

KONYA EKOLOJİK ŞARTLARINDA YETİŞTİRİLEN BAZI ELMA ÇEŞİTLERİNİN POISSON ORANI VE ELASTİKİYET MODÜLLERİNİN BELİRLENMESİ

*Hüseyin ÖĞÜT**

*Cevat AYDIN***

Materyal olarak üç farklı elma çeşidinin kullanıldığı bu araştırmada; parametre olarak Poisson oranı ve Elastikiyet Modülü seçilmiştir. Çalışmada metod olarak, araştırmacılar tarafından geliştirilen Biyolojik Malzeme Test Cihazı kullanılmıştır. Ölçümler esnasında yükleme hızı 6.2 cm/dak olarak sabit tutulmuştur.

Poisson oranının belirlenmesi amacıyla, araştırma materyali elmalardan özel aparat yardımıyla çıkarılan silindirik numuneler kullanılmıştır. Elastikiyet modülünün belirlenmesi içinde 2,2 mm. çapındaki silindirik kalıptan faydalanılmıştır. Ortalama Poisson oranı ve uygulanan kuvvet değerleri Boussinesq eşitliğinde yerine yazılarak her bölge için elastikiyet modülü değerleri hesaplanmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre Amasya elmasında Poisson oranı ortalama $\nu = 0,390$, Golden elmasında $\nu = 0,382$ ve Starking elmasında ise $\nu = 0,375$ olarak bulunmuştur. Elastikiyet modülü ise sap, karın ve çiçek bölgelerinde 1,11 ... 3,05 N/mm² arasında değişmektedir.

THE DETERMINATION OF POISSON'S RATIO AND ELASTICITY MODULUS OF SOME APPLE VARIETES IN KONYA CONDITION GROWN

In this research as a material, three apple varieties and as a parameter Poisson's ratio and Elasticity Modulus are selected. As a method Biological Material Test Device is used. Biological Material test device for this research is developed by Dr. Hüseyin ÖĞÜT and Cevat AYDIN. Rate of loading as 6,2 cm/min is constant.

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

** Arş Gör. S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü - KONYA

Geliş Tarihi: 30.1.1992

To determination of Poisson's Ratio cylindrical specimens were taken from three apple varieties and to determination of Elasticity Modulus 2,2 mm diameter die is used. Elasticity Modulus is calculated from means Poisson's ratio and applied forces by Boussinesq equation.

According to study for Poisson's ratio of Amasya are mean $\nu=0,390$ and for Golden $\nu = 0,382$ and Starking $\nu = 0,382$ found. Elasticity Modulus for different region of apple varieties were changed from 1,11 to 3,05 N/mm².

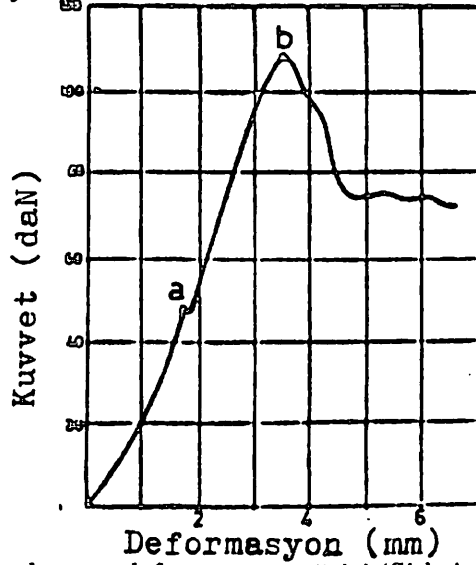
GİRİŞ

Ziraat mühendisliğinin ilgi alanını oluşturan biyolojik ürünlere ait mekanik, termik ve elektriksel özelliklerin bilinmesi, tarım makinalarının güvenle projelenebilmesi bakımından son derece önemlidir. Son zamanlarda tarımsal ürünlerin fiziksel özellikleri üzerine yapılan çalışmalar mühendisliğe ait teknik ve terimlerin bu ürünlerin davranışlarını tanımlamada kullanılabileceğini göstermektedir. (T.W. Chappel ve D.D. Hamann). Tarımsal ürüne ait poisson oranı ve elastikiyet modülü bilgileri özellikle mekanik yöntemlerle ürün hasadı ve taşıma iletim işlemlerindeki hesaplamalar için gerekli olmaktadır.

