 (6) : 411-413.
- Shepherd, H., Bhardwaj, R.K., 1986. Moisture-Dependent Physical Properties of Pigeon Pea. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 35 : 227-234.
- Shinners, K.J., Koegel, R.G., Lehman, L.L., 1991. Friction Coefficient of Alfalfa. *Transactions of the ASAE* 34 (1) : 33-37, St. Joseph, MI.
- Sitkei, G., 1986. *Mechanics of Agricultural Materials*. Budapest, Akademia Kiado.
- Synder, L.M., Roller, W.L., Hall, G.E., 1967. Coefficient of Kinetic Friction of Wheat on Various Metal Surfaces. *Transactions of the ASAE* 10 (3) : 411-419, St. Joseph, MI.
- Tang, J., Sokhansanj, S., 1993. Geometrik Changes in Lentil Seeds Caused by Drying. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56 : 313-326.
- Tsang-Mul-Chung, M., Verma, L.R., Wright, M.E., 1984. A Device for Friction Measurement of Grains. *Transactions of the ASAE*, 27 : 1938-1941.
- Usrey, L.J., Walker, J.T., Loewer, O.J., 1992. Physical Characteristic of Rice Straw for Harvesting Simulation. *Transaction of the ASAE*, 35 (3) : 923-930. St. Joseph, MI.

İÇ ANADOLU BÖLGESİ KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN BAZI PATATES ÇEŞİTLERİNİN ELASTİKİYET MODÜLLERİNİN BELİRLENMESİ

Ahmet PEKER^o

ÖZET

Araştırmada materyal olarak on farklı patates çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşitlerin poisson oranları ve elastikiyet modülleri belirlenmiştir. Çalışmada biyolojik malzeme test cihazı kullanılmıştır. Ölçmelerde yükleme hızı 6.22 cm/min olarak sabit değerde tutulmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre patates çeşitlerinin poisson oranları 0.258...0.420 arasında değişmiştir. Patates çeşitlerinin elastikiyet modülleri ise 1.190...2.529 N/mm² arasında değişmiştir. Zedelenmeye karşı en duyarlı çeşitler sırasıyla Granola, ve Sandra, en dayanıklı çeşitler ise Concorde ve Hertha olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : Patates, poisson oranı, elastikiyet modülü.

ABSTRACT

THE DETERMINATION OF ELASTICITY MODULUS OF SOME POTATO VARIETIES WHICH ARE GROWN IN CENTRAL ANATOLIA CONDITIONS

In this research as a material, ten potato varieties were used. The poisson ratios and elasticity modulus of these varieties were determined. For this purpose, biological material test device was used and rate of loading was constant as 6.22 cm/min is constant.

According to results, for poissons ratio of potato varieties changed between 0.258...0.420. Elasticity modulus of potato varieties were changed from 1.190...2.529 N/mm². Against to damage, the most susceptible varieties were found Granola, Sandra and the most resistant varieties were found Concorde, Hertha respectively.

Key Words : Potato, poisson ratio, elasticity modulus.

GİRİŞ

Tarım makinalarının amaca uygun bir şekilde ve güvenle projelenebilmeleri için ürün özelliklerinin çok iyi saptanması gerekmektedir. Projelemede yapılacak öngörmelerin doğruluğu, projellemenin başarısı için büyük önem taşımaktadır.

Tarımsal ürünlerin fiziksel özelliklerinin, mühendisliğe ilişkin teknik ve terimlerin aynı zamanda bu ürünlerin davranışlarını tanımlamada kullanılabileceğini göstermektedir (Chappel ve Hamann, 1968). Bu amaçla kullanılabilecek biyolojik ürün parametreleri poisson oranı ve elastikiyet modülü olmaktadır. Tarımsal

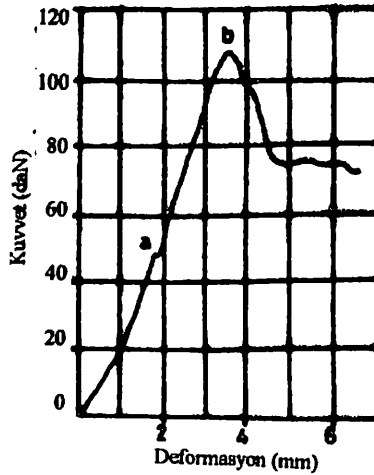
^o Yrd. Doç. Dr., S.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, KONYA

İç Anadolu Bölgesi Koşullarında Yetiştirilen Bazı Patates Çeşitlerinin Elastikiyet Modüllerinin Belirlenmesi

ürünlere ilişkin poisson oranı ve elastikiyet modülü bilgileri, özellikle mekanik yöntemlerle ürün hasadı ve taşıma-iletim işlemlerindeki hesaplamalar için gereklidir.

