

Domates Kasalarında Titreşim Etkisiyle Oluşan Eksenel Kuvvetlerin Belirlenmesi İçin Prototip Ölçüm Setinin Geliştirilmesi

İbrahim S. DALMIŞ¹, Birol KAYIŞOĞLU²

¹Namık Kemal Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Tekirdağ

²Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Tekirdağ
isdalmis@trakya.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, hasat sonrasında domatesin bazı fiziko-mekanik özelliklerinin saptanması ve taşınması esnasında, kasa içerisinde, domates üzerinde oluşan eksenel kuvvetlerin ölçülmesi amacıyla, prototip bir ölçüm seti tasarlanmıştır. 70 mm çapında olan bir ölçüm topu X, Y ve Z eksenlerinde oluşan mekanik kuvvetleri algılamaktadır.

İki domates çeşidinin kullanıldığı çalışmada, domateslerin kabuk delinme, kopma ve yarıma kuvvetleri ölçülmüştür. Bu ölçümlerde domates çeşitleri arasında istatistiksel olarak önemli fark olduğu gözlenmiştir.

Sarsıcı düzende, üç eksen, farklı genliklerde yapılan kuvvet ölçümlerinde, kasa içi konum ve genliğe bağlı olarak X, Y ve Z eksenlerinde oluşan kuvvetler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. Ayrıca domates çeşitleri de bu kuvvetlerin değişiminde etkili olmuştur.

Anahtar kelimeler: Domates, eksenel kuvvetler, fiziko-mekanik özellik

Development of a Prototype Measurement Apparatus for Determining Axial Forces Occurred with the Affects of Vibration in Tomatoes Crates

Abstract: In this study, it was aimed to design a prototype measurement system to determine some postharvest physical-mechanical characteristics of tomatoes and to measure axial forces on tomatoes in the crates. A measurement ball with a 70 mm diameter sensed mechanical forces on X,Y and Z axes.

Skin puncture force, skin pull-off force and split force of tomatoes were measured for two tomatoes varieties in this study. The measurement results showed that there were important differences statistically between the tomatoes varieties.

From the force measurements made at three axes with different amplitudes on the vibration mechanism, statistically important differences between the forces on the X,Y and Z axes were found according to the place of the ball in the crate and the amplitude of vibration. The axial forces were also affected by tomatoes varieties

Key words: Tomato, axial force, physical-mechanical properties

GİRİŞ

Türkiye görünürde önemli bir meyve sebze üreticisidir. Ancak, yeterli altyapı ve organizasyon olmayışı %25'lere varan bir üretim kaybına yol açmakta, üretimin ise sadece %7-8' i ihracata dönüştürülebilmektedir. Uluslararası standartlara ve tüketici tercihlerine uygun üretim yapılamaması nedeniyle, yurt dışı pazarlarda diğer ihracatçı ülkelerle rekabette zorlanmaktadır. Başta İspanya ve Güney Amerika ülkeleri olmak üzere, esas satıcı ülkelerden ürün gelmediğinde Türk ürünleri talep edilmektedir. İklim koşullarının değişmesi nedeniyle teknoloji

desteğine, soğuk hava deposu, paketleme tesisi gibi yatırımlarda altyapı desteğine ihtiyaç duyulmaktadır (Şeniz ve ark. 2005).

Mekanik zedelenmeler, taze sebze ve meyvelerin çürümelerinde önemli derecede sorumludur. %30-40 oranında ürün üreticiden tüketiciye ulaşana kadar geçen süreçte ki hasarlar nedeni ile atılmaktadır. (Barchi ve ark., 2002)

Mekanik zedelenmeler, materyalin hasadında, harmanlanmasında ve el ile yapılan muameleler gibi bir seri, işlem sırasında oluşmaktadır. Zedelenme

tohumluk ve danelerde çimlenme ve büyüme gücünü olumsuz yönde etkilemektedir. Diğer yandan, özellikle meyvelerde zedelenen bölgelere mantarların bulaşarak zarar vermesi sonucu ürün kalitesi ile ürün değeri düşmekte ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır(Sitkei,1986).

Zedelenme duyarlılığı ile ilgili yapılan çalışmalarda duyarlılığı etkileyen pek çok faktör saptanmıştır. Ancak literatür bilgileri çelişkili sonuçlar içermektedir. Diener ve ark., 1979, çalışmalarında, elmaların hasat edilme zamanında olgunluk arttıkça daha zor zedelenildiğini belirtirken, Klein, 1987, bunun tam tersini bulmuştur. Klein aynı çalışmasında, depolama süresi açısından incelendiğinde hasadı takip eden uzun depolama sürelerinin ardından zedelenmede azalma olduğunu belirtmiştir. Fakat Holt ve Schoorl, 1977, depolama süresindeki artışla zedelenme duyarlılığının arttığını ortaya koymuştur.

Vursavuş ve Özgüven, 2004, Golden Delicious elma çeşidi için titreşim parametrelerinin ve paketlenme yönteminin mekanik zedelenme üzerindeki etkilerini incelemiş ve kontrollü değişken parametreleri olarak dikkate alınan titreşim frekansı, titreşim ivmesi, paketlenme yöntemi ve titreşim süresi toplam zedelenme indeksi üzerinde %1 önem düzeyinde etkili olduğunu saptamıştır.

