



Domates Meyvelerinin Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özelliklerine Olgunluk Dönemi ve Muhafaza Sürelerinin Etkileri

Esra Nur GÜL^{1a*} Engin ÖZGÖZ^{1a} Ebubekir ALTUNTAŞ^{1a}

^aDepartment of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Tokat Gaziosmanpaşa University, 60250, Tokat-TURKEY

(*): Corresponding author. esranur.gul4219@gop.edu.tr; Tel: +90-356-2521616

ÖZET

Bu çalışmada, Alsancak çeşidi domates meyvelerinin fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerine olgunlaşma dönemi (turuncu ve kırmızı renk) ve 0, 2 ve 4 günlük muhafaza süresinin etkileri incelenmiştir. Domates meyvelerinin fiziksel özelliklerinden geometrik, hacimsel ve renk özellikleri (boyutlar, küresellik, geometrik ortalama çap, yüzey alanı, yığın hacim ağırlığı, meyve hacim ağırlığı, porozite, L^* , a^* , b^* renk karakteristikleri), mekanik özellikleri [(domatesin X -uzunluk ve Y -genişlik eksenleri için kabuk yırtılma kuvveti, deformasyon, deformasyon enerjisi, statik sürtünme katsayısı ile domatesin sap kopma direnci)] ile kimyasal özelliklerinden suda çözünebilir kuru madde, pH ve titre edilebilir asitlik belirlenmiştir. Muhafaza süresi arttıkça boyut ve ağırlıkta azalmalar görülmüştür. Olgunlaşma dönemi ve muhafaza süresinin küresellik ve geometrik ortalama çap üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Meyvelerin kabuk ve kabuk altı a^* değerleri olgunlaşma arttıkça artış göstermiştir. Domateste olgunlaşma arttıkça deformasyon enerjisi azalmış, X -uzunluk eksenini için deformasyon enerjisi daha yüksek değer vermiştir. Domateslerde lastik yüzeyde 0.445 ile en yüksek statik sürtünme katsayısı değeri bulunmuştur. Domates meyvelerinde olgunluk arttıkça, titre edilebilir asitlik değerlerinde artışlar görülmüştür. Çalışma ile Alsancak çeşidi domates meyvelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri üzerine olgunlaşma dönemi ve muhafaza süresinin etkili olduğu gözlenmiştir.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Alınış tarihi: 27.01.2020

Kabul tarihi: 01.03.2020

Online basım: 08.04.2020

Anahtar Kelimeler :

- Domates,
- Geometrik ortalama çap,
- Küresellik,
- Renk,
- Meyve kopma direnci,
- Titre edilebilir asitlik,

Alıntı için: Gül EN, Ozgoz E, Altuntas E (2020). Domates Meyvelerinin Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özelliklerine Olgunluk Dönemi ve Muhafaza Sürelerinin Etkileri. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER), 1(1): 12-28.

Effects of Maturity Stages and Storage Periods on the Physical, Mechanical and Chemical Properties of Tomato Fruits

ABSTRACT

In this study, the effects of maturity stages (orange and red maturity stages) and storage periods (0, 2 and 4 days) on the physical, chemical and mechanical properties of tomato (cv. Alsancak) fruits were examined. The physical properties of tomato fruits such as geometric, volumetric and colour properties (size, sphericity, surface area, geometric mean diameter, bulk density, porosity, fruit bulk density, and L^* , a^* , b^* colour characteristics); the mechanical properties (deformation, rupture forces along X - and Y - axes, coefficient of friction, fruit removal force, the deformation energy), and the chemical properties (soluble solids content, pH, titratable acidity) were determined. The fruit size dimensions and fruit mass decreased as the storage period increased. The effects of maturity stages and storage periods on the geometrical mean diameter and sphericity were not statistically significant. As the increase of maturity, a^* colour values of flesh and skin fruits increased for tomato fruits. The deformation energy along X -axis was found to be higher than the other axes; and as the increase of maturity, the deformation energy decreased. The highest static friction coefficient was obtained as 0.445 for tomato fruits for rubber friction surface. As the increase of maturity, the titratable acidity values increased for tomatoes. It was determined that the maturity stages and storage periods time were effective on the physical, chemical and mechanical properties of tomato (cv. Alsancak) fruits.

RESEARCH ARTICLE

Received: 27.01.2020

Accepted: 01.03.2020

Available online: 08.04.2020

Keywords :

- Tomato,
- Geometric mean diameter,
- Sphericity,
- Colour,
- Fruit removal force
- Titratable acidity

To cite: Gül EN, Ozgoz E, Altuntas E (2020). Effects of Maturity Stages and Storage Periods on the Physical, Mechanical and Chemical Properties of Tomato Fruits. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER), 1(1): 12-28.

GİRİŞ

Anavatanı, Güney Amerika olan, gıda sanayinde ve Türk tarımı üzerinde önemli bir yere sahip olan domatesin, I. Dünya Savaşı yıllarında Türkiye'ye getirildiği bildirilmektedir (Demiray ve Tülek, 2008). Türkiye'de, 1970'li yıllardan itibaren domates sanayisinin kurulması ve artan bir ivme ile gelişmesi üzerine domates üretimimiz, İtalya ve Amerika gibi üretim devleri arasında dünya sıralamasında önemli bir yer almıştır (Düzyaman ve Duman, 2003). Domates, dünya genelinde bitkisel üretim bazında patatesten sonra en çok üretimi yapılan ikinci sebze (Anonim, 2015). Türkiye'de 2017 yılında 12 750 000 ton domates üretimi yapılmıştır. Bu değer toplam yaş sebze üretiminin %41.36'sını oluşturmaktadır (TÜİK, 2017). Çin, Hindistan ve ABD'den sonra dünya sıralamasında en çok sebze üreten dördüncü ülke Türkiye'dir (Abak ve ark., 2010). İnsan beslenmesinin vazgeçilmezleri arasında yer alan domates, dünyada en çok üretimi yapılan, en fazla tüketimi olan ve ticareti yapılan tarım ürünlerinin başında gelmektedir. Domates; taze tüketilmesinin yanında gıda sektöründe dondurularak, soyulmuş ve dilimlenmiş domates olarak, küp biçiminde doğranmış şekilde, ayrıca domates suyu, domates püresi, salça, sos, ketçap, turşu, kurutulmuş domates ve domates konservesi vb. gibi birçok farklı kullanımlara sahiptir (Uyulaşer, 1996; Keskin ve Gül, 2004). Türkiye'de üretilen domatesin yaklaşık

%20-30'u gıda sektöründe işlenmekte olup, geri kalan miktar ise taze tüketimde kullanılmaktadır. İşlenmiş domatesin %80'i salça olarak %15'i konserve üretimi için, %5'lik bölümü ise domates suyu, ketçap vb. yapımları için kullanılmaktadır (Sarısacılı, 2009).

