

Turfanda Patates Yumrularının Farklı Saklama Koşullarında Fiziko-Mekanik Özellik Değişimleri

Y. B. Yurtlu^{1*}, K. K. Vursavuş², F. Arslanoğlu³, E. Yeşiloğlu¹

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Bölümü, Samsun, 55139,

²Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Meslek Yüksekokulu, Ceyhan-Adana,

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun, 55139,

Özet: Patates (*Solanum tuberosum* L.) erkenci olarak taze tüketim için de yetiştirilen bir üründür. Bu dönemdeki saklama koşulları patatesin kalitesini ve taşınmasındaki duyarlılığını etkilemektedir. Bu nedenle saklama koşullarının ürünün fiziko-mekanik özelliklerini nasıl etkilediğinin bilinmesi önemlidir. Bu çalışmanın amacı çeşit, saklama koşulları ve depolama süresinin turfanda yetiştirilen patatesin fiziko-mekanik özellikleri üzerine etkilerini belirlemektir. Bu amaçla yürütülen laboratuvar çalışmalarında Elfe, Marabel ve Orlo olmak üzere üç çeşit patates kullanılmıştır. Patatesler ışık almayan oda koşullarında (21 ± 3 °C) ve 4°C, %75-80 nem içeren depo koşullarında hasat edilen dönemden sonra 1 ay süreyle takip edilmiştir. Bu periyot içinde 8 mm'lik batıcı uçla sanki-statik testler uygulanarak, kabuk yırtılma direnci, deformasyon, sertlik, kabuk yırtılma enerjisi ve elastiklik modülü belirlenmiştir. Aynı dönem içinde patatesten alınan silindirik doku örneklerine uygulanan sanki-statik testlerle; gerilim, gerinme, doku dayanıklılığı ve doku elastiklik modülü değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmada ele alınan üç patates çeşidinin farklı mekanik özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Hasattan sonraki günlerde patates sertliğinin ve elastiklik modülünün azaldığı, gerilme ve doku elastiklik modülünün değerlerinin ise 7. günden sonra değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Patates, fiziko-mekanik özellikler, sertlik, elastiklik modülü, doku dayanıklılığı

Physico-Mechanical Properties of Early Grown Potato Tubers During Different Storage Conditions

Abstract: Potato (*Solanum tuberosum* L.) is produced also for fresh consumption in early season. Storage conditions influence potato quality and susceptibility handling. So, it is very important to determine how storage conditions and length might change their physico-mechanical properties. The objective of the research was to determine effects of cultivar, storage conditions and time on some physico-mechanical properties of early grown potatoes. To this end, Elfe, Marabel and Orlo varieties were used in the experiments. Potato tubers were kept in two different storage conditions without day lights during 1 month after harvesting: room condition (21 ± 3 °C) and cold storage (temperature 4°C, humidity 75-80 %). Quasi-static compression tests were performed with 8 mm puncture probe on whole tubers to determine puncture force, deformation, puncture energy, firmness and modulus of elasticity and with parallel plate on cylindrical specimens to evaluate stress, strain, toughness and modulus of elasticity of tissue. The three varieties evaluated in this study indicated different mechanical properties. The results showed that firmness and modulus of elasticity decreased after the harvesting day. It was determined that stress and modulus of elasticity of tissues modified in 7th day after the harvest.

Key words: Potato, physico-mechanical properties, firmness, modulus of elasticity, toughness

GİRİŞ

Patates, yüksek adaptasyon yeteneği nedeniyle ülkemizde ve dünyada oldukça farklı coğrafyalarda yetiştirilmektedir. Genel olarak ılıman serin iklim bitkisi olmasına rağmen, ülkemizin hemen her yerinde yılın belirli dönemlerinde patates üretilmektedir. Türkiye'de, yaklaşık 140 665 ha dikim alanında 4 548 090 ton

(Anonim, 2010) olarak gerçekleştirilen patates üretimi; ana ürün, ikinci ürün ve turfanda yetiştiricilik koşullarında yapılmaktadır. Bu nedenle hasatlar, Nisan ayından başlayıp Aralık ayının sonuna kadar devam etmektedir. Ana ürün patates yetiştiriciliğinde yumruların kabuk oluşumu tamamlandıktan sonra hasatlar yapılı-

*Sorumlu yazar : Yeşim Benal Yurtlu
E-posta : yurtlu@omu.edu.tr

makta, kabuk oluşumu tamamlandığı için taşıma ve depolama sırasında yumru zarar görmemektedir. Fakat kış mevsiminin ılık geçtiği Çukurova gibi bölgelerimizde yapılan turfanda patates üretiminde yumru istenilen iriliğe geldiği zaman, pazara yüksek fiyatlı erken ürün sunmak üzere kabuk oluşumunun tamamlanması beklenmeden hasatlar yapılmaktadır. Ülkemizde, ana ürün patates hasatları Haziran ayı sonunda başlayıp Kasım ayı başlarına kadar sürmekte, turfanda patates hasatları ise Nisan-Mayıs aylarında yapılmaktadır. Patatesin pazarda en az olduğu dönem olan bu aylarda pazara sunulan turfanda patatesler, henüz kabuk oluşumunu tamamlamamış fakat tüketim için yeterli iriliğe ulaşmış, birim fiyatının yüksek olması nedeniyle üreticiye yüksek gelir getirir niteliktedir. Turfanda patatesler içermiş oldukları %75-85 su nedeniyle hasattan sonra kısa süre içinde pazara sunulmak ve tüketilmek zorundadır. Bu arz sırasında yumru kabuklarının ve dolayısıyla yumruların zarar görmemesi, kabukların zedelenmemesi, yumruların pazar kalitesini artırmak açısından önem taşımaktadır. Genel olarak yumru kalitesi ve verimi; çeşit, toprak tipi, bitki rotasyonu, iklim koşulları, hastalık ve zararlı etkisi gibi birçok faktörün etkisi altındadır (Rykaczewska, 2010a).