Mekanik kuvvetlerin etkisiyle oluşan kayıpların miktarlarının tespiti ve önlenmesine katkıda bulunmak amacı ile yapılan bu çalışmada geliştirilen prototip çok amaçlı ölçüm seti ile meyvelerin bazı fiziko-mekanik özelliklerinin saptanması ve ambalajlama yöntemlerinin, taşıma koşullarının, ürün üzerinde oluşturduğu fiziko-mekanik etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Araştırmada materyal olarak; açıkta tarla yetiştiriciliğine uygun, oturak(yer) standart domates çeşidi H 2274 ve orta erkenci, hibrit oturak domates çeşidi olan Dora F1 kullanılmıştır. Bu iki çeşit, Trakya bölgesinde ağırlıklı olarak yetiştirilen domates çeşitleri olduğu için tercih edilmiştir.

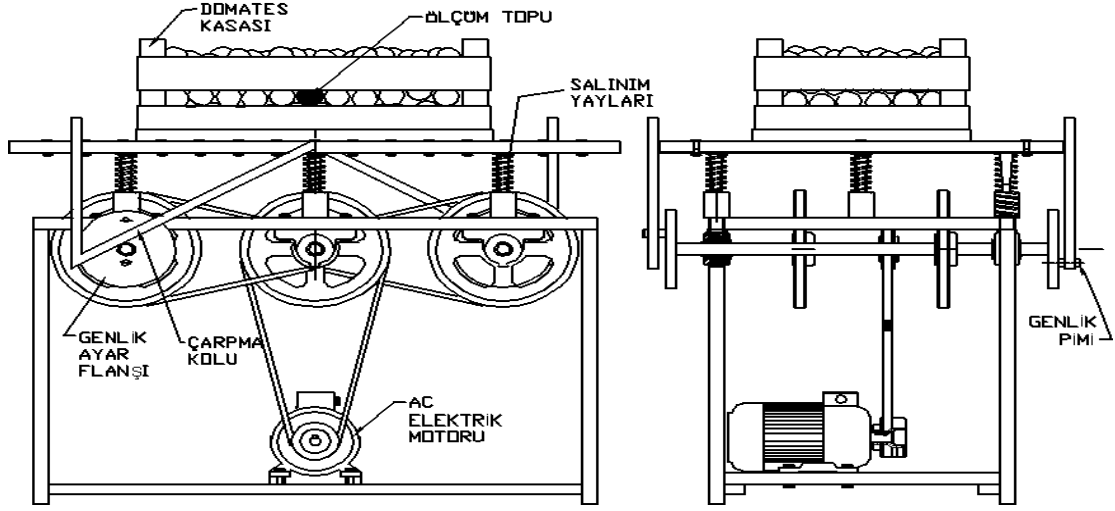
Araştırmada kullanılan H 2274 ve Dora F1 domates çeşidinin ölçülen fiziksel özellikleri Çizelge 1' de sunulmuştur. Denemeler süresince zedelenmemiş domatesler kullanılmıştır. Ölçümler her iki çeşid için elle hasat edilmiş domateslerden, tesadüfi seçilmiş 20 adet domates üzerinden alınmıştır (Desmet ve ark., 2004). Daha sonra elde edilen ölçüm sonuçlarına Minitab 14 istatistiksel analiz programı ile varyans analizleri uygulanarak varyasyon katsayıları ve standart sapmalar hesaplanmıştır.

Araştırmada domatesin kasa tipine bağlı olarak maruz kaldığı fiziko-mekanik kuvvetleri oluşturabilmek amacı ile özel olarak tasarlanmış bir sarsıcı düzenek imal edilerek kullanılmıştır (Şekil 1).

Sarsıcı düzenek kasa yerleştirme düzeneği, ana çatı, hareket iletim düzeneği ve darbe iletim düzeneğinden oluşmuştur. Düzenekte 1.5 Kw, 1385 d/dak. ile dönen 50 Hz. lik elektrik motoru kullanılmıştır. Motorun mevcut devri düzenekte kullanılan kayış kasnak sistemi ile 154 d/dak' a düşürülmüştür. Düzenek genlik ayar flanşı yardımı ile 20, 40 ve 60 mm olmak üzere üç farklı strokta çalıştırılabilmekte ve x, y, z eksenlerinde titreşim hareketi üretebilmektedir.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan H2274 ve Dora F1 domates çeşitlerinin bazı özellikleri

Özellik	H 2274			Dora F1		
	Ort.	SD	VK (%)	Ort.	SD	VK (%)
Ekvatorial Çap (mm)	71.6	4.8	6.7	76.8	5.3	6.9
Boy (mm)	59.9	3.6	6	67.6	4.6	6.9
Domates Sapı ile Toplam Boy (mm)	66.6	4.1	6.2	70.9	4.2	5.9
Domateslerin Sap Ucu Çapı (mm)	3.5	0.32	9.3	5.1	0.6	10.9
Domateslerin Sap Dibi Çapı (mm)	5.6	0.7	12.5	6.4	1.1	16.9
Domates Sap Boyu (mm)	10.6	0.7	6.4	9.7	0.8	8.1
Ağırlık (gr)	173.7	32.9	18.9	215.3	40.8	19
Saplarının Koniklik Oranı		1.5			1.8	