Tarımsal materyal çeki ve bası gerilmesi altında, çelik ve lastikle karşılaştırıldığında, tarımsal materyalin çok küçük zorlanmalar karşısında büyük deformasyonlara maruz kaldığı görülmekte ve uygulanan yük kaldırıldığında materyalde kalıcı deformasyon görülmektedir. (Sitkei, G., 1986). Araştırma materyali olarak kullanılan elma anizotropik yapıyla sahiptir (J.T.Clevenger, Jr. ve D.D. Hamann). Anizotropik yapının anlamı, özelliklerin yöne bağlı olmasıdır. Metal malzemeler yarı izotrop özellik gösterir (Weissbach, W. 1977).

Materyale kuvvet etkiğinde, materyalin yapısına ve kuvvetin büyüklüğüne bağlı olarak, akma olayı meydana gelir. Biyolojik malzemenin kuvvet-deformasyon eğrisinde de akma ("a") ve kopma ("b") noktaları görülür. Ancak tarımsal ürünlerdeki "b" noktası genel malzemedan farklı olarak, kabul yırtılma noktası olarak tanımlanır (Fletcher S.W ve ark.). Akma noktasında (a), biyolojik malzemede kalıcı deformasyon oluşmaktadır. Bu noktada meyve dokusunun patlaması sonucu meyve suları

kabuk ile meyve eti arasına birikmektedir. Zamanla kabuğun solunumu ve meyve sularının okidasyonu ile renk koyulaşması görülür. Akma noktasındaki kuvvet ölçüldüğünde ürüne zarar vermeden uygulanabilecek kuvvet bulunmuş olur. "b" noktasında ise kabuk yırtılması meydana gelmektedir. (Şekil1.) Bu noktanın konumu, ürünün kabuk mukavemetine, meyve etinin sertliğine, olgunlaşma safhasına ve depolama süresine bağlı olarak değişir.



Şekil: 1. Elmadan kuvvet-deformasyon eğrisi (Sitkei, G. 1986)

Finney ve Ark. (1964), gerilme, gevşeme testlerinde, patates yumrularını iki paralel plaka arasında, önceden belirlenmiş 35+ 1 lb değerine ulaşınca kadar yüklemiş ve patates yumrularındaki deformasyonu, zamanın fonksiyonu olarak kaydetmişlerdir. Denemeleri oda sıcaklığında yapmışlar ve deformasyon için beş farklı hız (1,2,4,10,20 inc/dak) kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre deformasyon sabit kalmakta, 5 saniyeden sonra ise farklı deformasyon hızlarının etkisi paralellik göstermektedir.

Fletcher ve ark (1965), mühendislikte kuvvet-deformasyon ilişkisinin malzemenin mekanik özellikleri açısından çok anlamlı bir kriter olduğunu, bu ilişkinin yükleme miktarı, sıcaklık ve diğer fiziksel karakterlerle değiştiğini belirterek, elma, şeftali, armut ve patatesde

0,003...200 inç/s hızlarında yükleme yapmışlardır. Uyguladıkları yükleme miktarlarını; 0.003...0.1 inc/s (yavaş yükleme), 0,1..... 10 inc/s (orta yükleme) ve 10...200 inc/s (hızlı yükleme) olarak üç kategoriye ayırmışlardır. Hızlı yükleme şartlarında çapı 2,5 inç, stroku 9 inç olan çift etkili bir silindirin ucunda 1/4 inç'lik bir plancer kullanmışlardır. Ölçümleri oda sıcaklığında yapmışlar ve çalışma sonucunda ele alınan ürünlerin akma noktası ve kabuk yırtılma noktalarını kuvvet-zaman eğrisi üzerinde tespit etmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre; kabuk yırtılma kuvveti yükleme arttıkça arttığını, kritik bir değere kadar yükseldiğini, daha sonra yükleme kuvveti arttıkça kabuk yırtılma kuvvetinin azaldığını belirtmişlerdir. Eğri üzerindeki pik noktanın yerinin olgunlaşmanın safhasıyla ve çeşite göre değiştiğini ifade ederek, elde edilen bilgilerin mekanik hasat ekipmanlarının dizaynında kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Chappell ve Hamann (1968), Mekanik yöntemlerle elma hasadında en önemli problemin meyvenin yaralanması olduğunu ifade ederek, bunları azaltabilmek için ürünün temel fiziksel özelliklerinin, metalik malzemeye ait özelliklere benzer şekilde tanımlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Denemeye aldıkları elmalardan sağladıkları numuneler 15/16 inç çapında ve 1.....1 3/32 inç yüksekliğindedir. Çalışma sonunda farklı gerilme değerlerine bağlı olarak, elma çeşitlerinde poisson oranlarını 0.193.....0.312 arasında bulmuşlardır.