Hasat ve hasat sonrası işlemler sırasında patates yumruları, iç zedelenmelerden delinme ve patlamaya kadar uzanan geniş bir yelpaze içinde hasar görebilirler (Mathew ve Hyde, 1997). Zedelenme sonucunda canlılığını devam ettiren ürün, sıcaklık, nem düzeyi ve doku özellikleri ile farklı sürelerde bozunmaya uğrayarak ürün kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle, patatesin mekanik özelliklerinin ve değişimini etkileyen parametrelerin belirlenmesi, hasat ve iletim kayıplarının azaltılması için önemli olmaktadır. Patates yumrularının mekanik ve reolojik özelliklerinin belirlenmesi üzerinde farklı ölçüm metotları ile yürütülmüş birçok araştırma bulunmaktadır (Sadowska vd, 2008; Van Canneyt vd, 2004; Bentini vd, 2009; Solomon ve Jindal, 2003; Solomon ve Jindal, 2006; Nourian vd, 2003; Laza vd, 2001).

Bu araştırmanın amacı, turfanda koşullarda yetiştirilen ve farklı koşullarda depolanan 3 patates çeşidinin mekanik özelliklerini belirlemek ve karşılaştırmaktır. Özel olarak ise, sanki-statik sıkıştırma testleri ile patatesin fiziko-mekanik özelliklerini belirlemek ve patates dokusundaki mekanik özellik değişimini analiz ederek saklama koşullarının bu özellikleri nasıl etkilediğini değerlendirmektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Denemelerde kullanılan Elfe, Marabel ve Orlo erkenci patates çeşitleri Nisan-Mayıs 2011 sezonunda Adana'da turfanda patates yetiştiriciliği yapan üreticinin tarlasından hasat edilmiş ve mukavva kutular içerisinde 2 Mayıs 2011 tarihinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne getirilmiştir. Yumrular hasattan yaklaşık 2 gün sonra denemelere alınmıştır. Kullanılan patateslere ait bazı çeşit özellikleri olarak olum grubu, göz derinliği, yumru şekli, kabuk rengi ve et rengi sırasıyla Elfe için, erkenci, yüzlek, oval, düzgün sarı, sarı; Marabel için erkenci, orta derin, oval, sarı, koyu sarı; Orlo için ise çok geçici, yüzeysel, oval, sarı, açık, sarı olarak verilmektedir (Anonim, 2012a ve b). İncelemeye alınan yumrulara ortalama irilik 80-100 g arasında değişmiştir. Denemeler başlanılan gün ürünlerin yarısı ışık almayan oda sıcaklığı koşullarına (21 ± 3 °C) alınırken, kalan kısım 4°C, %75-80 nem koşullu (Arioğlu, 2000), ışık almayan depoya konulmuştur. Patates yumruları her iki saklama koşulunda hasat edilen dönemden sonra 1 ay süreyle muhafaza edilmişlerdir. Seçilen saklama koşulları ve süresi turfanda patatesin gerçek saklama ve tüketim koşullarını karakterize edecek şekilde belirlenmiştir. Her üç çeşit ve iki farklı saklama koşulunda muhafaza edilen patateslere, tek yönlü mekanik sıkıştırma test düzeneği ile bütün haldeki yumru ve yumru patatesten alınan silindirik doku örnekleri üzerinden ilgili testler uygulanmıştır.

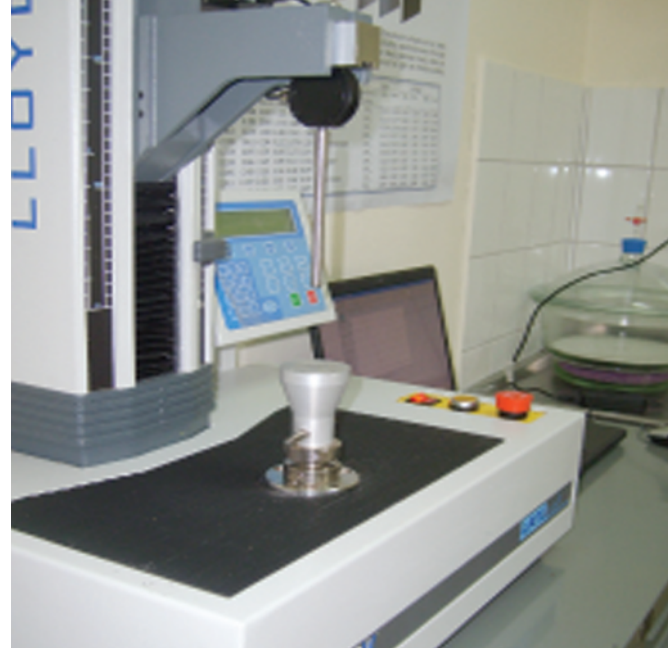
Patatesin sanki-statik sıkıştırma yükleri altında mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yürütülen testlerle farklı mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Patates yumrusuna

8 mm'lik batıcı uçla yapılan sanki-statik testlerle kabuk yırtılma direnci, deformasyon, sertlik ve kabuk yırtılma enerjisi, elastiklik modülünün belirlenmesi, patatesten alınan silindirik numunelere uygulanan sanki-statik testlerle ise gerilme, gerinim, doku dayanıklılığı ve doku elastiklik modülünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu testler birer haftalık periyotlarda tekrarlanmış ve deneme öncesi soğuk hava deposundan çıkarılan patatesler oda koşullarında normal sıcaklığa ulaşana kadar yaklaşık 2 saat bekletilmişlerdir.