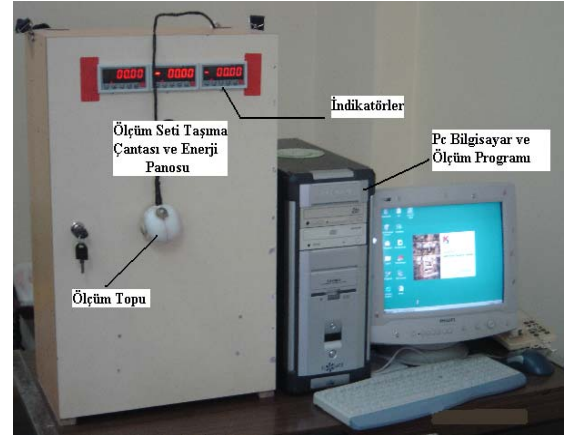


Şekil 1. Sarsıcı düzenek

Domates meyvelerinin hasat sonrası maruz kaldığı mekanik etkilerin domatese oluşturduğu zedelenmeleri tespit edebilmek için geliştirilen bilgisayar destekli ölçüm seti; domatesin kabuk delinme, kabuk kopma ve yarıma olmak üzere üç fiziko-mekanik özelliği ile taşıma esnasında maruz kalınan fiziko-mekanik kuvvetleri saptamak için kullanılmıştır. Set beş ünitelerden oluşmaktadır. Bu üniteler 1. Ölçüm Topu, 2. Buton Tipi Yük hücreleri, 3. İndikatör Ünitesi, 4. Bilgisayar, 5. Veri Toplama Programı (Şekil 2).

Araştırmada tasarımı gerçekleştirilen ölçüm topunun imalatı esnasında buton tipi BC 301 ve BC 302 yük hücreleri kullanılmıştır. BC 302 sadece basma, BC 301 ise basma ve çekme ölçümleri için kullanılabilir. BC 301 paslanmaz çelik gövdeye ve 0 ± 100 kg ölçüm aralığına, BC 302 ise alüminyum alaşımlı gövdeye ve $0 + 6$ kg ölçüm aralığına sahiptir. Her iki yük hücresindeki duyarlılık 0.2 mV' dur.

Araştırmada ölçüm topundan gelen verilerin değerlendirilmesi ve bilgisayara aktarılabilmesi amacı ile üç adet Profo1 laboratuvar tipi indikatör kullanılmıştır. İndikatörler RS 232 standart kablo ile bilgisayara bağlanabilmekte, data alabilmekte, data ağırlığını gösterebilmekte ve saniyede 50 veri ölçüm hızı bulunmaktadır. İndikatörlerden 4-2 mA analog çıkış alınmaktadır.



Şekil 2. Bilgisayar Destekli Ölçüm Seti

Çalışmada tasarımı gerçekleştirilen çok amaçlı veri toplama topundan gelen verileri bilgisayar ortamında işleyen ve bu verileri excel dosyası olarak kaydetmeye yarayan bir program tasarlanmış ve bu programa veri toplama programı adı verilmiştir.

Araştırmada, ülkemizde domates taşımacılığında yaygın olarak kullanılan ve boyutları farklılıklar gösteren ahşap kasalar kullanılmıştır. Bu ahşap kasalar, karşılıklı iki yan yüzeyle alt üst tabanı oluşturan dört düz panel ve diğer karşılıklı yan yüzeylere bu panelleri meydana getiren levhaları çivilemek üzere konulan dört dikey ekten oluşmaktadır. Yaş meyve ve sebzelerin ambalajlanmasında kullanılan bu tip kasaların nadiren üstleri kapatılmaktadır (Özgüven ve Vursavuş, 2002).

Kasalar tek sıralı ve çift sıralı olmak üzere kavak ağacından imal edilmiştir. Sarsıcı düzenek üzerine koyulan domates kasası içerisine yerleştirilen ölçüm topu ile kasa içerisinde oluşan doğrusal kuvvetler ölçülmektedir.

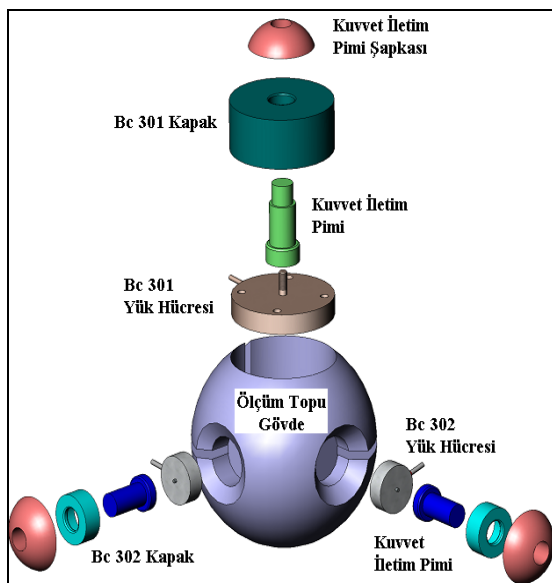
Yöntem

Bilgisayar Destekli Ölçüm Setinin Tasarımı

Çalışmada tasarımı gerçekleştirilen bilgisayar destekli ölçüm setinde, üç adet yük hücresi kullanılmıştır (Şekil 3). Ölçüm topu üzerinde bulunan yük hücrelerinden gelen ölçüm verilerini, aynı anda ve belirli aralıklarla (0.40 saniyede bir) daq dosyası olarak kaydetmektedir. Program, önceden girilen ölçüm süresince, hücrelerden gelen ölçüm verilerini ve minimum, maksimum değerler ile aritmetik ortalamaları kaydedebilmektedir.

Tasarlanan ölçüm sisteminin temel tasarım kriterlerini domates meyvelerinin hasat sonrası maruz kaldıkları işlemlerde oluşan mekanik kuvvetlerin ölçülebilmesi oluşturmuştur.