Ham, yarı işlenmiş ya da işlenmiş tarımsal ürünlerin ticaretinde belirli bir kalitenin sağlanması istenmektedir. Kaliteli ürün kavramı; dış görünüş, temizlik, tat ve koku gibi özelliklerle ifade edilmektedir. Dolayısıyla pazara sunulan ürünlerin rekabet şansını artırmak için meyvelerin zedelenmemiş ve sağlam olması gerekir (Yurtlu, 2003).

Sebze ve meyveler genellikle hasat sırasında ve hasat sonrasında yapılan temizleme, sınıflandırma, paketleme ve taşıma gibi işlemlerde; darbe ve etkilere maruz kalmaktadırlar. Bu darbe ve etkiler ürünün kalite ve değerini düşüren mekanik zararlara neden olmakta ve önemli ürün kayıpları meydana gelmektedir (Groves, 1985; Kaymak ve ark., 2010). Domates meyvelerinin de bu işlemlere oldukça hassas olduğu bilinmektedir. Bu işlemlerde ortaya çıkan mekanik yüklenmenin etkisiyle domates meyvelerinde; kesilme, çürüme ve ezilme gibi yaralanmalar meydana gelmektedir. Domates meyvesinde meydana gelen bu kayıpları belirlemek ve azaltmak için birçok çalışma yapılmıştır (Arazuri ve ark., 2007; Zhi-Gou ve ark., 2009; Li ve ark., 2010; Li ve ark., 2011; Ghazavi ve ark., 2013; Li, 2013; Ghafferi ve ark., 2015; Li ve ark., 2015). Domateslerin fiziksel ve mekanik özellikleri ile bunlar üzerinde etkili parametrelerin incelendiği çalışmalarda elde edilen bilgiler yardımıyla, domateslerin mekanik ve robotik hasadı, domatesin işlenmesi için kurulması düşünülen mekanik sistemlerin tasarlanması, böylece farklı proses aşamalarındaki kayıpların azaltılması ve üretim veriminin artırılması mümkün olabilir (Ghazavi ve ark., 2013). Ayrıca, bu problemlerin üstesinden gelmek için domates meyvelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini de dikkate alarak uygun ekipmanların ve makinaların geliştirilmesi için çalışmalar yapılması gerektiği de ortaya çıkmaktadır (Kaymak ve ark., 2010).

Tarım ve gıda materyallerinin fiziksel özelliklerini belirlemek için elde edilen veriler; ürünün davranışını ve kalitesini tahmin eden modellerde kullanmak için gereklidir. Laboratuvar koşullarındaki deneysel verilerdeki değişkenler ile domates hasadının kalitesi arasındaki korelasyon, tarımsal materyalin hasat ve hasat sonrası mekanizasyonu için optimal bir çözüm geliştirmeye katkıda bulunmaktadır. Konserve endüstrisinde işlenen domateslerin kalite karakteristiklerindeki en uygun özellik; sertlik ve kabuk direncidir. Domates meyvesini etkileyen mekanik etkilerin birçoğu; hasat ve taşıma sırasında oluşmakta ve domates kalitesinde düşüşe neden olmaktadır. Darbe testinde, taşıma arabasının alt kısmından alınan domateste %30'a varan oranda sertlik kaybı ve domates kabuğunun çatlamaya karşı direncinde ise yaklaşık %6 kayıp olduğu Arazuri ve ark. (2007) tarafından açıklanmaktadır. Ghaffari ve ark. (2015) tarımsal ürünlere hasat ve işleme sırasında uygulanan etkilerle meydana gelen çürüme zararının, domatesin kalitesini azalttığını, mekanik zarara neden olan bazı parametrelerin bilinmesinin bu zararı azaltmak için önemli olduğunu belirtmişler ve çürüme modelleri üzerine çalışmışlardır. Modelleri karşılaştırmak için bazı fiziksel özellikleri (meyve boyutları, kütle, hacim, aritmetik ortalama çap, harmonik ortalama çap, eşdeğer çap, yüzey alanı, en boy oranı, özgül ağırlık ve nem içeriği), mekanik özellikleri (temas kuvveti, temas süresi, elastiklik katsayısı, geri

sıçrama katsayısı, akustik sertlik ve darbe (çarpma) enerjisi) ve kimyasal özellikleri (toplam çözünabilir kuru madde ve titre edilebilir asitlik) belirlemişlerdir.

Albaloushi ve ark. (2012) ticari domates çeşidinin dinamik sürtünme katsayısı, sertlik, esneklik, kırılma direnci, çürüme zararı ve delme testindeki toplam pozitif alan gibi özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu özelliklerin; hasat, işleme ve taşıma, ayırma ve sınıflandırma ekipmanlarının dizaynı için gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Li (2013), iki farklı yapıdaki domates meyvelerinin kabuk yırtılma kuvvetini etkileyen faktörleri araştırmıştır. Çalışmada; %4, 8, 12, 16 ve 20 olmak üzere 5 farklı sıkıştırma seviyesi, 4 yükleme pozisyonu ve 2 uygulama başlığı (prob) kullanmıştır. Meyve boyutu, şekli ve kütesinin kopma olasılığı üzerine önemli bir etkiye sahip olmadığını, sıkıştırma seviyesinin domates meyvelerinin kopma olasılığını etkileyen önemli bir değişken olduğunu, kopmaya karşı hassasiyetin uygulama başlığı şekline göre değişiklik göstermediği, bu faktörlerin, domates hasat ekipmanının tasarımı ve kontrolünde dikkate alınması gerektiği açıklanmıştır. Li ve ark. (2011) bir domates toplama robotunu tasarlamak, üretmek ve kontrol etmek için iki farklı domates çeşidi ile çalışmışlardır. Bu amaçla domates meyvelerinin; boyut, küresellik, yüzey alanı, hacmi, kütlesi, hacim ağırlığı gibi fiziksel özellikleri ve sürtünme katsayısı, yuvarlanma direnci katsayısı, domates meyvelerinin iki yükleme pozisyonunda yapılan çeki ve bası testleri ile kopma (rupture) enerjisi, kopma kuvveti ve sıkışabilirlik gibi mekanik özelliklerini belirlemişlerdir.

Domates; olgunlaşması devam eden (klimakterik) bir meyve olmasından dolayı olgunlaşması hasattan sonra da devam etmektedir. Meyvenin olgunlaşma süreci ile muhafaza sıcaklığının, besinin son bileşimini büyük oranda etkileyebildiği Madhavi ve Salunkhe (1998) tarafından açıklanmaktadır. Pazara en kısa süre içinde sunulacak domates meyveleri genel olarak pembe renkteki olgunlaşma düzeyindeyken hasat edilmekte, muhafaza süreleri uzun olacaksa yeşil ve farklı olgunlaşma düzeylerinde hasat edilebilmektedir (Çevik, 2013).