Testlerin gerçekleştirildiği laboratuvarında denemeler boyunca sıcaklığın 21 ± 3 °C'de kalması sağlanmıştır.

Bütün haldeki patates yumrularına uygulanan sıkıştırma testleri S368.3 ASAE standardına uygun olarak yürütülmüştür (Anonim, 2009). Sıkıştırma testleri için Lloyd Universal Test Cihazı (Lloyd Instrument LRX Plus, Lloyd Instruments Ltd, An AMATEK Company) kullanılmıştır. Cihaz hareketli başlık, hareket verme düzeni ve veri aktarma sistemi (yük hücresi, dizüstü bilgisayar ve bağlantıları ile NEXYGEN Plus yazılımı) olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Denemelerde hareketli başlık üzerine %0,5 hassasiyete sahip 500 N'luk yük hücresi takılmıştır. Yük hücresine bağlanan 8 mm çaplı batıcı ucun karşısında 50 mm yarıçaplı sabit plaka yer almaktadır (Şekil 1).

Sıkıştırma testlerinde bütün haldeki patates yumrusu sabit plaka üzerine yerleştirilerek, batıcı ucun 10 mm dak^{-1} ilerleme hızında yumruya doğru hareketi ile başlamakta ve kabuk yırtılmasının ortaya çıkması ile tamamlanmaktadır. Kabuk yırtılmasının olduğu noktadaki kuvvet ve deformasyon değerleri kaydedilmektedir. Ayrıca kuvvet-deformasyon grafiğinde kabuk yırtılmasının görüldüğü bu maksimum kuvvetin altında kalan alan yazılım yardımıyla kabuk yırtılma enerjisi olarak hesaplanmaktadır. Elde edilen veriler yardımıyla sertlik değeri ve elastiklik modülü değerleri aşağıda yer alan eşitliklerle hesaplanmaktadır (Mohsenin, 1980; Sitkei, 1986):



Şekil 1. Batıcı uç sıkıştırma test düzeneği

$$F_{\text{sertlik}} = \frac{F}{D} \quad (1)$$

$$E = \frac{F(1 - \mu^2)}{d \cdot D} \quad (2)$$

Burada:

- F_{sertlik} : Sertlik (N mm^{-1}),
- F : Kabuk yırtılma noktasındaki kuvvet (N),
- D : Kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon (mm),
- E : Elastiklik modülü (MPa),
- μ : Poisson oranı (Patates için 0.49 olarak alınmıştır (Mohsenin, 1980)),
- d : Batıcı ucun çapı (mm)'dir.

Silindirik doku testleri için ucu kesilmiş bir şırınga yardımıyla patates yumrularından 25 mm çapında numuneler çıkartılmıştır. Çıkartılan numuneler 25 mm uzunluğunda olacak şekilde her iki ucundan kesilerek örnekler hazırlanmıştır. Test numuneleri çap ve uzunlukları eşit olacak şekilde hazırlanarak sıkıştırma testlerinin doğruluğunun azalması önlenmeye çalışılmıştır (Shaw ve Young, 1988). Test numuneleri aynı test cihazında, bu defa iki paralel plaka arasında 10 mm dak^{-1} ilerleme hızında sıkıştırılarak test edilmiştir (Şekil 2).

Silindirik numuneler, paralel plakalar arasında dik olacak şekilde ve merkezlenerek yerleştirilmiştir. Sıkıştırma testleri silindirik numune de kalıcı deformasyon oluşana kadar devam ettirilmiş, daha sonra düzeneğe durdurularak diğer numune testine geçilmiştir. Denemelerde elde edilen gerilme-gerinim grafiklerinden grafik doğrusallığının bozulduğu noktadaki gerilme ve gerinim değerleri okunup kaydedilerek aşağıdaki eşitlikler yardımıyla doku dayanıklılığı ve doku elastikiyet modülü değerleri hesaplanmıştır (Şekil 2) (Mohsenin, 1980; Bajema vd, 1998):

$$Q = \frac{1}{2} \sigma \cdot \varepsilon \quad (3)$$

$$E_{doku} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

Burada:

- Q : Doku dayanıklılığı (MPa),
 σ : Doku gerilmesi (MPa),
 ε : Doku gerinimi (-),
 E_{doku} : Doku elastikiyet modülü (MPa)'dür.

Denemeler sırasında silindirik numunelerde nem kaybının fazla olmaması için gruplandırma yapılarak örnekler elde edilmiş ve deneme öncesinde desikatör içinde bekletilmiştir.

Tüm denemeler 10 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Denemelerde elde edilen veriler SPSS 17.0 istatistik programında analiz edilmiştir. Çeşit, depo koşulları ve depolama süresinin patates yumrularının fiziko-mekanik özellikleri üzerine etkilerini belirlemek için tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 faktörlü varyans analizi (ANOVA), ortalamalar arasındaki farkları incelemek için ise Duncan çoklu karşılaştırma testleri yapılmıştır. Analizlerde ana faktör olarak; 3 çeşit (Elfe, Marabel ve Orlo), 2 saklama koşulu (oda sıcaklığı ve 4°C) ve 5 farklı depolama süresi (0. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün ve 28. gün) göz önüne alınmıştır.