Tarımsal ürünlerde mekanik hasar, ürünün fiziksel ve biyolojik yapısına, dış kuvvetlerin tipine bağlı olarak değişmektedir. Ürünlerdeki ilk hasar, hasat ve taşıma sırasında ortaya çıkmaktadır. Bu hasar genelde, ürünün bir maddeye çarpması sırasında oluşan kuvvetlerin aşırı deformasyon etkisiyle kopma, zedelenme ve kırılma şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu durum depolamada oksidasyon oranını ve buna bağlı kayıpları önemli oranda artırmaktadır (Öğüt ve Aydın 1992).

Mohsenin (1970)'e göre, ürünlerde mekanik hasarın oluşması, ürünlerin mekanik olarak toplanması ile başlar. Ürünlerin birbirleri veya yabancı bir madde ile çarpışması sırasında kabuk altındaki dokular deforme olur (Şekil 1). Eğer deformasyon biyolojik akma noktasını aşarsa üründe kalıcı deformasyon olur, doku kısa sürede kahverengileşir ve bozulur.



Şekil 1. Biyolojik materyalin gerilme-deformasyon eğrisi (Mohsenin, 1970).

a) Akma noktası b) Kopma noktası

Patates yumrusu, canlı bir organizma olduğundan, mekanik zedelenmelere karşı çok duyarlıdır (Wouters ve ark., 1985). Patateste meydana gelen zedelenme, patatesin pazar değerini düşürdüğü gibi, depolanma sürecinde yumruları hastalık ve bozulmaya karşı dayanıksız da yapmaktadır (Huff, 1967). Yapılan tahminlere göre, ülkemizde üretilen meyve ve sebzelerin yaklaşık % 25'e yakın bir kısmı üreticiden tüketiciye ulaşıncaya kadar bozulup atılmaktadır (Pekmezci, 1982).

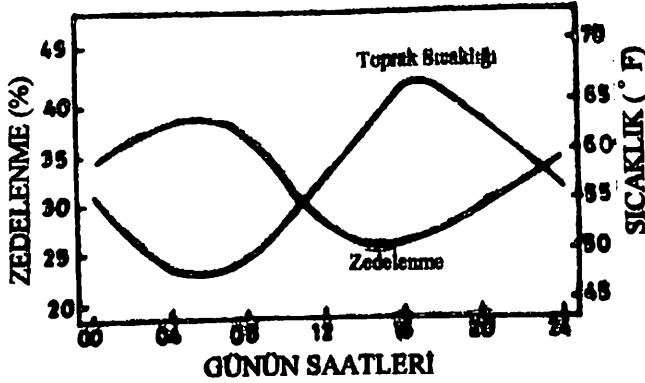
Finney ve ark., (1964) gerilme, gevşeme testlerinde patates yumrularını iki paralel plaka arasında, önceden belirledikleri 35 ± 1 Lb değerine ulaşıncaya kadar yüklemişler ve patates yumrularındaki deformasyonu zamanın fonksiyonu olarak kaydetmişlerdir.

Anazoda ve Chikwendu (1984) biyolojik materyalin iki rijit düz yüzey arasında radyal sıkıştırılmasında, biyolojik materyalin silindirik örneklerinin Young modülünün (E) ve Poisson oranının (δ) belirlenmesi için eşitlik geliştirmişlerdir.

Larsen (1962), Jindal (1985), Kara ve Turgut (1988) gibi araştırmacılar, patateslerin elastikiyet modüllerini duyarlı bir şekilde saptayabilmek için dört farklı sıkıştırma yöntemi uygulamışlardır. Patates yumrularını bütün ve dilimler halinde keserek hazırlamışlardır. Örnekleri iki düz plaka arasında radyal ve eksenel yönde yükleyerek patateslerin elastikiyet modüllerini belirlemişlerdir.