Özellikle uzak pazarlara domates meyvelerinin gönderilmesi söz konusuysa, kayıpları azaltmak amacıyla meyveler yeşil iken hasat edilmekte, soğuk muhafaza ortamında taşınmaktadır. Fakat domatesler tamamen olgunlaşmadan hasat edildiğinde, dalındaki olgunlaşan meyveler kadar iyi bir kaliteye ulaşamayacakları için (Kader ve ark., 1978; Baldwin ve ark., 1998), tüketicilerin memnuniyetsizliğine neden olmaktadır.

Ghazavi ve ark. (2013) üç olgunlaşma dönemindeki üç farklı domates çeşidinin taşımadaki davranışlarını analiz etmek veya özel bir makina tasarlamak için; hacim, yüzey alanı, kütle, ağırlık, et kalınlığı, toplam çözünabilir kuru maddeler, nem içeriği, yoğunluk, boşluk oranı ve olgunlaşma gibi bazı fiziksel özellikler ile meyve sertliği ve elastiklik modülü gibi bazı mekanik özellikleri incelemişler, ayrıca, ana/temel özellikleri modellemişlerdir. Li ve ark. (2015) ise iki domates çeşidinin altı olgunlaşma evresinde hasat, simülasyon ve dokusal değerlendirme ile ilgili çok ölçekli mühendislik özelliklerini araştırmışlardır.

Bu çalışmada; Alsancak domates çeşidine ait meyvelerin fiziksel (boyut, küresellik, yüzey alanı, geometrik ortalama çap, yığın hacim ağırlığı, meyve hacim ağırlığı, porozite, L^* , a^* , b^* renk karakteristikleri), mekanik (meyve kopma direnci, mekanik delme testi, sürtünme katsayısı) ve kimyasal (suda çözünabilir kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asitlik (TA), pH,) özelliklerine olgunluk dönemi (turuncu ve kırmızı) ve 0, 2 ve 4 günlük muhafaza sürelerinin etkileri incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada; Tokat ekolojik koşullarında yetiştirilen Alsancak domates çeşidine ait meyveler kullanılmıştır. Alsancak çeşidi; erkenci bir sırık domates çeşidi olup, raf ömrü fazla ve verimi yüksektir. Meyveler sert ve meyve ağırlığı ortalama 170-190 g arasında değişmektedir (Anonim, 2017). Nakliye şartları düşünülerek hasat işlemi domatesler tam olgunlaşmadan yapıldığından, domatesler turuncu ve kırmızı renk aldığı durumda olmak kaydıyla iki farklı zamanda hasat edilmiştir. Hasat edilen ürünler laboratuvara getirilerek $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Meyvelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri hasat işleminin yapıldığı gün (0. gün), hasattan 2 ve 4 gün sonra olmak üzere 3 farklı muhafaza süresinde belirlenmiştir.

Domates meyvelerinin eksenel boyutlarının ölçümü ve ağırlıklarını belirlemek için tesadüfi olarak her bir olgunlaşma döneminde 20 adet örnek alınarak numaralandırılarak etiketlenmiştir. Ölçüm yapılmaya başlamadan önce meyve sapları kopartılarak temizlenmiştir. Hasat sonrası muhafaza süresinin etkisini görebilmek için hasadın yapıldığı gün (0. gün), hasattan iki gün sonra (2. gün) ve hasattan dört gün sonra (4. gün) yapılan ölçümler için numaralandırılmış olan aynı meyveler kullanılmıştır. Domateslerde; uzunluk, genişlik ve kalınlık ölçüleri 0.01 mm hassasiyete sahip dijital kumpas, ağırlığı ise 0.001 g hassasiyette elektronik tartı ile belirlenmiştir.

Geometrik ortalama çap (D_g), yüzey alanı (S) ve küresellik (φ), aşağıdaki eşitlikler (Mohsenin,1980) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$D_g = (LWT)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$S = \pi D_g^2 \quad (2)$$

$$\varphi = \frac{D_g}{L} 100 \quad (3)$$

Eşitliklerde; D_g : Geometrik ortalama çap (mm), W : Genişlik (mm), L : Uzunluk (mm), T : Kalınlık (mm), φ : Küresellik (%), S : Yüzey alanı (mm^2)'dir.

Projeksiyon alanı ölçümü, X - uzunluk ve Y - genişlik eksenleri boyunca kutupsal kollu Roller tip dijital planimetre (Placom Roller-Type Digital Planimeters, Model KP90N) ile yapılmıştır (Sirisomboon ve ark., 2007).

Domateslerde nem içeriğinin belirlenmesi için; dört parçaya ayrılmış meyveler sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde, $105\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat bekletilmiştir (Suthar ve Das, 1996; Özarslan, 2002). Aşağıdaki eşitlik yardımıyla da nem değerleri hesaplanmıştır.

$$M_y = \frac{G_y}{G_k + G_y} 100 \quad (4)$$

Burada; M_y : Meyvenin nem içeriği (yaş baza göre) (%), G_y : Üründeki su miktarı (g) ve G_k : Üründeki kuru madde miktarıdır (g).

Domates meyvelerinin hacim ağırlığı için sıvı yer değiştirme metodu kullanılmıştır. Ölçü kabının darası alınmış ve 100 ml su konularak elde edilen sıvı taşıma hacmi ve meyve ağırlığı oranından gidilerek meyve hacim ağırlığı (kg m^{-3}) belirlenmiştir (Mohsenin, 1980). Yığın hacim ağırlığı (kg m^{-3}) ise hektolitreye yöntemiyle, silindirik standart bir cam kap içerisine meyveler tepeleme olacak şekilde doldurulup, silindir içindeki meyvelerin ağırlığı ve silindir hacminden yararlanılarak bulunmuştur (Suthar ve Das, 1996; Özarslan, 2002).

Domates meyvelerine ilişkin porozite (P_f) değerlerinin belirlenmesinde, aşağıdaki eşitlikten faydalanılmıştır (Mohsenin, 1980; Özarslan, 2002).

$$P_f = \left(1 - \frac{P_b}{P_m}\right) 100 \quad (5)$$

Burada; P_f : Porozite (%), P_b : Yığın hacim ağırlığı (kg m^{-3}); P_m : Meyve hacim ağırlığı (kg m^{-3})'dir.

Domates meyvelerinin kabuk ve kabuk altı için renk özelliklerini açıklayan karakteristik değerler, Minolta renk ölçer ile (Model CR-400, Tokyo-Japonya), meyvelerin ekvatorial bölgesinin direkt güneş ışınlarına maruz kalan yüzeyiyle, gölgeye maruz kalan yüzeyini temsil edecek alanlar üzerinde yapılarak ortalamaları üzerinden hesaplanmıştır (McGuire, 1992). Domateslerin meyve kabuğu ve kabuk altına ait renkleri CIE'e göre L^* , a^* , b^* renk karakteristikleri üzerinden belirlenmiştir. Hazırlanan skalaya göre, L^* değeri (0 karanlık, 100 aydınlık) parlaklığı, a^* değeri ise kırmızılık ('+' değerler) ve yeşilliği ('-' değerler) belirtmektedir. b^* değeri '+' olduğunda sarılığını ve '-' olduğunda ise maviliğini ifade etmektedir.