Şekil 2. Silindirik numune sıkıştırma test düzeneğinden bir görünüm

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bütün yumruya uygulanan sıkıştırma testleri

Bütün haldeki yumruya, ürünlerin ticari ömrü süresince uygulanan sanki-statik sıkıştırma testleri sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de özetlenmiştir. Bu testlerde elde edilen örnek bir kuvvet-deformasyon grafiğine ilişkin bilgisayar ekran görüntüsü ise Şekil 3'de verilmektedir. Test sonuçlarının analizinde çeşit, saklama koşulu ve depolama süresi ana faktör olarak belirlenmiştir.

ANOVA sonuçları, çeşidin ölçülen ve belirlenen tüm fiziko-mekanik özellikler üzerinde P<0,001 önem seviyesinde etkili olduğunu göstermektedir. Saklama koşulu; kabuk yırtılma kuvveti, sertlik ve elastiklik modülü üzerinde etkili bulunurken, kabuk yırtılma enerjisi ve sertlik üzerinde istatistiksel açıdan etkisinin olmadığı görülmüştür. Depolama süresi de tüm değerler üzerinde en düşük P<0,05 önem seviyesinde olmak üzere etkili bulunmuştur. Faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimleri incelenecek olursa, sadece Saklama koşulu x Depolama süresi ikili etkileşiminin kabuk yırtılma kuvveti üzerinde etkili olmadığı görülmektedir (Çizelge 1).

Kabuk yırtılma kuvveti ve kabuk yırtılma enerjisine ait ortalama veriler Marabel çeşidi için en yüksek ve istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Sertlik ve elastiklik modülüne ait ortalama

Çizelge 1. Patates yumrusuna ait mekanik özelliklere ilişkin istatistik değerler

Çeşit	Saklama Koşulu	Depolama Süresi	Kabuk Yırılma Kuvveti (N)	Deformasyon (mm)	Kabuk Yırılma Enerjisi (J)	Sertlik (N mm ⁻¹)	Elastiklik modülü (MPa)
Elfe	4°C	0. gün	87.56±2.08	3.506±0.168	0.158±0.007	25.52±1.40	2.424±0.133
		7. gün	91.27±2.98	4.630±0.144	0.195±0.009	19.94±0.99	1.894±0.094
		14. gün	93.38±3.74	4.67±0.320	0.215±0.016	22.74±1.48	2.161±0.140
		21. gün	93.36±2.89	4.293±0.335	0.213±0.021	22.73±1.53	2.159±0.146
		28. gün	89.69±4.59	3.473±0.082	0.167±0.009	25.99±1.49	2.469±0.142
	Oda Sıcak- lığı	0. gün	87.56±2.08	3.506±0.168	0.158±0.007	25.52±1.40	2.424±0.133
		7. gün	87.52±3.44	4.832±0.251	0.205±0.011	18.61±1.25	1.767±0.118
		14. gün	83.60±2.39	4.315±0.109	0.175±0.005	19.44±0.61	1.847±0.058
		21. gün	74.38±3.26	4.161±0.171	0.166±0.008	18.08±1.00	1.718±0.095
		28. gün	73.12±3.11	4.272±0.297	0.164±0.013	17.66±1.09	1.677±0.103
Marabel	4°C	0. gün	99.98±2.54	4.744±0.159	0.234±0.011	21.27±0.82	2.020±0.078
		7. gün	109.21±2.74	4.579±0.070	0.258±0.008	23.93±0.80	2.273±0.076
		14. gün	102.09±2.45	4.049±0.077	0.206±0.004	25.35±0.94	2.408±0.089
		21. gün	109.18±3.05	5.188±0.209	0.278±0.011	21.40±1.11	2.033±0.105
		28. gün	84.32±3.92	3.521±0.272	0.172±0.018	24.63±1.17	2.340±0.111
	Oda Sıcak- lığı	0. gün	99.98±2.54	4.744±0.159	0.234±0.011	21.27±0.82	2.020±0.078
		7. gün	107.44±2.49	4.654±0.207	0.259±0.013	23.41±0.94	2.224±0.089
		14. gün	108.98±4.43	5.480±0.178	0.279±0.010	19.91±0.56	1.891±0.053
		21. gün	102.25±2.72	4.442±0.175	0.230±0.010	23.33±1.01	2.216±0.096
		28. gün	96.81±3.54	4.357±0.210	0.215±0.013	22.80±1.48	2.165±0.140
Orlo	4°C	0. gün	95.81±3.37	4.732±0.225	0.211±0.015	20.57±0.97	1.953±0.093
		7. gün	95.61±3.18	5.377±0.185	0.220±0.012	17.91±0.68	1.701±0.064
		14. gün	84.47±1.78	4.410±0.129	0.173±0.006	19.28±0.61	1.831±0.058
		21. gün	85.49±3.34	4.604±0.297	0.208±0.013	19.61±1.88	1.862±0.178
		28. gün	87.16±2.44	5.316±0.133	0.185±0.006	16.46±0.53	1.564±0.051
	Oda Sıcak- lığı	0. gün	95.81±3.37	4.732±0.225	0.211±0.015	20.57±0.97	1.953±0.093
		7. gün	77.58±2.40	3.705±0.159	0.161±0.005	21.50±1.53	2.042±0.145
		14. gün	83.99±8.83	5.111±0.446	0.192±0.024	15.78±1.26	1.499±0.119
		21. gün	91.00±2.74	4.247±0.345	0.210±0.019	22.50±1.61	2.137±0.153
		28. gün	83.20±2.89	3.830±0.196	0.166±0.013	22.00±0.87	2.090±0.083
<i>Ortalamalar</i>							
Elfe			86.15 ± 1.17 ^a	4.126 ± 0.08 ^a	0.182± 0.004 ^a	21.62±0.49 ^b	2.054±0.005 ^b
Marabel			102.02 ± 1.19 ^b	4.576 ± 0.07 ^b	0.237± 0.005 ^b	22.73±0.34 ^b	2.159±0.03 ^b
Orlo			88.01 ± 1.32 ^a	4.607 ± 0.09 ^b	0.194± 0.005 ^a	19.62±0.42 ^a	1.863±0.04 ^a
	4°C		93.91±0.99	4.446± 0.07	0.206 ±0.004	21.82 ±0.37	2.073 ±0.03
	Oda Sıcaklığı		90.21±1.28	4.426 ±0.07	0.202± 0.004	20.82 ±0.35	1.978± 0.03
		0. gün	94.45±1.25 ^b	4.327±0.10 ^{ab}	0.201±0.006 ^b	22.45±0.51 ^b	2.133±0.05 ^b
		7. gün	94.77±1.83 ^b	4.629±0.09 ^b	0.216±0.006 ^b	20.88±0.51 ^{ab}	1.983±0.05 ^{ab}
		14. gün	92.75±2.20 ^b	4.606±0.12 ^b	0.207±0.007 ^b	20.42±0.54 ^a	1.939±0.05 ^a
		21. gün	92.63±1.87 ^b	4.489±0.11 ^b	0.218±0.007 ^b	21.27±0.60 ^{ab}	2.021±0.06 ^{ab}
		28. gün	85.72±1.65 ^a	4.128±0.12 ^a	0.178±0.005 ^a	21.59±0.64 ^{ab}	2.051±0.06 ^{ab}
<i>P değerleri</i>							
Çeşit			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Saklama koşulu			0.003	0.803	0.306	0.018	0.018
Depolama süresi			<0.001	<0.001	<0.001	0.032	0.032
Çeşit x Saklama koşulu			0.001	<0.001	0.015	<0.001	<0.001
Çeşit x Depolama süresi			<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001
Saklama koş. x Depolama sür.			0.185	<0.001	0.008	0.003	0.003
Çeşit x Saklama koşulu x Depolama süresi			0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