Denemelerde kullanılan domateslerin ortalama çaplarına uygun olarak 70 mm çapında ve 215 gr. ağırlığında tasarlanan ölçüm topu N.K.Ü. Meslek Yüksek Okulu CNC laboratuvarında bulunan CNC torna ve freze tezgahları kullanılarak imal edilmiştir. Ölçüm topunun imalat malzemesi olarak kullanılan teflon özgül ağırlığı (2,1-2,2 gr/cm³) ve talaşlı imalatta CNC tezgahlarla işlemeye uygun olduğu için tercih edilmiştir.

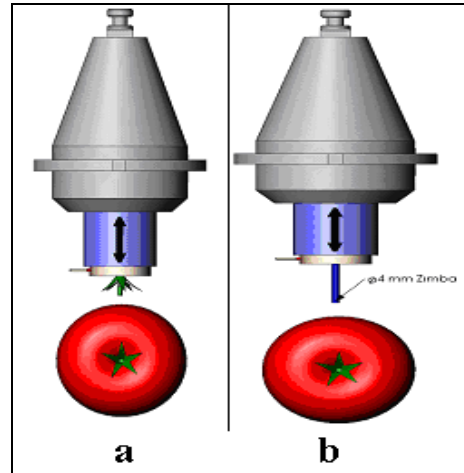


Şekil 3. İmal edilen ölçüm topunun patlatılmış demonte görünüşü

Kabuk Delinme Kuvvetinin Saptanması

Domateslerin kabuk delinme kuvvetinin ölçülebilmesi için iki yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemlerden birincisinde domates saplarının kabuk delinmesine sebep olması sebebi ile domates sapları ölçüm setinde zımba olarak kullanılmıştır. Bu yöntemde kabuk delinme kuvvetinin ölçülebilmesi için Bc 302 yük hücresi hazırlanan özel aparatı ile CNC freze tezgahına bağlanarak 100 mm/dak'lık sabit hızda, üzerine bağlanan domates sapı ile domates kabuğu delinene kadar meyveler üzerine dik olarak batırılmıştır (Şekil 4a). İkinci yöntemde ise domates sap çaplarına uygun olarak domates sapı yerine 4 mm çapında çelik zımba kullanılmıştır (Desmet ve ark., 2004) (Şekil 4b).

Kabuk delinme kuvvetleri domateslerin sap çukuru, çiçek çukuru ve ekvatorial çap bölgeleri üzerinden ölçülmüştür. Denemelerde her iki çeşit için de 10' ar domates ile delinme kuvveti ölçülmüştür (Chesson ve Moore, 1985).



Şekil 4. Domates Kabuk Delinme Kuvvetinin Domates Sapı ve Zımba Kullanılarak Ölçülmesi

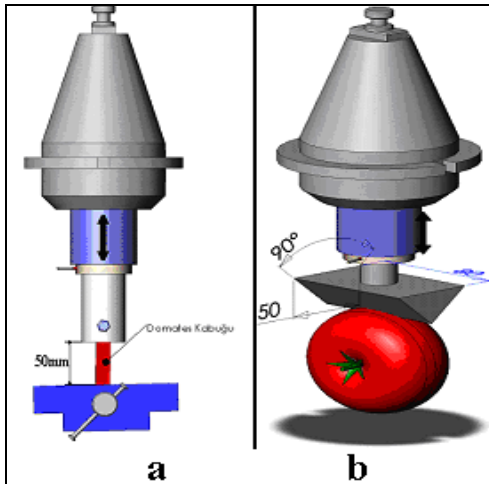
Domates Kabuk Kopma Kuvvetinin Saptanması

Domateslerin kabuk kopma kuvvetini saptamak için domates meyveleri üzerinden 10 mm genişliğinde ve 80 mm uzunluğunda domates kabukları kesilmiştir. Kabuklar domatesin sap kısmından başlayarak çiçek çukuruna doğru bir şablon yardımı ile domates üzerinden kesilerek kopma deneyine tabi tutulmuştur (Şekil 8).

Kopma deneyi için Bc 302 yük hücresine bağlanan özel olarak tasarlanan bir aparat kullanılmıştır. Domates kabukları üstten kabuk tutucu aparat ile yük hücresine ve alttan da mengene yardımıyla CNC freze tezgah tablasına bağlanmıştır. Daha sonra domates kabukları 100 mm/d'lık hızla çekilerek kopartılmış ve ölçüm değerleri veri toplama programı ile kayıt edilerek değerlendirilmiştir (Şekil 5a).

Domates Yarılma Kuvvetinin Saptanması

Çift sıralı domates kasalarında, tahtaların keskin köşelerinden kaynaklanan, deformasyonlar meydana gelmektedir. Denemelerde meyve kasalarının yan tahtaları arasındaki keskin köşelerden kaynaklanan yarılmaların ölçülebilmesi için yarılma kuvveti ölçülmüştür. Bu yöntemde kabuk yarılma kuvvetinin ölçülebilmesi için Bc 302 yük hücresi CNC freze üzerine bağlanan özel aparat ile domates yarılana kadar meyveler üzerine dik olarak bastırılmıştır (Şekil 5b.). Bu işlem sonucu oluşan kuvvet değerleri veri toplama programı tarafından kaydedilerek değerlendirilmiştir.



Şekil 5. Kabuk Yarılma Deneyi

Tek Sıra ve Çift Sıra Domates Kasalarındaki Doğrusal Kasa İçi Kuvvetlerin Saptanması

Domateslerin taşınması esnasında maruz kaldıkları kasa içi kuvvetlerin saptanması için tasarlanan ölçüm topu kasa içine yerleştirilerek kasa içi kuvvetler ölçülmüştür (Şekil 6).