Peker ve ark., (1995), Türkiye'de yetiştirilen altı patates çeşidini farklı yüksekliklerden demir çubukların üzerine düşürerek, patates yumrularının zedelenme duyarlılıklarını saptamışlardır.

Sıtkei (1986), patates yumrularının zedelenme derecesinin sıcaklıkla ters orantılı olarak değiştiğini, buna karşılık sıcaklık arttıkça yumruların elastikiyet modülünün arttığı, sıcaklık azaldıkça elastikiyet modülünün azaldığını bildirmektedir. Nitekim Thornton ve ark., (1984)'da hasat sırasında yumru zedelenmesinin günün saatlerine göre değiştiğini, zedelenmenin havanın ısındığı 08-16 saatleri arasında diğer saatlere göre daha düşük düzeyde olduğunu ifade etmektedirler (Şekil 2).



Şekil 2. Patatesteki yumru zedelenmesinin günün saatlerine göre değişimi (Thornton ve ark., 1984)

Finney ve Hall (1967) patatesin elastikiyet özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında patates yumrularının poisson oranları ile elastikiyet modüllerini belirlemişlerdir.

MATERYAL VE METOD

Araştırmada ele alınan 10 farklı patates çeşidi ile ilgili tanımlamalar ve bazı özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Patatesler, Karaman ekolojik koşullarında ve aynı bakım işlemlerine tabi tutularak yetiştirilmiştir. Farklı hasat olgunluğunda olan

İç Anadolu Bölgesi Koşullarında Yetiştirilen Bazı Patates Çeşitlerinin Elastikiyet Modüllerinin Belirlenmesi

Tablo 1. Araştırma Materyali Patateslerin Bazı Özellikleri

Çeşit Adı	Nem İçeriği (%)	Küresellik (%)	Ortalama Yumurru Ağırlığı (g)	Bekleme Süresi (ay)
Obeliks	76.40	69.80	163.18	1
Concorde	77.90	51.00	93.22	1
Hertha	76.66	36.55	121.39	1
Frisia	77.10	74.05	101.06	1
Karrifona	77.59	48.95	82.91	1
Sandra	75.65	73.17	109.67	1
Caspar	71.17	46.36	98.72	1
Granola	74.84	71.54	95.94	1
Resy	74.74	56.26	137.45	1
Agria	71.90	64.44	149.58	1

çeşitler, hasat edildikten sonra depoda ortalama birer ay bekletilip denemelere geçilmiştir.

Yumruların ortalama ağırlığı, 0.01 g duyarlılıkta elektronik terazi ile onarlı gruplar halinde ve üç tekerrürlü olarak tartılmıştır. Nem içeriği ise Kacar (1972)'a göre saptanmıştır. Yumrular 0.01 mm duyarlılıkta dijital kumpas ile ölçülerek küresellik değerleri Sitkei (1986)'ya göre aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir.

$$K = (D_1 / D_d) \cdot 100$$

Burada;

K : Küresellik (%),

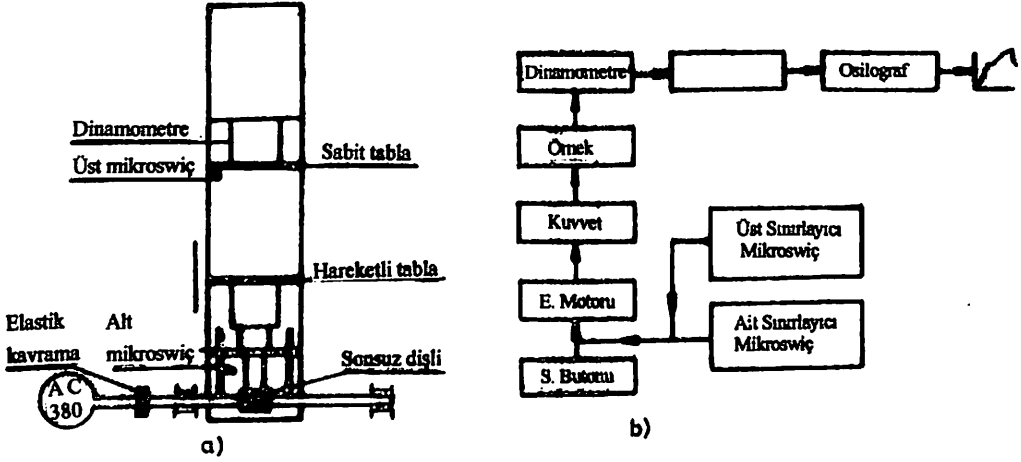
D_1 : Yumrunun en geniş iç daire çapı (mm),

D_d : Yumrunun en küçük dış daire çapı (mm).