Domates meyvelerinin mekanik ölçümlerinde biyolojik materyal test cihazı kullanılarak domateslerin meyve kabuğu ve meyve eti için delme testleri uygulanmıştır. Bu çalışmada kullanılan manuel hareketli biyolojik materyal test cihazı; dijital göstergeli çeki-bası dinamometre, sabit plaka, ölçüm cetveli stant ile kablolu bir bilgisayar bağlantısından oluşmaktadır. Biyolojik materyal test cihazı ile denemeler, sabit ilerleme hızında 11.1 mm'lik çelik silindirik uçla yapılmıştır (Batu, 1998). Denemelerde delme (puncture) testi sonucu delme kuvveti değerleri N cinsinden ölçülmüştür.

Domates meyvelerinin deformasyonu için gerekli olan kuvvet ve deformasyonun belirlenmesinde, elde edilen kuvvet-deformasyon eğrisinde yatay eksen deformasyonu ve dikey eksen ise kuvveti belirtmektedir. Domatesin deformasyon enerjisi, kuvvet-deformasyon eğrisinde maksimum kuvvet (kabuk yırtılma, patlama noktası) ile bu noktaya karşılık gelen deformasyon noktası altında kalan alan olarak ifade edilmektedir. Çalışmada, deformasyon enerjisi aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir (Mohsenin, 1980).

$$E = \frac{F D}{2} \quad (6)$$

Burada; E : Deformasyon enerjisi (N mm), F : Kabuk yırtılma kuvveti (N), D : Deformasyon (mm)'dur.

Domates meyvelerinin saptan kopma dirençleri el dinamometresi ile ölçülmüş ve saptan koparılan her bir domatesin ağırlığı (m), domatesin saptan kopma kuvveti (R) değerine oranlanarak m/R oranları hesaplanmıştır.

Meyvelerin sürtünme ölçümü yapılırken eğimli masa düzeneği kullanılmıştır. Meyvelerin farklı sürtünme yüzeyleri üzerinde hareketine izin verecek şekilde eğimli masa bir vidalı kol ile hareketlendirilmiş, sürtünme katsayısı için domatesin ilk hareketinin sağlandığı durumdaki eğim açısı değeri kullanılmıştır.

Çalışmada domates meyvelerinin kimyasal özellikleri olarak pH, titre edilebilir asitlik (TA) ve Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM) değerleri belirlenmiştir. Meyve örnekleri bir blender yardımı ile parçalanmış, elde edilen domates suyunun pH değerleri, bir pH metre (cam elektrotlu) ile ölçülmüştür (Cemeroğlu, 2007). SÇKM değerleri, dijital refraktometreye (PAL-1, Atago McCormick Fruit Tech., Yakima, Wash., ABD) pH ölçümünde kullanılan domates suyundan bir el pipeti ile çekilen meyve suyunun damlatılmasıyla belirlenmiş ve değeri ise % Brix olarak verilmiştir. Titre edilebilir asitlik (TA, g 100 g⁻¹) değeri için, 10 ml pH ölçümü yapılmak için hazırlanmış meyve suyu örneği alınmış, üzerine 10 ml saf su eklenmiş, pH değeri 8.1'e kadar geldiğinde harcanan 0.1 mol L⁻¹ NaOH çözeltisi (ml) miktarı esas alınarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir (Karaçalı, 2009).

$$TA = \left(\frac{S_h N E_q}{B} \right) 100 \quad (7)$$

Burada; S_h : harcanan sodyum hidroksidin miktarı (ml), N : harcanan sodyum hidroksidin normalitesi, E_q : ilgili asidin equivalent değeri (malik asit için 0.067 g) ve B: alınan örnek miktarı (ml)'dir.

Çalışmada ele alınan tüm parametrelere ait verilerin istatistik analizlerinde (varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testi), SPSS istatistik paket programı (Statistical Package for Social Sciences) kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Fiziksel özellikler

Domates meyvelerinin olgunlaşma dönemleri ve oda sıcaklığındaki 0, 2 ve 4 günlük muhafaza sürelerine göre fiziksel özelliklerden geometrik, hacimsel ve renk özelliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 1 ve domates meyvelerinin geometrik, hacimsel ve renk özelliklerine ait ortalama değerler ise sırasıyla Çizelge 2, 3 ve 4'te verilmiştir. Domates meyvelerinin nem içeriği turuncu ve kırmızı renkteki olgunlaşma düzeyleri için yaş baza göre ortalama %94.3 olarak belirlenmiştir. Olgunlaşma dönemi ve muhafaza sürelerinin nem içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Geometrik özellikler

Olgunlaşma döneminin meyvelerin geometrik özelliklerinden genişlik ($P<0.05$) ve ağırlık ($P<0.01$) üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkisinin olduğu; istatistiksel olarak, muhafaza sürelerinin uzunluk, genişlik, kalınlık ve ağırlık değerleri üzerine etkisinin ise önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 1. Domates meyvelerinin bazı fiziksel (geometrik, hacimsel ve renk) özelliklerine ilişkin varyans analiz sonuçları (F değerleri)

Table 1. The variance analysis results for some physical (geometric, volumetric and colour) properties of tomato fruits (F values)

Fiziksel Özellikler	Olgunlaşma Dönemi (O)	Muhafaza süresi (M)	OxM
Nem İçeriği, %	0.001 ^{öd}	0.630 ^{öd}	0.000 ^{öd}
Geometrik Özellikler			
Uzunluk, mm	3.651 ^{öd}	2.035 ^{öd}	0.097 ^{öd}
Genişlik, mm	4.065*	1.257 ^{öd}	0.018 ^{öd}
Kalınlık, mm	3.869 ^{öd}	2.230 ^{öd}	0.038 ^{öd}
Geometrik ortalama çap, Dg, mm	3.298 ^{öd}	2.168 ^{öd}	0.036 ^{öd}
Küresellik, %	1.133 ^{öd}	0.103 ^{öd}	0.193 ^{öd}
Yüzey alanı, mm ²	2.974 ^{öd}	2.119 ^{öd}	0.040 ^{öd}
Projeksiyon alanı, mm ²			
X- eksen	2.964 ^{öd}	1.598 ^{öd}	1.703 ^{öd}
Y- eksen	5.223*	2.098 ^{öd}	2.528 ^{öd}
Hacimsel Özellikler			
Ağırlık, g	6.985**	0.339 ^{öd}	0.002 ^{öd}
Yığın hacim ağırlığı, g m ⁻³	1.330 ^{öd}	2.530 ^{öd}	2.700 ^{öd}
Meyve hacim ağırlığı, kg m ⁻³	10.53**	0.200 ^{öd}	1.740 ^{öd}
Porozite, %	5.100 ^{öd}	1.130 ^{öd}	1.220 ^{öd}
Renk Özellikleri			
<u>Kabuk üstü renk</u>			
L*	86.61**	25.00**	7.550**
a*	3.190 ^{öd}	2.03 ^{öd}	6.770**
b*	43.47**	14.63**	2.070 ^{öd}
<u>Kabuk altı renk</u>			
L*	24.10**	0.970 ^{öd}	0.800 ^{öd}
a*	6.900*	0.260 ^{öd}	0.980 ^{öd}
b*	8.420**	0.340 ^{öd}	0.610 ^{öd}