Ölçüm işlemi domates kasalarını üç farklı genlikte (20 mm, 40mm, 60 mm) sarsan özel olarak tasarlanıp imal edilen bir sarsıcı düzenek kullanılarak yapılmıştır. Sarsıcı düzende kullanılan genlikler, Köseilyas köy

yolundaki çukur ve tümseklerin ölçüleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

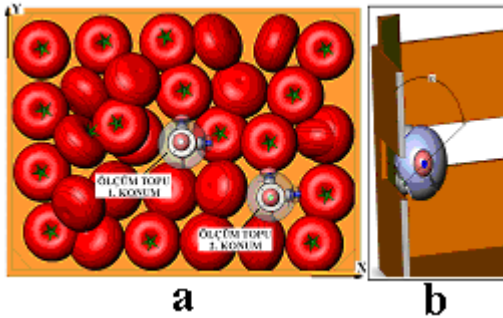


Şekil 6. Kasa İçi Kuvvetlerin Ölçülmesi

Ölçüm topu ile kasa içerisine orta ve köşe noktalar olmak üzere beş noktada ölçüm yapılmıştır. Denemeler esnasında köşe noktaları arasında dikkate değer bir fark gözlenmeyince ölçümler kasa orta noktası ve bir köşe olarak iki noktadan sürdürülmüştür. Şekil 7a' da ölçüm topunun kasa içi yerleşim konumu ve ölçüm eksenleri gösterilmektedir. Çift sıralı domates kasalarında ölçüm topu ile alt domates sırası ve üst domates sırası olmak üzere dört noktada ölçüm yapılmıştır. Ölçümler her bir konum ve genlik için iki tekrerrün ortalamaları bir veri olacak şekilde değerlendirilmiştir. Toplam her bölge ve genlik için üçer veri 6'şar ölçümden elde edilmiştir.

Çift sıralı domates kasaları içerisinde domates-kasa malzemesi keskin kenar temasından oluşan kuvvetleri ölçmek için de ölçüm topu kullanılmıştır. Ölçüm topu Şekil 7b' de gösterilen şekilde kasa içerisine yerleştirilmiştir. Kasa malzemesi keskin kenarına 45° açı ile yerleştirilen ölçüm topu verilen açı sayesinde keskin kenar üzerinde oluşan kuvvetleri ölçmüştür. Ölçümler 20 mm genlikte 10 tekrerrülü olarak alınmıştır.

Sarsıcı düzeneğin diğer genliklerinde ölçüm topu konumu sürekli değişme eğilimi gösterdiği için sağlıklı ölçümler yapılamamış ve bu nedenle denemede en düşük genlik olan 20 mm kullanılmıştır.



Şekil 7. Ölçüm Topunun Kasa İçerisine Yerleşim Konumları ve Kasa Keskin Kenarlarında Oluşan Kuvvetlerin Ölçümü

Varyans Analizleri

Çalışmada prototip ölçüm setinde kaydedilen ölçüm değerlerinin varyans analizleri Minitab 14 istatistiksel analiz programı kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Kabuk Delinme Kuvveti

Domates sapı ve zımba kullanılarak ölçülen kabuk delinme kuvvetlerine ilişkin değerler Çizelge 2' de verilmiştir. Şekil 14' de H 2274 ve Dora F₁ domates çeşitlerinin meyve bölgelerine göre, domates sapı ve zımba ile ölçülen ortalama kabuk delinme kuvvetleri görülmektedir.

Yapılan varyans analizi sonucunda; domates sapı kullanılarak yapılan ölçümlerde, iki domates çeşidi arasında sap çukuru bölgesi ($F = 20.20^{**}$), ekvatorial çap bölgesi ($F = 15.12^{**}$) ve çiçek çukuru bölgesindeki ($F = 9.65^{*}$) kabuk delinme kuvvetleri bakımından istatistiki olarak önemli fark olduğu gözlenmiştir.

Zımba kullanılarak yapılan ölçümlerde ise varyans analizleri sonucunda, iki domates çeşidi arasında sap çukuru bölgesi ($F = 55.22^{**}$), ekvatorial çap bölgesi ($F = 13.23^{*}$) ve çiçek çukuru bölgesindeki ($F = 7.21^{*}$)

kabuk delinme kuvvetleri bakımından istatistiki olarak önemli fark olduğu gözlenmiştir.

Domates sapı ve zımba kullanılarak yapılan kabuk delinme deneylerinde, ölçülen kabuk delinme kuvvetleri incelendiğinde Dora F₁ domates çeşidinin H 2274 domates çeşidine göre fiziko-mekanik etkilere karşı daha dayanıklı bir çeşit olduğu görülmektedir.

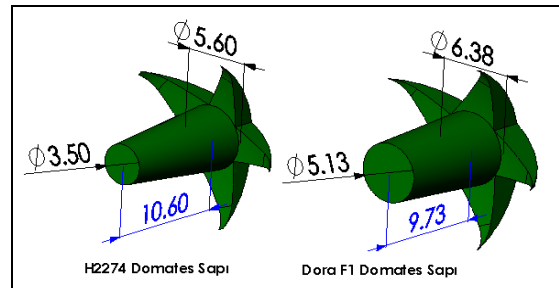
Domates bölgeleri incelendiğinde, iki çeşit için de delinme deformasyonuna en hassas bölgenin çiçek çukuru bölgesi, en dayanıklı bölgenin ise sap çukuru bölgesi olduğu saptanmıştır.

Dora F₁ domates çeşidinin sap çapı H 2274 çeşidine göre daha büyüktür. Dora F₁' in sap uç yüzey alanının daha büyük olması, kabuk delinme kuvvetinin artması ve kabuk delinme kayıplarının azalmasına neden olmaktadır.