Clevenger ve Hamann (1968), Elmanın fiziksel özelliklerinin analizinde mühendislik yaklaşımlarından faydalanmışlar ve denemelerde uniform büyüklükte, kabukları yaralanmamış üç farklı elma çeşiti kullanmışlardır. Çalışma için 0,21 inç/dak ve 0.84 inç/dak hızlarını seçmişler, sonuçta: 0.028 inc kalınlığındaki Winesap elma çeşidinin kabuğunun poisson oranını 0,47, 0.018 inc kalınlığındaki Golden delicious'un poisson oranını 0.31 ve 0.020 inc kalınlığındaki Red delicious'un poisson oranını 0.32 olarak bulmuşlardır.

Anazoda ve Chikwendu (1984), biyolojik materyale ait silindirik numunelerin, iki düz ve rijit yüzey arasında sıkıştırılması sonucunda oluşan deformasyondan faydalanarak poisson oranının hesaplanması için eşitlikler geliştirmişlerdir. Araştırmacılar geliştirdikleri eşitliklerin büyük deformasyonlar için daha doğru sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Chesson ve Moore (1985), otomatik meyve basınç kayıt cihazı prototipi ile ilgili çalışmalar yapmışlar ve sözkonusu cihazı diğer cihazlarla mukayese etmişlerdir. Araştırmacılar çeşitler üzerinde 10 adet elmada yaptıkları ölçümler sonucunda otomatik meyve basınç kayıt cihazının ölçümleri doğru yaptığını ortaya koymuşlardır. Bu cihazda algılayıcı ve deformasyon oluşturuvcu uç olarak 0,79 cm. çapında problemler kullanmışlardır.

METERYAL VE METOD

Araştırma materyali olarak Konya ekolojik şartlarında yetiştirilmiş üç farklı elma çeşidi; Amasya Golden ve Starking kullanılmıştır. Amasya elması, meyveleri orta büyüklükte, ortalama 80-100 gr. ağırlığında, karın tarafı genişçe, çiçek çukuru doğru hafif dar, sapı uzunca kahverengi, kabuğu ince, sert mumlu ve yapışkan, güneş gören yanı koyu, öteki yanları hafif kırmızı ve yer yer yeşil zemin görülmekte, eti hafif yeşilimtrak beyaz, tatlı, sulu ve çekirdekleri parlak kahverengi uçları sivri ve dolgundur.

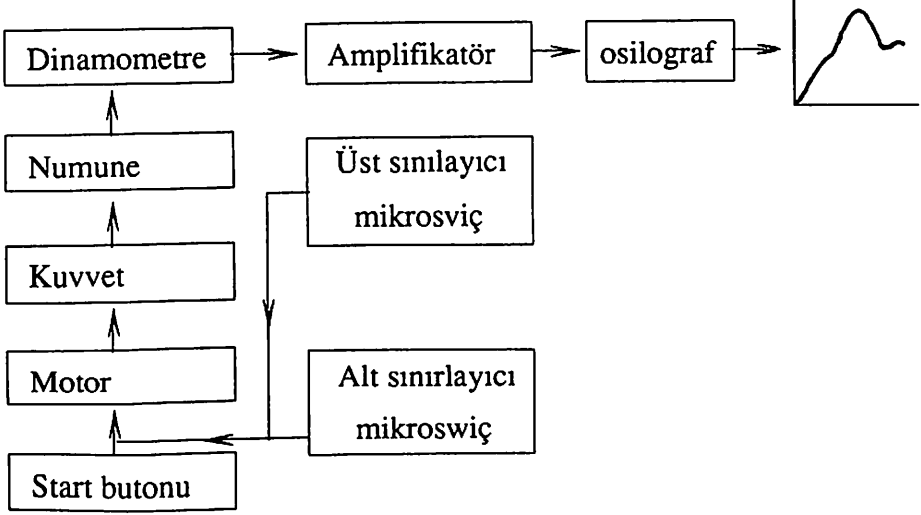
Starking delicious elması, meyveleri orta iri-iri, uzun, konik biçimde, sap tarafı genişçe ve çiçek çukuru tarafı kuvvetli dilimdir. Sapı; ince, uzun; kabuğu ince, sert, parlak sarı zemin üzerine sıvama ve koyu kırmızı çizgili, eti beyaz, yumuşak, tatlı, güzel kokuludur.