*: $P<0.05$ seviyesinde önemli, **: $P<0.01$ seviyesinde önemli, öd: önemli değil

İstatistiksel olarak domateslerin geometrik ortalama çap ve küresellik değerlerinde olgunlaşma dönemi ve muhafaza sürelerinin önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Çalışmada, domates meyvelerinin yüzey alanı değerlerine olgunlaşma dönemi ve muhafaza sürelerinin istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 1). Olgunlaşma döneminin istatistiksel olarak önemli olduğu; genişlik ve ağırlık değerlerinde sırasıyla %2.76 ve %10.66 oranında değişim olmuştur.

Domateste olgunluk arttıkça geometrik ortalama çap değerleri artarken küresellik değerleri azalmıştır. Muhafaza süresi arttıkça domates meyvelerinin geometrik ortalama çap (Dg) ve küresellik değerlerinin önce azalış daha sonra ise artış gösterdiği görülmüştür. Meyvelerin geometrik ortalama çap ve küresellik değerleri ortalamaları sırasıyla 64.28 mm %93.05'tir (Çizelge 2). Muhafaza süresi arttıkça uzunluk, genişlik, kalınlık ve ağırlık değerlerinin azaldığı görülmektedir. Olgunlaşma dönemleri karşılaştırıldığında; olgunlukla beraber uzunluk, genişlik, kalınlık ve ağırlık değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Domates meyveleri, olgunlaşma düzeyine göre

boyutsal ve kütleli olarak artış gösterirken, muhafaza sürecinde ise domates örnekleri solunum düzeyleri ve muhafaza süresine göre boyutsal ve kütleli olarak azalma göstermektedir.

Çizelge 2. Olgunlaşma dönemi ve muhafaza sürelerine göre domates meyvelerinin bazı fiziksel (geometrik) özelliklerinin ortalama değerleri

Table 2. The means of some physical (geometric) properties of tomato fruits according to the maturity stage and storage periods

	Olgunlaşma Dönemi			Muhafaza Süresi			
	Turuncu	Kırmızı	Ortalama	0. gün	2. gün	4. gün	Ortalama
Nem içeriği, %	94.30	94.30	94.30	94.41	94.3	94.19	94.3
Geometrik özellikler							
Uzunluk, mm	68.28	70.02	69.15	70.14	69.33	67.92	69.13
Genişlik, mm	66.38b*	68.21a	67.3	68.13	67.39	66.37	67.3
Kalınlık, mm	57.56	59.01	58.29	59.12	58.48	57.25	58.28
Geometrik ortalama çap, mm	63.61	64.99	64.3	65.17	64.45	63.23	64.28
Küresellik, %	93.26	92.84	93.05	92.96	93.03	93.17	93.05
Yüzey alanı, mm ²	12775.0	13312.8	13043.9	13396.9	13100.1	12616.2	13037.7
Projeksiyon alanı, mm ²							
X eksen	2944	3117	3030	2990	3158	2944	3030
Y eksen	2604b*	2816a	2710	2621	2840	2669	2710

*: P< 0.05 seviyesinde önemli

Ortalama yüzey alanı değerleri turuncu renk olgunlaşma döneminde 12775.0 mm² kırmızı renk olgunlaşma döneminde ise 13312.8 mm² olarak hesaplanmıştır. Olgunlukla artan yüzey alanı değerleri muhafaza süresi arttıkça azalış göstermiş, hasattan sonraki 4. günde muhafaza edilen domateslerin yüzey alanlarının %5.83 oranında azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 2).

Üç boyutsal eksenin ve geometrik ortalama çap değerinin kullanılmasıyla elde edilen yüzey alanı değerlerinde daha önceki parametrelerdekine benzer şekilde artış ve azalış eğilimleri gözlenmiştir. Çevik (2013) tarafından 'Jadelo F1' çeşidi domates meyvelerinin en düşük uzunluk genişlik ve kalınlık değerlerinin yeşil renk olgunlaşma döneminde, en büyük değerlerinin ise kırmızı renk olgunlaşma dönemi domateslerde elde edildiği belirtilmiştir. Taheri Garavand ve ark. (2011) ise, çeşitler arası farkın hem ağırlık hem de boyut değişiminde etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Bu açıdan bakıldığında, çalışmada bulunan sonuçların, literatür sonuçlarına göre benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Geometrik ortalama çapın robotla hasat etmek için meyve kütlelerini tahmin etmede en doğru parametre olarak düşünülebileceği, Li ve ark. (2015) tarafından açıklanmıştır Ghazavi ve ark. (2013) kırmızı domateslerin meyvelerinin küresellik (%90) ve geometrik ortalama çap (54.49 mm) değerlerinin yeşil domates meyvelerinin küresellik (%89) ve geometrik ortalama çap (52.19 mm) değerlerinden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada geometrik özellikler ve küresellik açısından bulunan değerlerin literatür değerlerine yakın olduğu söylenebilir. Ghazavi ve ark. (2013)'da elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik gösterecek şekilde, yeşil domatesler ile kırmızı domatesler arasındaki yüzde değişimin %8.42 olduğunu ve olgunluk arttıkça domateslerin yüzey alanı değerlerinin arttığını ve ifade etmişlerdir.

Hacimsel özellikler

Domates meyvelerin olgunlaşma dönemi ve muhafaza süresinin porozite ve yığın hacim ağırlığı değerleri üzerine etkilerinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu, olgunlaşma döneminin meyve hacim ağırlığı üzerine etkisinin istatistiksel olarak $P<0.01$ seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Domates meyvelerinin olgunlaşma dönemi ve muhafaza süresi ile yığın hacim ağırlığı değerlerinin arttığı görülmüştür. Olgunlaşan domates meyvelerinin ağırlığı ile yığın hacim ağırlığındaki artışlar, boyutsal değişimlerdeki artışa benzerdir. Muhafaza süresi ile beraber meyvelerde hacimsel bir azalma söz konusu olmaktadır. Belirli bir hacim içerisine giren meyve sayısı ve hacim ağırlığı değerlerinde ise artışlar meydana gelmiştir.