Denemelerde kullanılan domates saplarının ortalama ölçüleri Şekil 8' de görülmektedir.

Kabuk Kopma ve Yarıлма Kuvvetleri

Denemelerde kullanılan domates çeşitlerinin fiziko-mekanik özelliklerinden kabuk kopma kuvvetleri ve yarıлма kuvvetleri ölçülmüştür. Domates çeşitlerinin kabuk kopma ve yarıлма kuvvetleri Çizelge 3' de verilmiştir.



Şekil 8. Denemelerde Kullanılan Domates Çeşitlerinin Ortalama Sap Ölçüleri (mm)

Çizelge 2. Domates Sapı Ve Zımba Kullanılarak Ölçülen Kabuk Delinme Kuvveti Değerleri (N)

Bölge	Domates Çeşidi	Domates Sapı		Zımba	
		Ort. (N)	VK (%)	Ort. (N)	VK(%)
Sap Çukuru Bölgesi	H 2274	8.08	14.87	5.97	12.09
	Dora F1	12.30	21.82	8.08	10.25
Ekvatorial Çap Bölgesi	H 2274	6.85	17.34	5.3	19.58
	Dora F1	9.71	22.16	6.76	12.79
Çiçek Çukuru Bölgesi	H 2274	6.16	23.97	4.96	22.47
	Dora F1	8.22	18.76	6.26	14.56

Çizelge 3. H 2274 ve Dora F1 Domates Çeşitlerinin Kabuk Kopma ve Yarılma Kuvvetleri

	Domates Çeşidi	Min.	Mak.	Ort.	SD	VK(%)
Kopma Kuvveti (N)	H 2274	1.57	2.94	2.26	0.45	20.06
	Dora F1	2.26	3.82	2.87	0.42	14.52
Yarılma Kuvveti (N)	H 2275	23.63	46.88	30.91	8.11	26.23
	Dora F1	39.32	55.41	46.36	5.39	11.62

Kabuk kopma denemelerinde Dora F₁ domates çeşidinin kabuk kopma kuvvetinin H 2274 domates çeşidine göre daha büyük olduğu saptanmıştır. Yapılan varyans analizi sonucunda iki domates çeşidi arasında kabuk kopma kuvvetleri ($F = 8.07^*$) bakımından istatistiki olarak önemli farklılık bulunmuştur.

Dora F₁ domates çeşidi için ortalama 46.36 N'luk bir yarılma kuvveti saptanırken H 2274 domates çeşidi için ortalama 30.91 N yarılma kuvveti saptanmıştır.

Domates Kasa Malzemesi Keskin Kenarlarında Oluşan Kuvvetler

Domateslerin taşınmaları esnasında çift sıralı kasaların yan tahtalarının arasındaki boşluklara temas eden domateslerde derin ezilme ve yarılmalar saptanmıştır. Kasa malzemelerinin keskin kenarlarından kaynaklanan meyve zedelenmelerinin tespiti için kasa malzemelerinin keskin kenarlarında oluşan kuvvetler ölçülmüştür. Çizelge 4' de kasa malzemesi keskin kenarlarında oluşan kuvvetler görülmektedir.

Kasa malzemesi keskin kenarlarında oluşan kuvvetler 20 mm genlik için ortalama 8.04 N saptanmıştır. Domateslerin yarılma kuvvetlerine baktığımızda yarılma kuvvetlerinin daha büyük değerlerde olduğu görülmektedir. Domateslerde salınım düzeneğindeki salınım süresi uzatıldıkça kasa malzemeleri keskin kenarlarında saptanan yarılma ve ezilmelerin arttığı gözlenmiştir. Bu saptama ile domates meyvelerinin maruz kaldığı kuvvetlerin büyüklüğü küçük olsa da kuvvetlerin uygulanma süresi arttıkça meyveler üzerindeki zedelenme etkilerinin artmakta olduğu gözlenmiştir.

Tek Sıralı Kasa Kuvvetleri

Tek sıralı kasa için ölçülen eksenel kuvvetler Çizelge 5' de verilmiştir. Domatesler tek sıralı yerleştirildiği için Z ekseninde veri kaydedilmemiştir. Veriler salınım düzeneğinin üç genliğinin (20 mm, 40mm, 60 mm)

oluşturduğu doğrusal kuvvetlerin ortalama değerleri olarak hesaplanmıştır.

Çift Sıralı Kasa Kuvvetleri

Domates çeşitlerinin kasa içi kuvvetlere etkisini saptamak için H 2274 ve Dora F₁ domates çeşitleri iki sıralı kasa içerisinde ayrı ayrı üç farklı genlik ve dört farklı konumda salınım düzeneği ile salınım maruz bırakılmıştır. Domates çeşitlerinin salınım genlikleri ve kasa içi konumlara bağlı özellikler Çizelge 6' da verilmiştir.

Çizelge 5. Tek Sıralı Kasa Eksenel Kuvvetleri

Kasa Tipi ve Konum	Eksenler		
	X (N)	Y (N)	
Tek Sıralı Kasa Orta	Min	3.33	2.65
	Mak.	5	3.92
	Ort	3.82	3.14
Tek Sıralı Kasa Köşe	Min	1.77	1.37
	Mak.	2.16	2.75
	Ort	2.26	2.16

Kasa içerisinde X, Y, Z eksenlerinde oluşan kuvvetlerin varyans analizleri yapılmıştır. Yapılan varyans analizleri sonucunda X ekseninde çeşit ($F=36.65^{**}$), genlik ($F=149.65^{**}$) ve kasa içi konum ($F=12.29^{**}$) kuvvetleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır.