Patateslerin poisson oranlarının belirlenebilmesi için, yumrulardan özel aparat yardımıyla çıkarılan silindirik örnekler alınmıştır. Bu örnekler Ögüt ve Aydın (1992) tarafından S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde geliştirilen test cihazının hareketli tablasına sırayla yerleştirilerek sıkıştırma işlemine maruz bırakılmışlardır (Şekil 3).

Test cihazı mekanik (kuvvet, örnek), elektrik (elektrik motoru, alt ve üst sınırlayıcı mikroswiçler ve start batonu) ile elektronik (dinamometre, amplifikatör ve osilograf) devrelerden oluşmaktadır. Cihazın motorundan alınan hareket, sonsuz dişli yardımıyla hareketli tablaya ulaşmaktadır. Hareketli tabla 6.22 cm/min sabit hızla hareket etmekte ve tabla üzerindeki silindirik örnek üstte dinamometreye bağlı olan sabit tablaya temas etmektedir. Örnek üzerinde deformasyon mey-

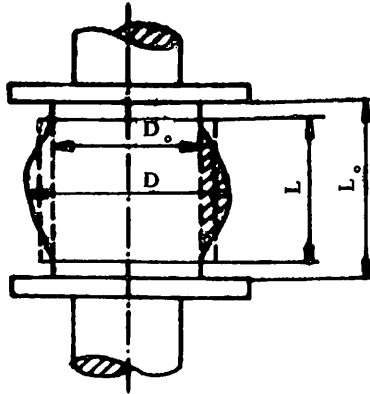
dana gelince üst sınırlayıcı mikrosviç elektrik motorunu durdurmaktadır. Tablanın harekete başlayıp durduğu ana kadar geçen süre içerisinde örneğe uygulanan kuvvet, çeki bası dinamometresi tarafından algılanmakta ve amplifikatörde yükseltgenerek kayıt için osillografa gönderilmektedir. Cihazdaki alt mikrosviç emniyet amacıyla konmuştur. Diğer bir deyişle hareketli tablanın stroku iki mikrosviç ile sınırlandırılmıştır. Örneğin sıkıştırma işlemi bittikten sonra, özel elektriksel devre yardımıyla elektrik motoru ters yönde döndürülerek, hareketli tabla aşağı doğru indirilmekte ve cihaz tekrar ölçüm yapacak hale gelmektedir.



Şekil 3. Biyolojik malzeme test cihazı (a) ve blok diyagramı (b).

Denemeler, oda sıcaklığında ve $17-24^{\circ}\text{C}$ arasında yapılmıştır.

Patateslerin elastikyet modüllerinin hesaplanabilmesi için önce Poisson oranları bulunmuştur. Poisson oranının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Poisson oranının hesaplanmasında kullanılan örnek ölçüleri

İç Anadolu Bölgesi Koşullarında Yetiştirilen Bazı Patates Çeşitlerinin Elastikiyet Modüllerinin Belirlenmesi

$$\phi = \frac{\Delta D}{D - D_0} = \frac{\Delta L}{L_0 - L} = \text{Ence genleşme} / \text{Boyca daralma} \quad (1)$$

Burada;

ϕ : Poisson oranı (-)

ΔD : Endeki (çaptaki) değişim (mm),

ΔL : Boydaki değişim (mm),

D_0 : Örneğin deforme olmadan önceki çapı (mm),

D : Örneğin deforme olduktan sonraki çapı (mm),

L_0 : Örneğin deforme olmadan önceki yüksekliği (mm),

L : Örneğin deforme olduktan sonraki yüksekliği (mm).