Golden delicious elması, meyve orta iri-iri, silindirik, düzgün şekilli, sap çok uzun ve ince, kabuk parlak sarı, sap tarafında bariz paslı benekli, eti yeşilimtrak krem renkte, sıkı, gevrek, ince daneli, nazık, sulu aromalı, tatlıdır (Özbek, 1977 ve 1978).

Cetvel 1: Araştırma Materyali Elmaların özellikleri

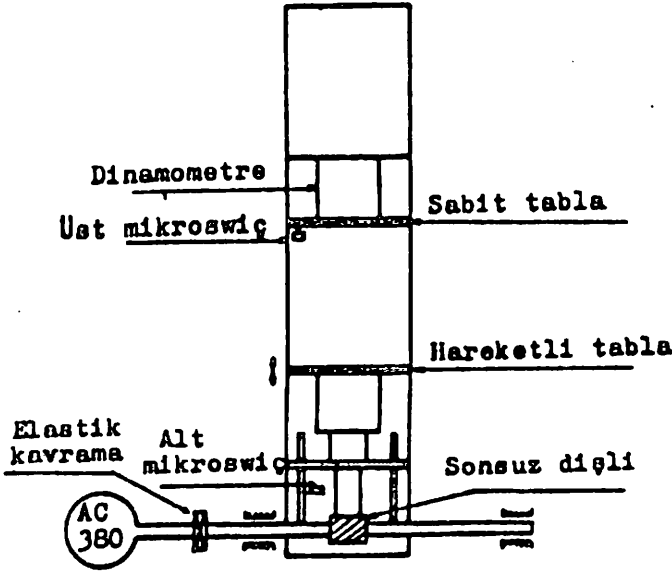
Özellik	Amasya	Golden	Starking
Nem muhlevası (%)	82,24	82	82
Yoğunluk (gr/cm ³)	0,73....0.81	0.83	0.83
Küresellik (%)	87	90,5	92,6
Ortalama ağırlık (gr)	102.8	153,8	109.9
Depolama süresi (ay)	2	2	2

Araştırmada numunelerin sıkıştırılması yoluyla Poisson oranının belirlenme amacıyla geliştirilen Biyolojik malzeme test cihazı kullanılmıştır. Söz konusu cihaz mekanik (kuvvet, numune), elektrik (motor, alt ve üst sınırlayıcı mikroswiçler, start butonu) ve elektronik (dynamometre, amplifikatör ve osilograf) devreden oluşmaktadır. Söz konusu ölçüm setinin blok diyagramı şekil 2 de görülmektedir.



Şekil 2. Ölçüm setine ait blok diyogramı

Blok diyogramından görüldüğü üzere, elektrik motoruna ilk hareket start butonuyla verilmektedir. Motordan alınan hareket, sonsuz dişli yardımıyla hareketli platforma ulaşmaktadır. Hareketli platformun hızı 6,2 cm/dak olarak sabittir. Hareketli platformun üzerinde bulunan silindirik numune yukarı doğru yükselmekte ve dinamometreye bağlı bulunan sabit platforma temas etmektedir. Numune üzerinde deformasyon meydana gelince, üst sınırlayıcı mikroswiç tarafından elektrik motoru durdurulmaktadır. Platformun harekete başlayıp durduğu ana kadar geçen süre içerisinde, numuneye uygulanan kuvvet, çeki bası dinamometresi tarafından algılanmakta, algılanan kuvvet amplifikatörde yükseltgenerek daha sonrada kayıt için osilografa gönderilmektedir. Alt mikroswiç emniyet amacıyla konmuştur. Başka bir ifadeyle hareketli platformun stroku



Şekil 3: Biyolojik malzeme test cihazı

iki mikroswiç yardımıyla sınırlandırılmıştır. Numunenin sıkıştırma işlemi bittikten sonra, özel elektrik devre yardımıyla motor ters yönde çevrilerek, cihaz tekrar ölçüm yapacak hale gelmektedir. Ölçümler oda sıcaklığında yapılmıştır.