Y ekseninde çeşit ($F=27.26^{**}$), genlik ($F=181.09^{**}$) ve kasa içi konum ($F=20.68^{**}$) kuvvetleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. Z ekseninde çeşit ($F=26.12^{**}$), genlik ($F=92.28^{**}$) ve kasa içi konum ($F=11.77^{**}$) kuvvetleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır.

Yapılan kasa içi ölçümlerde H 2274 için en yüksek X eksen kuvveti iki sıralı kasa taban köşe konumunda ölçülmüştür. Y ekseninde ölçülen en büyük kuvvet değeri de yine iki sıralı kasa taban köşe konumunda ölçülmüştür. Z ekseninde ölçülen en büyük kuvvetler ise iki sıralı kasa taban köşe ve taban orta konumlarında ölçülmüştür.

Çizelge 4. Kasa Malzemesi Keskin Kenarlarında Oluşan Kuvvetler

	Genlik (mm)	Ort.	Min.	Mak.	SD	VK(%)
Keskin Kenarlarda Oluşan Kuvvet (N)	20	8.04	5.10	11.77	2.16	26.72

Çizelge 6. H 2274 ve Dora F1 Domates Çeşitlerinin Genlik ve Konuma Bağlı Eksenel Kuvvet Verileri

Çeşit	Eksen	Konum	Genlik	H 2274		Dora F1	
				Ort. (N)	VK(%)	Ort. (N)	VK(%)
H 2274	X	İki Sıralı Kasa Taban Orta	10	2.42	12.39	2.52	15.75
			20	3.86	6.40	4.02	2.44
			30	5.20	9.43	5.59	6.33
				3.82	32.51	4.04	33.59
	Y		10	2.52	4.50	2.71	5.52
			20	3.46	5.89	3.79	13.02
			30	5.39	3.15	5.43	4.55
				3.79	33.70	3.98	30.60
	Z		10	4.54	6.59	5.20	4.99
20		5.59	1.75	6.15	4.02		
30		7.71	5.73	7.52	8.68		
		5.95	23.96	6.29	17.13		
Dora F1	X	İki Sıralı Kasa Taban Köşe	10	2.94	12.02	3.01	9.41
			20	4.87	5.81	4.87	11.80
			30	5.79	11.11	6.28	2.71
				4.53	29.06	4.72	30.91
	Y		10	2.68	9.21	2.94	18.56
			20	4.64	20.84	5.13	4.41
			30	6.11	8.23	6.41	7.23
				4.48	35.56	4.83	32.39
	Z		10	4.71	8.33	5.39	3.64
20		6.05	6.55	6.37	8.14		
30		7.09	9	7.29	2.05		
		5.95	18.81	6.35	13.69		
H 2274	X	İki Sıralı Kasa Üst Orta	10	1.80	13.73	3.24	3.03
			20	2.39	14.43	4.15	4.92
			30	4.84	5.1	5.72	12.98
				3.01	47.14	4.37	26.44
	Y		10	1.93	12.80	2.97	3.81
			20	2.62	13.17	3.53	8.33
			30	4.67	12.82	5.46	7.48
				3.07	42.01	3.99	29.04
	Z		10	3.66	17.43	5.33	7.66
20		5.33	7.66	6.11	6.68		
30		7.13	2.86	7.49	9.20		
		5.37	28.88	6.31	16.60		
Dora F1	X	İki Sıralı Kasa Üst Köşe	10	1.83	15.46	3.17	29.23
			20	2.26	11.5	4.45	11.32
			30	4.54	14.69	5.36	4.60
				2.88	45.93	4.33	25.33
	Y		10	1.80	13.73	3.14	9.38
			20	2.55	17.63	4.05	12.18
			30	4.51	12.1	4.81	6.12
				2.95	43.00	4.00	19.80
	Z		10	3.63	14.30	5.20	13.21
20		3.43	10.30	5.95	6.66		
30		6.34	2.36	6.01	11.45		
		4.47	32.34	5.72	11.47		

SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmada çift sıralı domates kasalarında domates sapından kaynaklanan kabuk delinme deformasyonlarının tek sıralı domates kasasına göre daha çok gözlenmesi, oluşan doğrusal kasa içi kuvvetlerin, çift sıralı kasada daha büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Domateslerin kasa içerisinde maruz kaldıkları kuvvet ve süreye bağlı olarak, fiziko-mekanik dayanımları azalmaktadır. Uygulanan mekanik kuvvetlerin süresi arttıkça, domates-sap çarpışmaları sonucu delinme deformasyonları artmaktadır. Özellikle kasa içerisindeki domateslerin ikinci ve üçüncü katlarında meyveler, maruz kalınan fiziko-mekanik kuvvetlere bağlı olarak, daha serbest hareket edebilmekte ve bu da meyve-sap çarpışma olasılığını arttırmaktadır. Bu nedenle kasa içersine domatesler yerleştirilirken kasa tabanına dizilen ilk kat domateslerin sap kısımları aşağıya bakacak şekilde dizilmesi, ikinci kat domateslerin sapları yukarıya doğru bakacak şekilde dizilmesi ve daha sonra araya 1-4 mm lik ince bir strafor yayılarak üçüncü katın kasa içersine dizilmesi ile bu zararlar önlenabilir. Üçüncü kat domatesler dizildikten sonra tekrar kasanın üzeri bir file ile kaplanarak en üst domates sırasındaki gelen kuvvetlerle oluşacak serbest hareket alanı azaltılmalıdır.