Yukarıdaki eşitlik yardımıyla bulunan Poisson oranlarının ortalaması alınarak aşağıdaki Boussinesq eşitliği yardımıyla herbir örneğin elastikiyet modülü değeri bulunmuştur (Sitkei, 1986).

$$E = \frac{F(1 - \phi^2)}{R \cdot \Delta L}$$

Burada;

E : Elastikiyet modülü (N/mm^2),

F : Örneğe uygulanan kuvvet (N),

ϕ : Poisson oranı (-)

R : Silindirik prob (batma ucu) çapı (7.75 mm),

ΔL : Deformasyon (mm).

Patates çeşitlerinin biyolojik akma noktası belirlenemediğinden, elastikiyet modülleri kabuk kopma mukavemeti için hesaplanmıştır.

On farklı patates çeşidi için bulunan ortalama elastikiyet modülü değerleri için tesadüf parselleri deneme deseninde varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır (Tablo 3). Bu çalışmada, İç Anadolu Bölgesinde tarımı yapılan bazı patates çeşitlerinin zedelenme duyarlılıklarının poisson oranı ve elastikiyet modüllerine göre belirlenmesi amaçlanmıştır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Denemede kullanılan patates çeşitlerinin poisson oranlarını hesaplamak üzere alınan örneklerin deforme olmadan önceki ve sonraki değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'deki değerlere göre çeşitlerin poisson oranları hesaplanmıştır.

Tablo 2. Poisson Oranının Belirlenmesine İlişkin Örnek Ölçüleri

Çeşit	Teker rür	Deformasyon Değerleri (mm)						Poisson Oranı	Ort.
		Lo	L	ΔL	Do	D	ΔD		
A	1	32.35	29.70	2.65	25.20	25.88	0.68	0.257	0.258
	2	25.20	25.58	2.55	32.35	30.90	1.45	0.28	
	3	27.15	23.80	3.35	24.00	24.87	0.87	0.259	
B	1	30.20	27.35	2.85	23.70	24.50	0.80	0.28	0.28
	2	30.75	27.95	2.80	24.70	25.50	0.80	0.28	
	3	27.95	30.00	2.05	25.50	26.07	0.574	0.28	
C	1	24.85	21.65	3.20	24.15	25.33	1.18	0.368	0.3715
	2	21.65	20.45	1.20	26.30	26.75	0.45	0.375	
	3	25.19	22.87	2.32	24.42	25.28	0.86	0.371	
D	1	27.35	23.65	3.70	24.45	25.75	1.30	0.35	0.356
	2	23.65	22.30	1.35	25.75	26.25	0.50	0.37	
	3	27.75	26.20	1.55	24.75	25.30	0.55	0.35	
E	1	25.00	23.70	1.30	24.15	24.65	0.50	0.385	0.38
	2	22.40	21.00	1.40	25.50	26.10	0.60	0.43	
	3	27.00	25.50	1.50	24.50	25.00	0.50	0.33	
F	1	24.45	22.85	1.60	23.75	24.38	0.63	0.39	0.39
	2	26.45	24.30	2.19	25.65	26.49	0.85	0.37	
	3	23.25	21.10	2.15	24.55	25.45	0.90	0.41	
G	1	28.20	26.65	1.55	24.00	24.50	0.50	0.32	0.38
	2	27.00	24.95	2.05	24.35	25.29	0.90	0.43	
	3	24.95	23.40	1.55	25.25	25.85	0.60	0.39	
H	1	26.65	24.20	2.45	23.65	24.55	0.90	0.37	0.39
	2	24.20	22.85	1.35	25.10	25.64	0.54	0.40	
	3	26.25	24.75	1.50	24.45	25.05	0.60	0.40	
I	1	26.25	24.85	1.40	25.00	25.60	0.60	0.43	0.42
	2	26.75	25.30	1.45	24.85	25.47	0.62	0.43	
	3	24.85	23.15	1.70	26.40	27.10	0.70	0.41	
J	1	26.55	24.15	2.40	24.25	25.19	0.94	0.39	0.39
	2	24.15	22.00	2.15	25.35	26.20	0.85	0.39	
	3	24.65	22.25	2.40	23.75	24.70	0.96	0.40	

A : Obelix, B : Concorde, C : Hertha, D : Frista, E : Karrifona, F : Sandra, G : Caspar,
H : Granola, I : Rezy, J : Agra

Biyolojik malzeme test cihazı yardımıyla hesaplanan on farklı patates çeşidinin poisson oranları kullanılarak hesaplanan elastikiyet modülleri değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Poisson oranı yardımıyla hesaplanan elastikiyet modülleri ürün zararlarının üst sınırını belirtmektedir.