değerler ise Elfe ve Marabel çeşitlerinde daha yüksek bulunmuş, Orlo çeşidinde ise en düşük ve istatistiksel olarak farklı olmuştur. Bentini vd (2009), benzer şekilde, yaptıkları çalışmada bütün haldeki patates yumrularına uygulanan yükleme testleri ile belirledikleri kopma yükü, deformasyon ve elastiklik indeksi gibi parametrelerde çeşidin etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Saklama koşulları açısından ortalamalar incelendiğinde, kabuk yırtılma kuvveti, sertlik ve elastiklik modülü ortalamalarının soğuk hava deposu koşullarında yüksek olduğu ve her iki koşul arasında istatistiksel olarak farkın önemli olduğu görülmektedir. Deformasyon ve kabuk yırtılma enerjisi açısından saklama koşulları arasında fark bulunmamıştır.

Hasat gününden itibaren depolama süresinin ortalamalar üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde, istatistiksel farklılığın kabuk yırtılma kuvveti ve kabuk yırtılma enerjisi üzerinde 28. günde ortaya çıktığı görülmektedir. Aynı şekilde, sertlik ve elastiklik modülü değerleri incelendiğinde, bu değerlerin hasat edilen günde en yüksek değerlerde olduğu ve 7. günde yapılan ölçümden itibaren bir miktar azalma ile birlikte farklılığın ortaya çıktığı bulunmuştur. Sertlik ve elastiklik modülü ortalamaları 14. günden sonra tekrar artış göstererek hasat edilen gün ortalamasına benzerlik göstermektedir. Benzer şekilde, deformasyon ve kabuk yırtılma enerji-

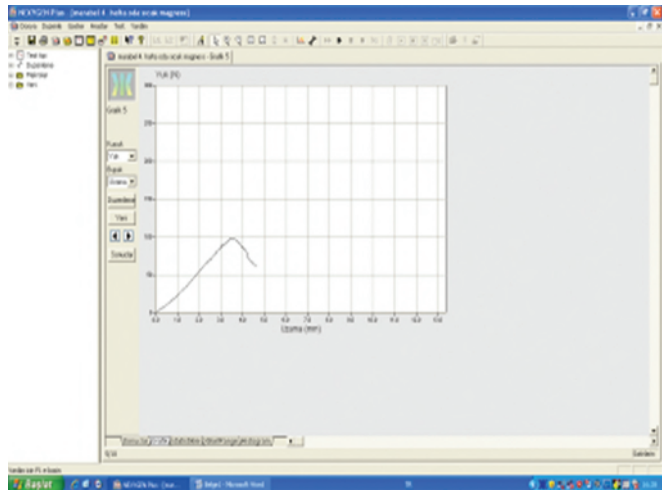
si değeri ortalamaları da 0. güne göre 7. gün, 14. gün ve 21. gün ölçümlerinde artmıştır. Yumrular olgunlaştıkça kabukları kalınlaşır ve kolayca soyulamaz hale gelir (Arıoğlu, 2000). Bu durum ayrıca, Rykaczewska (2010b)'nın da belirttiği gibi fizyolojik yaşın artmasıyla kabuk kalınlığının ve dayanıklılığının artması ile açıklanabilir. Benzer bir sonucu, Bentini vd (2009) bütün haldeki patates yumrularına uyguladıkları yük sonucu elde edilen kopma yükü ve deformasyon değerleri için bulmuşlardır.