Araştırma materyali elmaların elastikiyet modüllerini hesaplayabilmek için önce Poisson oranı bulunmuştur. Poisson oranının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$\text{Poisson oranı } (\nu) = \frac{\Delta D}{\Delta L} = \frac{D - D_0}{L_0 - L} = \frac{\text{Ence genleşme}}{\text{Boyca daralma}}$$

Burada:

ν : Poisson oranı (-)

ΔD : Çaptaki değişim (mm)

ΔL : Boydaki değişim (mm)

D_0 : Numunenin deforme olmadan önceki çapı (mm)

- D : Numumenin deforme olduktan sonraki çapı (mm)
Lo : Numumenin deforme olmadan önceki yüksekliği (mm)
L : Numumenin deforme olduktan sonraki yüksekliği (mm)

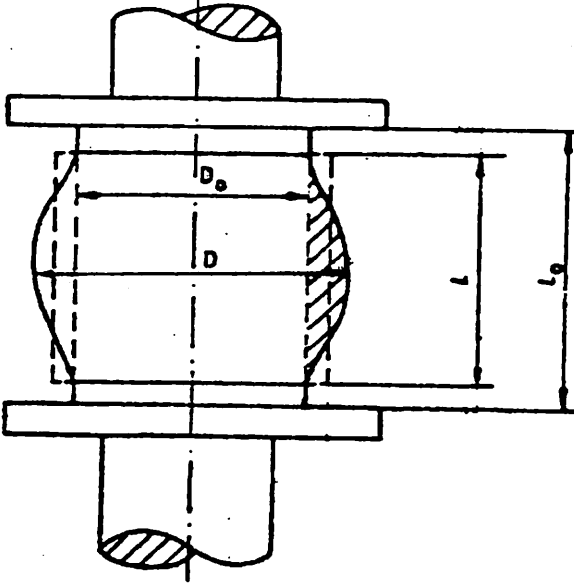
Söz konusu eşitlik yardımıyla bulunan poisson oranlarının ortalaması kullanılarak, elmaların üç farklı bölgesi için elastikiyet modülleri hesaplanmıştır. Bu amaç için 2,2 mm. çapındaki silindirik kalıp elmaların sap (S.B.) kısmın (K.B) ve çiçek bölgesinde (Ç.B.) 6,2 cm/dak. hızda temas ettirilmiş ve uygulanan kuvvetler kaydedilmiştir. Buradan Boussinesq eşitliği yardımıyla,, elastikiyet modüllerinin değerleri elde edilmiştir. Bu eşitlik:

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

Burada:

- E: Elastikiyet modülü (N/mm²)
F: Materyale uygulanan kuvvet (N)
 ϑ : Poisson oranı (-)
R: Silindirik kalıp çapı (mm)
 ΔL : Deformasyon (mm)

Üç farklı elma çeşidinin, üç değişik yükleme pozisyonunda akma ve kabuk yırtılma noktaları için elde edilen elastikiyet modülü değerleri için varyans analizi yapılmıştır.



Şekil 4. poisson oranının belirlenmesi

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Biyolojik malzeme test cihazı yardımıyla, araştırma materyali elmalardan özel aparat yardımıyla çıkarılan numunelerin fıçı biçiminde deforme edilmesiyle bulunan poisson oranlarına ait değerler cetvel 2.3 ve 4. de, ortalama poisson oranları kullanılarak hesaplanan Elastikiyet modülleri cetvel 5'de varyans analiz sonuçlarında cetvel 6.da görülmektedir.

Her elma çeşidi için yapılan 14 ölçüm sonucunda elde edilen poisson oranları Amasya elmasında 0,359... 0.410 ve Starking elmasında 0,368.... 0.390 arasında bulunmuştur. Poisson oranının ortalama değerleri ise Amasya elmasında $\nu = 0,390$, Golden elmasında $\nu = 0,382$ ve Starking elmasında ise $\nu = 0,375$ olarak hesaplanmıştır. Bulunan değerler literatür bilgileriyle uygunluk göstermektedir. Nitekim G. Sitkei'de yaptığı çalışmada elmanın Poisson oranını 0,37.....0.40 arasında, N. Mohseninde 0.21.....0.34 arasında bulunmuştur. Şüphesiz Poisson oranının değeri, nem muhtevasına, olgunlaşma safhasına uygulanan kuvvetin şiddetine ve hatta zamana bağlı olarak değişmektedir.