İç Anadolu Bölgesi Koşullarında Yetiştirilen Bazı Patates Çeşitlerinin Elastikiyet Modüllerinin Belirlenmesi

Tablo 3. Çeşitlerin Hesaplanan Poisson Oranları ve Elastikiyet Modülleri

Çeşit Adı	Tekerrür	Uygulanan Kuvvet (N)	Deformasyon (mm)	Ort. Poisson Oranı	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	Ort.
A	1	75.29	5.318	0.258	1.705	1.782 cd
	2	80.67	5.4625		1.778	
	3	85.59	5.534		1.863	
B	1	98.34	4.1687	0.280	2.80	2.529 a
	2	111.834	5.8937		2.256	
	3	106.93	5.0312		2.530	
C	1	111.59	5.175	0.3715	2.39	2.242 ab
	2	117.72	6.325		2.07	
	3	108.42	5.3187		2.267	
D	1	107.9	8.1837	0.356	1.48	1.547 de
	2	100.55	8.1937		1.38	
	3	112.79	7.116		1.78	
E	1	98.10	5.750	0.380	1.88	2.036 bc
	2	99.82	5.175		2.129	
	3	98.59	5.175		2.10	
F	1	64.01	5.606	0.390	1.25	1.340 ef
	2	85.84	7.1875		1.31	
	3	82.40	6.1812		1.46	
G	1	95.64	5.031	0.380	2.098	2.186 b
	2	89.026	4.528		2.17	
	3	95.40	4.600		2.29	
H	1	56.41	4.8875	0.390	1.26	1.190 f
	2	73.575	6.75		1.19	
	3	66.22	6.4887		1.12	
I	1	86.083	4.8875	0.420	1.87	1.653 d
	2	83.87	5.89375		1.51	
	3	74.80	5.03125		1.58	
J	1	95.65	6.0375	0.390	1.72	1.683 d
	2	95.65	7.475		1.40	
	3	99.08	5.608		1.93	

A : Obelix, B : Concorde, C : Hertha, D : Frisia, E : Karrifona
H : Granola, I : Resy, J : Agria, F : Sandra, G : Caspar,

LSD_(0.05) = 0.295

Patates çeşitlerinin ortalama poisson oranları (θ) 0.258...0.420 arasında değişmiştir. Elastikiyet modülü değerlerinin (E) ise 1.12...2.80 N/mm² arasında

Tablo 4. Patates Çeşitlerinin Elastikiyet Modüllerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

V.K.	SD	KT	KO	F
Çeşit	9	4.834	0.537	17.9**
Hata	20	0.604	0.030	

** P<0.01 düzeyinde önemlidir.

değiştirdiği saptanmıştır. Finney ve Hall (1967), araştırma materyali patatesin poisson oranını 0.492 olarak bulmuşlardır. Poisson oranı ve dolayısıyla elastikiyet modülünün değeri ürünün çeşit özellikleri, nem içeriği, olgunluk durumu, yumru sıcaklığı, hasat sonrası bekleme süresi ve koşulları ile uygulanan kuvvetin büyüklüğüne, kuvvetin uygulama süresine ve batma ucunun (prob) özelliklerine göre değişmektedir. Bu nedenlerle, bu çalışmadaki bulguları diğer araştırmaların sonuçları ile tam olarak karşılaştırmak olanaklı değildir.

Çeşitlerin elastikiyet modülü değerleri arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek için, çeşitlerin elastikiyet modülü değerlerine varyans analizi uygulanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4'ün incelenmesinden görüleceği gibi, çeşitlerin elastikiyet modülleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.01). Buna göre çeşitlerin elastikiyet modülü ortalamalarına uygulanan Duncan testine göre, çarpma zedelenmesine karşı elastikiyet modülleri itibarıyla en duyarlı çeşitlerin 1.190 N/mm² ile Granola ve 1.340 N/mm² ile Sandra; en toleranslı çeşitlerin ise 2.529 N/mm² ile Concorde, 2.242 N/mm² ile de Hertha oldukları saptanmıştır.