Silindirik numune sıkıştırma testleri

Hasat edilen günde ve iki farklı saklama koşulunda depolama süresince bekletilen patates yumrularından alınan silindirik test numuneleri ile yürütülen sıkıştırma testleri sonucu elde edilen verilere ait ortalamalar ve standart hatalar ile Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 2'de verilmektedir. Silindirik numune sıkıştırma testleri ile elde edilen örnek bir kuvvet-deformasyon grafiğine ilişkin ekran görüntüsü Şekil 4'de görülmektedir. Yapılan istatistiksel analizlerde çeşit, saklama koşulu ve depolama süresi ana faktör olarak alınmıştır.

ANOVA sonuçlarına göre, çeşit ve depolama süresi silindirik numune sıkıştırma testleri sonucunda belirlenen gerilme, gerinim, doku dayanıklılığı ve doku elastiklik modülü parametreleri üzerinde, saklama koşulu ise doku elastiklik modülü hariç tüm parametreler üzerinde etkili bulunmuştur. İkili ve üçlü etkileşimler incelendiğinde ise, Çeşit x Saklama koşulu ile Çeşit x Saklama koşulu x Depolama süresinin gerinim; Çeşit x Depolama süresinin ise gerilme parametreleri üzerinde etkili olması dışında diğer ikili etkileşimlerin belirlenen parametreler üzerine etkisi olmamıştır.

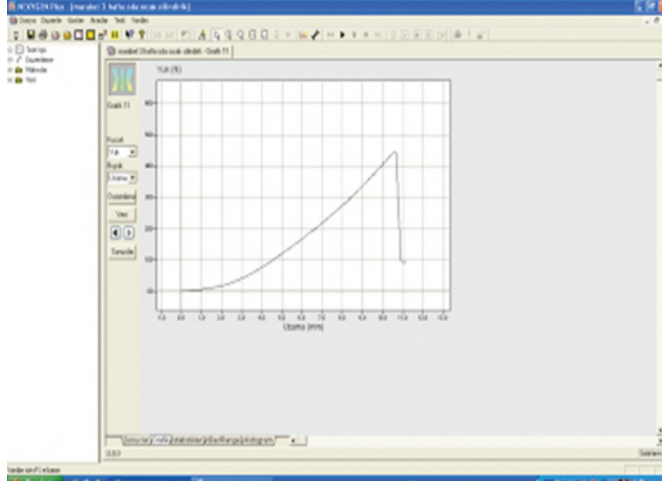
Çeşit ortalamaları incelendiğinde gerilme ve doku dayanıklılığı parametrelerinin Marabel çeşidinde en büyük ve istatistiksel olarak farklı olduğu görülmektedir. Gerinim ve doku elastiklik modülü değerleri ise tüm çeşitlerde farklılık göstermiş, benzer şekilde en büyük değerler Marabel çeşidinde ortaya çıkmıştır (Şekil 4, Çizelge 2).



Şekil 3. Batıcı uç testi ile elde edilen kuvvet-deformasyon grafiği

Çizelge 2. Silindirik numunelere ait mekanik özelliklere ilişkin istatistik değerler