Cetvel 2. Amasya Elmasında Poisson oranları

Deney No	L _o (mm)	L (mm)	ΔL (mm)	Do (mm)	D (mm)	ΔD (mm)	ϑ (-)
1	17.70	15.40	2.35	23.45	24.40	0.95	0.400
2	14.95	13.05	1.90	23.00	23.70	0.70	0.370
3	14.85	13.00	1.85	24.35	25.10	0.75	0.400
4	12.20	9.95	2.25	24.15	25.00	0.85	0.380
5	14.35	9.45	2.30	24.15	25.00	0.85	0.370
6	11.95	9.45	2.50	24.00	25.00	1.00	0.400
7	19.35	17.55	1.80	23.75	24.45	0.70	0.390
8	10.65	9.05	1.60	23.25	23.90	0.65	0.400
9	9.80	8.25	1.65	24.25	24.85	0.60	0.390
10	9.80	7.80	2.00	24.70	25.45	0.75	0.370
11	14.30	12.20	2.10	23.65	24.45	0.80	0.380
12	10.40	8.30	2.10	24.45	25.30	0.85	0.400
13	10.40	8.75	1.65	24.45	25.10	0.65	0.390
14	13.65	11.05	2.60	23.25	24.35	1.10	0.420

Ortalama (ϑ) = 0,390

Cetvel 3. Golden Elmasında Poisson oranları

Deney No	L _o (mm)	L (mm)	ΔL (mm)	D _o (mm)	D (mm)	ΔD (mm)	ϑ (-) (mm)
1	9.70	8.85	0.85	23.86	24.20	0.34	0.400
2	13.00	11.55	1.45	24.50	25.10	0.60	0.410
3	11.55	9.45	2.10	24.50	25.35	0.85	0.410
4	18.30	17.35	0.95	24.00	24.35	0.35	0.368
5	18.35	16.75	1.60	24.45	25.10	0.65	0.410
6	11.05	10.30	0.75	24.96	25.25	0.29	0.381
7	19.65	17.95	1.70	24.75	25.40	0.65	0.382
8	11.75	10.40	1.35	24.60	25.10	0.50	0.370
9	17.70	16.05	1.65	24.35	24.95	0.60	0.364
10	13.25	11.00	2.25	24.65	25.50	0.85	0.377
11	12.85	11.25	1.60	25.00	25.60	0.60	0.375
12	13.65	12.70	0.95	24.70	25.05	0.35	0.368
13	16.65	14.70	1.95	24.90	25.60	0.70	0.359
14	10.05	9.10	0.95	24.45	24.80	0.35	0.368

Ortalama (ϑ) = 0,382

Ceruel 4. Starking Elmasında Poisson Oranları

Deney No	L _o (mm)	L (mm)	ΔL (mm)	D _o (mm)	D (mm)	ΔD (mm)	ϑ (-)
1	10.10	9.20	0.90	24.65	24.99	0.34	0.377
2	13.45	12.25	1.20	24.20	24.65	0.45	0.375
3	16.20	15.25	0.95	24.50	24.85	0.35	0.368
4	13.65	12.05	1.60	24.85	25.45	0.60	0.375
5	10.55	9.10	1.45	24.55	25.10	0.55	0.379
6	16.00	14.40	1.60	24.55	25.14	0.41	0.369
7	12.75	11.80	0.95	24.80	25.15	0.35	0.368
8	11.75	10.70	1.05	24.60	25.00	0.40	0.381
9	16.45	15.25	1.20	24.55	25.00	0.45	0.375
10	13.20	12.05	1.15	24.55	25.00	0.45	0.390
11	13.30	12.45	0.85	24.55	24.87	0.32	0.376
12	15.40	14.20	1.20	24.55	25.00	0.45	0.375
13	13.90	12.05	1.85	24.50	25.20	0.70	0.378
14	12.95	11.05	1.90	24.05	24.75	0.70	0.368

Ortalama (ϑ)= 0.375

KONYA EKOLOJİK ŞARTLARINDA YETİŞTİRİLEN...