Peker ve ark. (1995)'nin Sandra ve Concorde çeşitlerinin zedelenme duyarlılığı ile ilgili bulguları, çalışmadaki sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Elastikiyet modülü, patateslerin mekanik özelliği hakkında bilgi vermektedir. Bu özellikten yararlanarak, patateslerin hasat ve taşınma gibi işlemler sırasında, mekanik özelliklerini koruyup koruyamadığı belirlenebilmektedir. Ayrıca patateslere uygulanacak işlemlerin şekli de tahmin edilebilir. Hasat sırasında ürünün hasat makinasındaki hareketi ve düşme yükseklikleri, ürünün elastikiyet modülüne göre ayarlanabilir. Dolayısıyla elastikiyet modülü düşük olan çeşitlerde makina ayarları daha hassas bir şekilde yapılmalıdır. Taşıma sırasında oluşacak titreşimlerin ürüne vereceği zararlar da tahmin edilerek, ambalaj büyüklükleri ve istif yükseklikleri belirlenebilir. Titreşim sönmüleyici malzeme ve ürünü zedelemeyecek yüzeyler büyük bir doğrulukla seçilebilir.

KAYNAKLAR

- Anazoda, U.G.N., Chikwendu, S.C., 1984. Poissons Ratio and Elastic Modulus of Radially Compressed Biomaterials II : Large Deformation Approxmation, Transaction of the ASAE : 1563-1572, St. Joseph, MI, USA.

İç Anadolu Bölgesi Koşullarında Yetiştirilen Bazı Patates Çeşitlerinin Elastiklik Modüllerinin Belirlenmesi

- Chappel, T.W.C., Hamann, D.D., 1968. Poissons Ratio and Youngs Modulus for Apple Flesh Under Compressive Loading Transactions of the ASAE : 11 (5) : 608-610, St. Joseph, MI, USA.**
- Finney, E.E., Hall, C.W., Thompson, N.R., 1964. Influence of Variety and Time Upon the Resistance of Potatoes to Mechanical Damage. Am. Potato J. 41 : 178.**
- Finney, E.E., Hall, C.W., 1967. Elastic Properties of Potatoes. Transaction of the ASAE, s. 4-8, USA.**
- Huff, E.R., 1967. Tensile Properties of Kennebec Potatoes. ASAE Paper No : 66-334, St. Joseph MI, USA.**
- Jindal, V.K., 1985. Compression Tests for Measuring the Firmness of Potatoes, ASAE Paper No : 85-1072, St. Joseph, MI, USA.**
- Kacar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri : II. Bitki Analizleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları : 453. Uygulama Klavuzu 155, Ankara.**
- Kara, M., Turgut, N., 1988. Erzurum Yöresinde Yetiştirilen Patates Çeşitlerinin Önemli Bazı Mekanik Özelliklerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi, s. 302-313, 10-12 Ekim 1988, Erzurum.**
- Larsen, F.E., 1962. External and Internal (Blackspot) Mechanical Injury of Washington Russet Burbank Potatoes From Field to Terminal Markets. Am. Potato J. 39 : 249.**
- Mohsenin, N.N., 1970. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach, Science Publishers Ltd. One Park Avenue, NY 10016, USA.**
- Öğüt, H., Aydın, C., 1992. Konya Ekolojik Şartlarında Yetiştirilen Bazı Elma Çeşitlerinin Poisson Oranı ve Elastiklik Modüllerinin Belirlenmesi. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2 (3) : 39-53, Konya.**
- Peker, A., Kalyoncu, İ.H., Yıldız, M.U., 1995. Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Patates Çeşitlerinin Zedelenme Hassasiyetinin Belirlenmesi. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, s. 389-392, 3-6 Ekim 1995, Adana.**
- Pekmezci, M., 1982. Türkiye'de Bahçe Ürünlerinin Depolanması, Pazara Hazırlanması ve Taşınması Sempozyumu. TÜBİTAK Yayınları No : 587.**
- Sitkel, G., 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary.**
- Thornton, R.E., Smittle, D.A., Peterson, C.L., 1984. Reducing Potato Damage During Harvest. Cooperative Extension College of Agriculture, Washington State University Extension Bulletin 0646, USA.**
- Wouters, A., Vervaeke, F., De Baerdemaker, J., 1985. Mechanical Properties and Bruise Susceptibility of Potatoes. ASAE Paper No : 85-6013. St. Joseph, MI, USA.**