Çeşit	Saklama Koşulu	Depolama Süresi	Gerilme (MPa)	Gerinim -	Doku Dayanıklılığı (MPa)	Doku elastiklik modülü (MPa)
Elfe	4°C	0. gün	0.867±0.086	0.317±0.006	0.139±0.015	2.717±0.250
		7. gün	0.894±0.049	0.301±0.010	0.135±0.010	2.986±0.150
		14. gün	0.844±0.043	0.282±0.011	0.121±0.010	2.985±0.076
		21. gün	0.944±0.060	0.296±0.009	0.142±0.012	3.168±0.159
		28. gün	0.784±0.040	0.276±0.007	0.109±0.007	2.838±0.135
	Oda Sıcaklığı	0. gün	0.867±0.086	0.317±0.006	0.139±0.015	2.717±0.250
		7. gün	0.857±0.053	0.315±0.010	0.137±0.012	2.703±0.107
		14. gün	0.937±0.031	0.327±0.009	0.154±0.008	2.877±0.093
		21. gün	1.078±0.49	0.330±0.011	0.179±0.012	3.280±0.135
		28. gün	1.019±0.052	0.333±0.007	0.170±0.010	3.073±0.169
Marabel	4°C	0. gün	1.207±0.018	0.369±0.004	0.223±0.004	3.276±0.059
		7. gün	1.133±0.054	0.351±0.010	0.200±0.015	3.232±0.111
		14. gün	1.224±0.032	0.337±0.009	0.207±0.010	3.637±0.079
		21. gün	1.282±0.044	0.341±0.007	0.219±0.009	3.773±0.142
		28. gün	1.253±0.089	0.347±0.009	0.220±0.020	3.586±0.198
	Oda Sıcaklığı	0. gün	1.207±0.018	0.369±0.004	0.223±0.004	3.276±0.059
		7. gün	1.151±0.039	0.357±0.008	0.206±0.011	3.221±0.060
		14. gün	1.319±0.044	0.348±0.008	0.230±0.010	3.797±0.141
		21. gün	1.289±0.033	0.366±0.009	0.236±0.009	3.538±0.104
		28. gün	1.370±0.048	0.352±0.009	0.242±0.013	3.901±0.110
Orlo	4°C	0. gün	0.781±0.031	0.329±0.006	0.129±0.006	2.373±0.092
		7. gün	0.878±0.045	0.322±0.012	0.143±0.011	2.732±0.117
		14. gün	0.888±0.028	0.300±0.007	0.133±0.006	2.972±0.101
		21. gün	0.957±0.028	0.335±0.007	0.160±0.006	2.866±0.095
		28. gün	0.897±0.041	0.321±0.009	0.145±0.010	2.800±0.108
	Oda Sıcaklığı	0. gün	0.781±0.031	0.329±0.006	0.129±0.006	2.373±0.092
		7. gün	0.958±0.017	0.335±0.006	0.170±0.005	2.707±0.047
		14. gün	0.982±0.037	0.330±0.010	0.163±0.009	2.984±0.103
		21. gün	0.984±0.042	0.321±0.010	0.159±0.010	3.070±0.106
		28. gün	0.893±0.075	0.302±0.016	0.140±0.017	2.923±0.138
<i>Ortalamalar</i>						
Elfe			0.909±0.019 ^a	0.309±0.003 ^a	0.142±0.004 ^a	2.934±0.052 ^b
Marabel			1.243±0.015 ^b	0.354±0.003 ^c	0.221±0.004 ^b	3.524±0.042 ^c
Orlo			0.900±0.014 ^a	0.324±0.003 ^b	0.147±0.003 ^a	2.780±0.039 ^a
	4°C		0.989±0.019	0.322±0.003	0.162±0.004	3.063±0.045
	Oda Sıcaklığı		1.046±0.018	0.337±0.003	0.178±0.004	3.096±0.045
		0. gün	0.951±0.032 ^a	0.338±0.003 ^b	0.163±0.007 ^a	2.788±0.078 ^a
		7. gün	0.978±0.023 ^a	0.333±0.005 ^{ab}	0.165±0.006 ^a	2.930±0.051 ^a
		14. gün	1.032±0.027 ^{ab}	0.321±0.005 ^a	0.168±0.006 ^a	3.209±0.062 ^b
		21. gün	1.089±0.025 ^b	0.331±0.004 ^{ab}	0.182±0.006 ^a	3.282±0.063 ^b
		28. gün	1.036±0.036 ^{ab}	0.322±0.005 ^a	0.171±0.008 ^a	3.187±0.078 ^b
<i>P değerleri</i>						
Çeşit			<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Saklama koşulu			0.001	<0.001	<0.001	0.480
Depolama süresi			<0.001	0.002	0.023	<0.001
Çeşit x Saklama koşulu			0.534	0.005	0.203	0.811
Çeşit x Depolama süresi			0.050	0.545	0.098	0.095
Saklama koş. x Depolama sür.			0.201	0.093	0.155	0.274
Çeşit x Saklama koşulu x Depolama süresi			0.417	0.006	0.202	0.665



Şekil 4. Silindirik numune sıkıştırma testi ile elde edilen kuvvet-deformasyon grafiği

Saklama koşulları ortalamaları değerlendirildiğinde, soğuk hava deposu koşullarında saklanan patateslerden alınan silindirik doku numunelerinde gerilme, gerinim ve doku dayanıklılığının daha düşük olduğu görülmektedir. Doku elastiklik modülü açısından saklama koşulları arasında önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır.

Depolama süresinin mekanik özellikler üzerindeki etkisi incelendiğinde gerilme ve doku elastiklik modülü ortalamalarının hasat edilen günden itibaren depolama süresinin artmasıyla arttığı ve 7. günden sonra ortalamalar arasında farklılık ortaya çıktığı görülmektedir. Gerinim değeri ise hasat edilen günden sonra azalmaktadır.

Depolama süresince yumruda ağırlık kayıpları kaçınılmazdır. Bu, yumrunun minimum solunum ve terleme koşulunda bile yumruda haftada yaklaşık %0,15 oranındadır. Yumruların sıcak ortamda depolanması halinde bu kayıp oranı hızla artmaktadır (Burton, 1989).

Genel olarak hasattan sonra patates yumrusunda oluşan depo kayıpları; buharlaşma ile ve su kaybı, kabukta, taşıma veya hasat sırasında yumruda oluşan yaralar ve sürgünlerde meydana gelmektedir. Ortam nispi nemi azaldıkça bu kayıp artmaktadır.

Diğer bir kayıp solunumla ortaya çıkmaktadır. Depolama ortamının sıcak olması, yumru kabuğunun tam olgunlaşmadan hasat edilmesi (turfanda ürün) yumrunun solunum oranını artırmaktadır. Kabuk olgunlaşması tamamlanmamış yumruların 20 °C sıcaklıkta birkaç hafta bekletilmesi ile meydana gelen yumru ağırlık kaybı, olgunlaşmış yumruların 4 kat daha fazla bulunmuştur (Arioğlu, 2000; Burton, 1989).

Hasattan sonra geçen sürede yumru kabuğu olgunlaşmaya devam etmektedir. Yumru parankim dokusunda biriken süberin nedeniyle kabuk kalınlaşmaktadır. Fakat bu işlem gerçekleşirken depo sıcaklık ve nem koşullarına bağlı olarak yumrunun fizyolojik yaşı artmaktadır (Carli vd, 2010), dolayısıyla kalitesi ve yumru et özellikleri değişmektedir. Yumru kalite kriterlerindeki bu değişimler çeşitlere göre farklılıklar göstermektedir (Rykaczewska, 2010b).

SONUÇ

Genel olarak değerlendirildiğinde, patatesin mekanik özellikleri üzerinde çeşidin etkili bir faktör olduğunun bilinmesine rağmen, bu çalışma ile saklama koşulu ve depolama süresinin patatesin mekanik özelliklerini nasıl etkilediği ortaya konulmuştur. İncelenen üç patates çeşidinin, hasat edilen günden depolama süresi sonuna kadar geçen süreç içinde ve iki farklı saklama koşulunda farklı mekanik özellikler gösterdiği belirlenmiştir.