Cetvel 5. Araştırma Materyali Elmalara Ait Ortalama Elastikiyet Modülü (E) Değerleri

Elma çeşiti	Ölçüm Bölgesi	Elastikiyet Modülü (N.mm ⁻²)	
		"a" Akma noktasında	"b" Kabuk yırtılma noktasında
Amasya	K.B.	2,2241	2,2366
	Ç.B.	1.1149	1.7156
	S.B.	1.7867	1.8682
Golden	K.B.	2.0434	1.7670
	Ç.B.	3.0396	2.1704
	S.B.	2.3460	2,1179
Starking	K.B.	2.0560	1.7761
	Ç.B.	3.0581	2.1903
	S.B.	2.3605	1.8107

Cetvel 6. "a" Akma Noktasındaki Elastikiyet Modülüne Ait Varyans Analiz Sonuçları.

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F değeri
Çeşit	2	1.20	0.601	1.58
Bölge	2	0.15	0.074	0.19
Hata	4	1.53	0.381	-

Cetvel 7. "b" Kabuk Yırılma Noktasındaki Elastikiyet Modüllerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F değeri
Çeşit	2	0.12	0.062	0.41
Bölge	2	0.11	0.056	0.38
Hata	4	0.60	0.149	-

Poisson oranlarının ortalama değerleri kullanılarak bulunan Elastikiyet Modülü değerlerinin akma noktasındaki değerleri genelde kabuk yırılma noktasındaki değerlerden daha büyük olduğu görülmüştür.

Ayrıca elastikiyet modülünün, çeşit aynı kalmak şartıyla, elmanın değişik bölgeleri için farklı değerlerde olduğu belirlenmiştir. Ancak Elastikiyet modülünün elde edilen değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklılığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre, elma çeşitleri, bölgeler ve akma-kabuk yırılma noktaları arasında bir fark yoktur. Ayrıca elma çeşiti ile yükleme bölgesi arasında da interaksiyon (etkileşim) görülmemiştir. ($P < 0.01$). Poisson oranında olduğu gibi Elastikiyet Modülü değerleride literatür bilgileriyle uyum göstermektedir. Bu durum, G. Sıtkei'nin yaptığı çalışmada jonathan elma çeşitinde elastikiyet modülünü $1,66 \text{ N/mm}^2 \dots 3.4 \text{ N/mm}^2$ arasındaki tespitiyle desteklenmektedir.

Genel makina malzemelerinin, fiziksel özellikleri biyoloji malzemeye göre daha az değişkendir. Bundan dolayı biyolojik malzemenin verilen fiziksel özelliklerinin araştırmanın yapıldığı şartlara bağlılığının yüksek olduğu gözden uzak tutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Anazoda, U.G.N and Chikwendu, S.C., 1984. Poisson's ratio and elastic modulus of radially compressed biomaterials II: Large deformation approximation, Transactions of the ASAE:1563-1572
- Chappel, T.W.C and Hamann D.D., 1968. Poisson's ratio and Young's Modulus for Apple flesh under Compressive Loading, Transactions of the ASAE: 11 (5) : 608 - 610.
- Chesson, I.and Moore I., 1985. An Automatic Pressure Tester. Transactions of the ASAE:322-325
- Clevenger, J,T, and Hamann D.D. 1968. The Behavior of Apple skin under Tensile Loading. Transactions of the ASAE: 11 (1): 34-37
- Finney E.E, C.W. Hall and G.E. Theory of Linear Viscoelasticity Applied to the patato, Journal of Agricultural Engineering 19(1): 1-12
- Fletcher S.W.,N.N. Mohsenin, J., R. Hammerle, and Tukey L.D., 1965. Mechanical Behavior of selected Fruits and Vegetables under Fast Rates of Loading. Transactions of the ASAE 8(3): 324-326
- Mohsenin, N,N, 1970. Physical Properties of Plant and Animal Materials. The Pennsylvania State University, USA
- Özbek, S., 1977. Genel Meyvecilik, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara
- Özbek, S., 1978 Özel Meyvecilik, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara
- Sıtkei, G., 1986. Mechanics of Agricultural Material. Akedimal kiada, Budapest, Hungary.
- Sınn, H. ve Özgüven, F., 1987. Biyolojik Malzemenin Teknik özellikleri, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları N0: 27, Adana.
- Weissbach, W., 1977. Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, çevirenler: Selahaddin ANIK, ve Sabri ANIK, Birsen Kitapevi yayınları, İstanbul.