Domates meyvelerinin meyve hacim ağırlığı değerleri turuncu ve kırmızı renkteki olgunluk düzeylerinde sırasıyla 1052.6 kg m^{-3} ve 1018.9 kg m^{-3} olarak ölçülmüştür. Domateslerin meyve hacim ağırlığı değerleri olgunluk değişimine göre azalış göstermiştir. Domateslerin ilk 2 gün muhafaza süresinde, meyve hacim ağırlığı değerleri artış göstermişken, 4 günlük muhafaza süresinde ise azalış göstermiştir. Domates meyvelerinin porozite değerlerinin meyvelerin olgunluğu ve muhafaza süresi arttıkça azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Olgunlaşma dönemi ve muhafaza sürelerine göre domates meyvelerinin bazı fiziksel (geometrik) özelliklerinin ortalama değerleri

Table 3. The means of some physical (geometric) properties of tomato fruits according to the maturity stage and storage periods

Hacimsel özellikler	Olgunlaşma Dönemi			Muhafaza Süresi			
	Turuncu	Kırmızı	Ortalama	0.gün	2.gün	4.gün	Ortalama
Ağırlık, g	158.22	175.09	166.66	169.95	166.50	163.53	166.66
Yığın hacim ağırlığı, kg m^{-3}	463.73	471.61	467.67	457.03	468.59	477.38	467.67
Meyve hacim ağırlığı, kg m^{-3}	1052.6a**	1018.9b	1035.8	1032.1	1040.1	1035.1	1035.8
Porozite, %	55.89	53.66	54.77	55.68	54.79	53.85	54.77

** $P<0.01$ seviyesinde önemli

Renk özellikleri

Domates meyvelerinin renk özellikleri açısından bakıldığında, olgunlaşma döneminin domates meyve kabuğu ve kabuk altı için L^* ve b^* renk değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak $P<0.01$ düzeyinde önemli iken, meyve kabuğu için a^* değerleri olgunlaşma dönemine göre istatistiksel olarak önemli şekilde değişmemiş, kabuk altında ise $P<0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli şekilde farklılık göstermiştir. Muhafaza süresinin domates meyve kabuğunun L^* ve b^* renk değerleri üzerine istatistiksel olarak $P<0.01$ seviyesinde önemli bir etkisinin olduğu, meyvelerin kabuk altı için L^* , a^* , b^* , meyve kabuğu için a^* değerlerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4).

Domates meyvelerin kabuk ve kabuk altı için L^* parlaklık değerleri olgunluk arttıkça azalmıştır. Domateslerde ortalama L^* parlaklık değerleri 0, 2, 4 gün muhafaza sürelerinde meyve kabuğunda ve kabuk altında sırasıyla 35.89, 32.44, 31.59 ve 32.92, 31.47 ve 33.42'dir. İstatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu meyve kabuğunda ilk gün ölçülen L^* parlaklık değeri 2. ve 4. günde sırasıyla %9.61 ve %11.98 oranında azalmıştır. Muhafaza süreleri arasında olan farklılığı görmek için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testine göre; kabuk üstü L^* değerlerinde 2. ve 4. günler arasında önemli bir farklılık olmamıştır. Sonuç olarak domateslerde L^* parlaklık değerlerinde muhafaza süresi arttıkça matlaşmalar görülmüştür (Çizelge 4).

Çizelge 4. Olgunlaşma dönemi ve muhafaza sürelerine göre domates meyvelerinin bazı renk özelliklerinin ortalama değerleri

Table 4. The means of some colour characteristics of tomato fruits according to the maturity and storage periods

Renk özellikleri	Olgunlaşma Dönemi			Muhafaza Süresi			
	Turuncu	Kırmızı	Ortalama	0. gün	2. gün	4. gün	Ortalama
Kabuk üstü							
L^*	35.75	30.87	33.31	35.89a**	32.44b	31.59b	33.31
a^*	12.34	13.83	13.08	12.07	13.05	14.14	13.08
b^*	17.4	14.9	16.15	17.56a**	15.73b	15.16b	16.15
Kabuk altı							
L^*	35.51	29.70	32.61	32.92	31.47	33.42	32.60
a^*	8.83	11.48	10.16	9.71	10.16	10.60	10.16
b^*	14.72	12.84	13.78	13.99	13.40	13.95	13.78

** $P < 0.01$ seviyesinde önemli;

*: Satırlarda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur ($P < 0.01$).

Domates meyvelerinin kabuk ve kabuk altı için a^* renk değerlerinin olgunlaşma dönemi ve muhafaza süresi arttıkça arttığı, yani kırmızılaştığı görülmüştür. Domateslerde meyvelerin kabuk ve meyve kabuk altında belirlenen b^* değerleri olgunlaşma arttıkça sırasıyla %14.37 ve %12.77 oranında azalmıştır. Muhafaza süresindeki artışla meyvelerin kabuk üstünde ölçülen b^* değerleri azalmış, kabuk altında ölçülen b^* değerleri ise önce azalmış daha sonra artmıştır (Çizelge 4).

Altun (2011), L^* renk değerinin 'Beef' tipi domates genotiplerde muhafaza süresince 37.61 ile 48.54 ve a^* renk değerlerinin ise; 12.23 ve 25.77 değerleri aralığında değiştiğini açıklamıştır. Ordonez-Santoz ve ark. (2008) ise domates örneklerinin ortalama L^* değerinin 9.71 olduğunu açıklamışlardır. Şat ve Turhan (2006), Erzurum'da yetiştirilen bazı domates çeşitlerinin meyve kabuğu için a^* değerlerinin 21.24 - 35.90 arasında değiştiğini, Kaymak ve ark. (2010) ise Erzincan'da yetiştirilen yaygın iki domates çeşidi olan H2274 ve Alida F1 çeşitlerinin a^* değerinin sırasıyla ve 29.03 ve 24.63 olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada L^* değerleri ile a^* renk değerleriyle ilgili bulduğumuz sonuçlar, Altun (2011)'un belirttiği L^* ve a^* değerlerinin alt sınır değerlerine yakın değerler vermiştir. Bu çalışmada elde edilen a^* değerleri Şat ve Turhan (2006) ile Kaymak ve ark. (2010)'ın yaptıkları çalışmalarda elde edilen değerlerden daha düşük bulunurken, L^* değerleri ise Ordonez-Santoz ve ark. (2008)'in belirttiği L^* değerinden daha yüksek değerler vermiştir.

Mekanik Özellikler

Domates meyvelerinin mekanik özelliklerine ait olgunlaşma döneminin istatistiksel olarak meyve saptan kopma direnci (R) ve m/R oranı üzerinde etkisinin önemsiz olduğu görülmüştür. Ortalama meyve saptan kopma direnci ve m/R oranı değerleri turuncu olum hasat döneminde sırasıyla 18.27 N ve 7.36 g N⁻¹ olarak bulunurken, kırmızı olum hasat döneminde sırasıyla 18.72 N ve 6.78 g N⁻¹ olarak bulunmuştur. Domateslerin meyvelerinin olgunluğu arttıkça m/R oranı ve meyve kopma direnci azalmaktadır (Çizelge 5).