Denemelerde saptanan bir diğer kayıp da, çift sıralı kasalarda kasa yan tahtaları arasındaki boşlukların meyve çapına da bağlı olarak 3 cm den büyük olması durumunda alt ve üst tahtaların keskin kenarları arasına sıkışan domateslerde ezilme ve yarılmaların oluşmasıdır. Özellikle meyve yarı çapından büyük olan aralıklarda meyvelerin daha çok yarıma eğilimi gösterdiği gözlenmiştir. Bu kayıpların oluşmasında etkili olan kuvvetlerin ölçümünde prototip ölçüm topu kullanılmış ve kasa malzemeleri keskin kenarları üzerinde ortalama 8.04 N kuvvet ölçülmüştür. Kasa malzemesi keskin kenarlarına imalat aşamasında kırılacak 45°'lik pahlarla kasa malzeme kenarlarındaki yüzeyler büyütülerek meyve yarıma deformasyonları önlenabilir.

Çalışmada gerek kasa içi eksenel kuvvetler gerekse kasa malzemesi keskin kenarında oluşan kuvvetler, domateslerin saptanan fiziko-mekanik özelliklerinde elde edilen delinme ve yarıma kuvvetlerinden daha küçük değerlerde ölçülmüştür. Fakat domateslerin hasat sonrası kasa içerisinde geçirdikleri süreye bağlı

olarak fiziksel dayanımları düşmektedir. Bu durum, kasa içerisinde ve kasa malzemesi keskin kenarlarında oluşan kuvvetlerin, denemenin ilk gününde meyvelerde yarıma zararı oluşturmazken, ikinci günün sonunda kasa malzemesi keskin kenarlarındaki domateslerde görülen yarımalardan anlaşılmaktadır. Çalışmada gözlenen bu durum meyvelerin hasat sonrası bekletilmeden gidecekleri pazara ulaştırılmaları gerektiğini göstermektedir. Olası fiziko-mekanik etkiler meyve hasadından hemen sonra ürüne etki ettiğinde, oluşturdukları zedelenmeler daha az olmakta, ürünün kasa içerisinde geçirdiği süre arttıkça ürün zedelenme riski de artmaktadır.

Araştırmanın ana konusunu oluşturan ölçüm topu hedeflenen amaçları gerçekleştirse de, özellikle kasa içi kuvvetlerde ürünlerin gelen dış kuvvetlere ve frekanslarına bağlı olarak sürekli bir hareketlilik içerisinde olmaları nedeni ile zaman zaman ölçüm topu üzerindeki kuvvet iletim pimlerinin boşa kalmasına neden olmaktadır. Bu durum da bazı ölçümlerde eksenel kuvvetlerin ölçümünü olumsuz etkilemektedir. Yine ölçüm yapılan meyveler de üzerlerine gelen kuvvetlerin bir kısmını meyve sertliklerine bağlı olarak absorbe etmektedir. Üzerinde çalışılan malzemelerin biyolojik malzeme olması, meyve sertliğinin rijitliğini etkilemektedir. Meyveler karşılaşılan kuvvetlerin frekansına bağlı olarak, sertliklerini farklı oranlarda yitirmekte ve bu da ölçülen kuvvet değerlerinin küçük çıkmasına neden olmaktadır.

Çalışmada tasarlanan ölçüm topunun yanına ikinci bir ölçüm topu eklenerek kasa içerisinde oluşan toplam kuvvetlerin ölçülmesi sağlanabilir. İkinci ölçüm topundaki amaç yön gözetilmeksizin toplam kuvvetler olacağı için bu topta yük hücresi yerine basınç sensörü kullanılarak ölçümler yapılmalıdır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Chesson, J., Moore, J., 1985. An Automatic Fruit Pressure Tester. Transactions of The ASAE, USA.322-325
- Barchi, G.L., A. Berardinelli, A. Guarnieri, L. Ragni, C. Totaro Fila., 2002. Damage to loquasts by vibration-simulating intra-state transport. Biosystems Engineering, 82: 305-312.
- Diener, R. G., Eliot, K. C., Nesselroad, P. E. Ingle, M., Adam, R. E., Blizzard, H., 1979. Bruise Energy Of Peaches And Apples. Transaction of the ASAE, p.287-290
- Desmet, M., Lammertyn, J., Van linden, V., Verlinden, B.E., Darius, P., Nicola, B.M., 2004. a. The Relative Influence of Stem and Fruit Properties on Stem Puncture Injury in Tomatoes. Postharvest Biology and Technology Vol. 33: 101-109
- Holt ,J. E., Schoorl, D., 1977. Bruising and Energy Dissipation in Apples, Journal of Textures Studies, 7, 421-432
- Klein, J. D., 1987. Relationship Of Harvest Date, Storage Conditions, And Fruit Characteristics To Bruise Susceptibility Of Apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(1): 113-118.
- Özgüven, F., Vursavuş K., 2002. Domateste Oluşan Mekanik Zedelenme Üzerine Taşıma Sırasındaki Titreşim Etkilerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17:33-40.
- Şeniz, V. B., Eser, Y., Daşgan, N., Akbudak, H., İlbi, Sürmeli, N., Başar, S., 2005. Sebze Üretiminde Gelişme ve Hedefler. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildiri Kitabı, Cilt 1, s: 557-563
- Sitkei, G., 1986. Mechanics of Agricultural Meterials, Akademiai Kiado, Budapest, Hungary
- Vursavuş, K., Özgüven, F., 2004. Determining the Effects of Vibration Parameters and Packaging Method on Mechanical Damage in Golden Delicious Apple Variety. Turkish Journal of Agriculture and Forestry.28: 311-320.