Bütün haldeki patates yumruları ile yapılan testler ile belirlenen sertlik ve elastiklik modülü değerleri ile silindirik numuneler ile yürütülen testlerden elde edilen doku dayanıklılığı ve doku elastiklik modülü değerleri, incelenen üç çeşit arasında en yüksek Marabel çeşidi için bulunmuştur. Bu durum diğer iki çeşidin daha kolay deforme olma özelliği olduğunu göstermektedir. Elastiklik modülü değerleri, Marabel ve Elfe çeşitleri için daha büyük bulunmuştur. Bu durum Orlo çeşidinin daha elastik bir davranış gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Saklama koşullarının ölçülen ve belirlenen değerler üzerindeki etkileri incelendiğinde, soğuk hava deposu ve oda koşullarında depolamanın kabuk yırtılma kuvveti, sertlik ve elastiklik modülü ile gerilme, gerinim ve doku dayanıklılığı üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Patates yumruları ve silindirik numuneler ile yapılan testler, saklama koşullarının, ürünün kabuk özellikleri ile doku özellikleri arasında birbirinden farklı etkiler ortaya çıkardığını göstermektedir. Kabuk yırtılma kuvveti, sertlik ve elastiklik modülü soğuk hava deposu koşullarında oda koşullarına göre yüksek çıkarken, gerilme ve doku dayanıklılığı değerleri oda koşullarında daha yüksek olmuştur.

Depolama süresinin mekanik özellikler üzerinde etkisi, kabuk yırtılma kuvveti için 21. günden sonra, sertlik ve elastiklik modülü değerlerinde ise hasat edilen günden sonra depolama süresiyle farklılık göstermeye başlamıştır. Patatesten alınan silindirik dokulardaki değişim ise gerilme ve doku elastiklik modülü değerlerinde 7. günden sonra ortaya çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, değerlerdeki değişim eğilimi, depolama süresi artıkça, soğuk hava deposu koşulunda, oda sıcaklığında saklama koşuluna göre daha yavaş olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonim (2009). S368.4 DEC2000 (R2008) ompression Test of Food Materials of Convex Shape. ASABE Standards, American Society of Agricultural and Biological Engineering, St. Joseph, Michigan.
- Anonim (2010). <http://www.fao.org/> erişim:19.03.2012
- Anonim (2012a). <http://www.artarim.com/cesitler/elfe.html>/erişim:19.03.2012.
- Anonim(2012b).<http://www.patates.gov.tr/articles.php?lng=tr&pg=28>/erişim: 19.03.2012.
- Arıoğlu H (2000). Nişasta ve Şeker Bitkileri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:188, Ders Kitapları Yayın No: A-57, 2. Baskı, 234 sayfa.
- Bejame R W, Hyde G M, Baritelle A L (1998). Temperature and strain rate effects on the dynamic failure properties of potato tissue. Transactions of the ASAE, 41(3): 733-740.
- Bentini M, Caprara C, Martelli R (2009). Physico-mechanical properties of potato tubers during cold storage. Biosystems Engineering, 104: 25-32.
- Burton W G (1989). The potato 3rd edn. xii+742 pp. Harlow: Longman Scientific & Technical.
- Carli C, Yuldashov F, Khalikov D, Kadian M S (2010). Assesment of dormancy and sprouting behavior of CIP elite and advanced clones under different storage conditions in Uzbekistan. Proceeding of the International Symposium on Agronomy and Physiology of Potato, page: 143, 20-24 September 2010, Nevşehir-Turkey.
- Laza M, Scanlon M G, Mazza G (2001). The effect of tuber pre-heating temperature and storage time on mechanical properties of potatoes. Food Res. Int., 34: 659-667.
- Mathew R, Hyde G M (1997). Potato impact damage thresholds. Transactions of the ASAE, 40: 705-709.
- Mohsenin N N (1980). Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Nourian F, Ramaswamy H S, Kushalappa A C (2003). Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. Lebensm.-Wiss. U.-Technol., 36: 49-65.
- Rykaczewska K (2010a). Influence of some agronomical and environmental factors on tuber yield and quality of potato grown in organic production system. Proceedings of the International Symposium on

Agronomy and Physiology of Potato, page: 29-35, 20-24 September 2010, Nevşehir-Turkey.

Rykaczewska K (2010b). The effect of high temperature during storage on the vigor of potato mother tubers. Proceedings of the International Symposium on Agronomy and Physiology of Potato, page: 144-147, 20-24 September 2010, Nevşehir-Turkey.

Sadowska J, Fornal J, Zgorska K (2008). The distribution of mechanical resistance in potato tuber tissues. Postharvest Biology and Technology, 48: 70-76.

Shaw M C, Young E (1988). Rubber elasticity and fracture. Journal of Engineering Materials and Technology, 110(3): 258-265.

Sitkei G (1986). Mechanics of agricultural materials. Akademia Kiado, Budapest, Hungary.

Solomon W K, Jindal V K (2003). Comparison of mechanical tests for evaluating textural changes in potatoes during thermal softening. Journal of Texture Studies, 33: 529-542.

Solomon W K, Jindal V K (2006). Comparison of axial and radial Compression Tests for determining elasticity modulus of potatoes. International Journal of Food Properties, 9: 855-862.

Van Canneyt, Tijskens E, Ramon H, Verschoore R, Sonck B (2004). Development of a predictive tissue discoloration model based on electronic potato impacts. Biosystems Engineering, 88(1): 81-93.7