Moser (1989), m/R oranının 1'e eşit veya 1'den büyük olduğu durumda meyvenin makine ile hasat edilebilir olduğunu, ayrıca ürünün kopma direncinin, ürün kütlesi ile ilişkisinin hasat makinelerinin toplama ünitelerinin tasarlanmasında özellikle seçilecek hasat yönteminin seçimi açısından önemli bir parametre olduğunu belirtmiştir. Elde ettiğimiz değerler incelendiğinde, m/R oranı değerlerinin 1'den

büyük olduğu görülmektedir (Çizelge 5). Bu değerler incelenen domates çeşitlerinin makineyle hasat edilebileceğini göstermektedir.

Çizelge 5. Domates meyvelerinin meyve kopma direnci değerlerinin olgunlaşma dönemlerine göre değişimi

Table 5. The change of fruit removal force values of tomato fruits according to maturity stages

Olgunlaşma dönemi (O)	Meyve kopma direnci (R) (N)	Meyve ağırlığı (m), (g)	Meyve ağırlığı/Kopma direnci (m/R) (g N ⁻¹)
Turuncu	18.27	132.23	7.36
Kırmızı	18.72	116.59	6.78
Ortalama	18.50	124.41	7.07

Çalışmada, X- uzunluk ekseninde yapılan ölçümlerde olgunlaşma dönemi ve muhafaza süresinin delme kuvveti üzerine etkisinin istatistiksel olarak P<0.01 seviyesinde önemli olduğu bulunurken, deformasyon enerjisi üzerine sadece muhafaza süresinin P<0.05 seviyesinde etkisinin önemsiz olduğu görülmektedir. Y- genişlik ekseninde yapılan ölçümlerde, sadece muhafaza süresi deformasyon üzerine P<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir.

X- uzunluk eksenini boyunca yapılan ölçümlerde meyvelerin olgunluğu arttıkça meyvelerin deforme olması için gerekli olan delme kuvveti değerleri azalırken (%33.30), Y- genişlik eksenine göre yapılan ölçümlerde %1.26 oranında artmıştır. Olgunluk arttıkça deformasyon değeri artmıştır. Deformasyon miktarı X- ve Y- eksenine göre kırmızı olum hasat döneminde ise 29.65 mm ve 21.66 mm değerleriyle, turuncu olgunlaşma dönemindeki 27.82 mm ve 20.83 mm değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Olgunlaşmanın artışına göre domates meyvelerinin deforme olmasında ihtiyaç duyulan kuvvet azalırken, deformasyon ve ezilme miktarının ise arttığı görülmüştür. Domates meyvelerinin olgunluk arttıkça daha fazla esneklik gösterdiği anlaşılmaktadır. Y- eksenine göre yapılan ölçümlerde deformasyonun gerçekleşebilmesi için gerekli olan kuvvet ve deformasyon miktarı X- eksenine göre daha düşüktür. Olgunlaşma artışına göre deformasyon enerjisi azalırken, Y- ekseninde yapılan ölçümlere göre deformasyon enerjisi X- ekseninde yapılan ölçümlerden daha düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 6).

Çizelge 6. Olgunlaşma dönemi ve muhafaza sürelerine göre domates meyvelerinin bazı mekanik özelliklerinin ortalama değerleri

Table 6. The means of some mechanical properties of tomato fruits according to the maturity stage and storage periods

Mekanik özellikler	Olgunlaşma Dönemi			Muhafaza Süresi			
	Turuncu	Kırmızı	Ortalama	0. gün	2. gün	4.gün	Ortalama
X- (uzunluk) eksenine göre							
Kuvvet, N	134.8	89.89	112.2	153.4a**	105.7b	77.90b	112.3
Deformasyon, mm	27.82	29.65	28.74	30.03	29.28	26.89	28.73
Deformasyon enerjisi, N mm	1915.6	1363.9	1639.7	2290.5a*	1571.4ab	1057.4b	1639.7
Y- (genişlik) eksenine göre							
Kuvvet, N	50.96	51.6	51.28	62.73	45.47	45.63	51.28
Deformasyon, mm	20.83	21.66	21.25	20.12b**	19.41b	24.21a	21.25
Deformasyon enerjisi, N mm	524.9	515.7	520.3	567.4	442.4	551.2	520.3

** : P< 0.01 seviyesinde önemli; * : P< 0.05 seviyesinde önemli

** : Satırlarda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur (P<0.01).

* : Satırlarda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur (P<0.05).

Domates meyvesinin *X*- ekseninde *Y*- eksenine göre meyve yapısının daha sert ve mukavim olduğu görülmüştür. *X*- eksenini sap ve çiçek çukuru bölgelerinden oluştuğu için kabuk delinmesi ve yırtılmasının olabilmesi için daha fazla kuvvet gerektirmektedir. Kırmızı renk olgunlaşma düzeyinde meyveler ağırlık ve boyutsal açıdan daha fazla büyüme göstermekte dolayısıyla daha fazla yumuşamakta, böylece domateslerin sertliğinin azalması ve çok az bir kuvvetle bozulma yani deformasyonun oluşması mümkün olabilmektedir. Bir domates meyvesi farklı pozisyonlardan yüklenen dış kuvvete maruz kaldığında domates meyvesinin iç yapısının meyvenin yırtılma/ezilme olasılığı üzerine etkisi önemlidir. Lana ve ark. (2007) olgunlaşma süresince, meyve dokularındaki çözünmeyen proto-pektin içeriği çözülebilir pektin ve gittikçe yumuşak olan perikarp ve çapraz duvar dokusuna dönüştüğünü açıklamaktadır. Li ve ark. (2015), domates meyvelerin yırtılma/ezilme olasılığı üzerine olgun meyvelerin yapısal özelliklerinin etkisinin az olduğunu açıklamıştır. Hetzronia ve ark. (2011), domates kabuğunun dayanıklılığı ve elastikiyeti gibi mekanik özelliklerinin hem endüstriyel işleme hem de taze tüketim için önemli olduğunu, bu durumun yetiştiriciler, pazarlamacılar ve tüketiciler için büyük öneme sahip olduğunu, gıda endüstrisinde domatesin kolay soyulabilmesi için kalın ve sert kabuğu tercih edilirken, sofralık taze tüketimde ise, kolay yenebilmesi için ince ve yumuşak kabuğun tercih edildiğini açıklamışlardır.

Domates meyvelerinde *X*- eksenine göre yapılan ölçümlerde muhafaza süresi arttıkça deformasyon için gerekli olan kuvvetin de azaldığı görülmektedir. Kuvvet ile benzer şekilde deformasyon miktarı ve deformasyon enerjisi değeri de muhafaza süresi arttıkça azalmaktadır (Çizelge 6). Olorunda ve Tung (1985) Reento domates çeşidinde, olgunlaşma derecesindeki artışın kuvvet, deformasyon değerlerinde belirgin azalmaya neden olduğunu, Diehl ve ark. (1980) ve De Belie ve ark. (2000) domateslerin olum dönemlerine göre test sırasında uygulanan baskı yükü altında aşırı gerilmelerden dolayı hücre duvarının yırtılması nedeniyle genellikle doku bozulması meydana geldiğini, Albaloushi ve ark. (2012), yeşil domateslerin sarı ve kırmızı domateslere göre daha sert olduğunu açıklamışlardır. Bu çalışmada da meyve kabuk yırtılma kuvveti değerlerinin olgunluk arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Bu açıdan kuvvet değerlerinin literatür sonuçlarıyla uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Domates meyvelerinin olgunlaşma dönemi ve muhafaza sürelerinin statik sürtünme katsayılarına etkisi; meyvelerin sap ve çiçek çukurundan ölçüm almak üzere 5 farklı sürtünme yüzeyi (kontrplak, sunta, lastik, laminant ve galvaniz sac) için belirlenmiştir. Muhafaza süresinin, yüzeyin sürtünme katsayısına ve ölçüm yönüne etkisi $P < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli iken olgunlaşma döneminin önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Çizelge 7).

Meyvelerde en yüksek sürtünme katsayısı değerinin ikinci muhafaza gününde 0.429 ve en düşük sürtünme katsayısının ise ilk gün 0.397 olarak ölçüldüğü, muhafaza süresinin etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür. Sap çukuru yönünde yapılan ölçümde çiçek çukuru yönünde yapılan ölçümlere göre sürtünme katsayısı %95.27 daha yüksektir.

Çizelge 7. Olgunlaşma dönemi ve muhafaza sürelerine göre domates meyvelerinin statik sürtünme katsayısı ortalama değerleri ve varyans analiz sonuçları

Table 7. The means of static friction coefficients of tomato fruits according to maturity stage and storage periods, and variance analysis results

		Statik sürtünme katsayısı
Olgunlaşma Dönemi (O)	Turuncu	0.409
	Kırmızı	0.410
	Ortalama	0.409
Muhafaza Süresi (M)	0.Gün	0.397b ^{&}
	2.Gün	0.429a
	4.Gün	0.402b
	Ortalama	0.409
Yön (YN)	Sap çukuru	0.537a
	Çiçek çukuru	0.275b
	Ortalama	0.406
Yüzey (YZ)	Galvaniz sac	0.389c ^{&}
	Sunta	0.410b
	Kontrplak	0.408b
	Laminant	0.390c
	Lastik	0.445a
	Ortalama	0.408
Varyasyon Kaynakları (F değeri)	O	0.448 ^{od}
	M	9.991 ^{**}
	YN	2366.680 ^{**}
	YZ	12.322 ^{**}

**^{*}: P< 0.01 seviyesinde önemli, ^{od}: önemli değil; [&]: Sütunlarda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur.

Farklı sürtünme yüzeyleri incelendiğinde, lastik yüzeyde (0.445) en yüksek sürtünme katsayısı, galvaniz sac yüzeyde (0.389) en düşük sürtünme katsayısı değerleri bulunmuştur. Ayrıca, laminant ile galvaniz sac ve kontrplak ile sunta yüzeyler arasında istatistiksel olarak farklılığın önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 7).

Tarımsal ürünlerde nem içeriğinin sürtünme katsayısına çok önemli bir etkisi söz konusudur. Turuncu ve kırmızı domateslere ait nem içeriklerinin aynı değerlerde olduğu görülmüş, bu açıdan statik sürtünme katsayılarında da istatistiksel olarak farklılık gözlenmemiştir. Çalışmada, domates meyvelerinde, muhafaza sürelerinde nem değişimlerinin daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Burada muhafaza süresi ile nem düşüşü olmasına karşın domatesin olgunlaşma dönemine göre 2. muhafaza gününde daha da esnek yüzey göstermesi ile birlikte daha yüksek bir değer gözlenmiş, 4. gününde ise ürünlerin kısmi toparlanma göstermesi nedeniyle sürtünme değerinde 2. muhafaza gününe göre yüksek değer vermesine neden olmuştur (Çizelge 7).

Albaloushi ve ark. (2012) domates örneklerinin muhafaza süresindeki artışla dinamik sürtünme katsayısının arttığını, dinamik sürtünme katsayısı üzerine muhafaza süresinin materyal yüzeyine göre daha önemli etkiye sahip olduğunu belirtmektedirler. Kaymak ve ark. (2010), yaygın kullanılan iki domates çeşidi olan (H2274 ve Alida F1) statik sürtünme katsayısı değerlerinin çelik, alüminyum ve kontrplak yüzeylerde sırasıyla 0.31-0.32-0.25 ve 0.31-0.31-0.25 olarak belirlemişlerdir. Sürtünme yüzeyleri büyükten küçüğe doğru lastik, kontrplak, sunta, galvaniz sac ve laminant şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 7). Çalışmada bulunan değerler, Kaymak ve ark. (2010)'ının bulduğu sonuçlara göre daha yüksek değerler vermiş olup, bu sonuçlara kullanılan sürtünme yüzeyleri ile çalışmalarda kullanılan farklı çeşitlerin ve yetiştirme koşullarının etkili olduğu düşünülmektedir.

Kimyasal Özellikler

pH değerlerine olgunlaşma döneminin istatistiksel olarak etkisinin önemsiz olduğu, muhafaza sürelerinin ise $P < 0.01$ düzeyinde bir etkisinin olduğu görülmüştür (Çizelge 8). Duncan çoklu karşılaştırma testine göre muhafaza süreleri arasındaki farklılığın ilk hasat günü ve 2 gün muhafazadan sonra ölçülen pH değerlerine istatistiksel olarak etkisinin önemsiz olduğu, ilk hasat gününe göre 4. gün muhafaza sonrası ölçülen pH değerleri %3.41 oranında arttığı belirlenmiştir (Çizelge 8). Tuncel ve ark. (1991), domatesin farklı olgunlaşma dönemleri için olgunlaşmanın artış düzeyine göre önce daha az bir değişim ve olgunlaşmanın tamamlanmasıyla pH değerinin genel olarak bir artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 8. Domates meyvelerinin pH, SÇKM ve TA değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analiz sonuçları

Table 8. The means of pH, SÇKM and TA values of tomato fruits and the variance analysis results

		pH	SÇKM (%)	TA (g 100 g ⁻¹)
Olgunlaşma Dönemi (O)	Turuncu	4.86	4.41	0.36
	Kırmızı	4.87	4.56	0.41
	Ortalama	4.87	4.48	0.38
Muhafaza Süresi (M)	0.Gün	4.81b [§]	4.33b [§]	0.39b [§]
	2.Gün	4.81b	5.03a	0.31c
	4.Gün	4.98a	4.08b	0.45a
	Ortalama	4.87	4.48	0.38
Varyasyon Kaynakları (F değeri)	O	0.29 ^ö	0.56 ^ö	7.38*
	M	9.18**	7.61**	23.99**
	OxM	2.26 ^ö	0.13 ^ö	2.53 ^ö

*: $P < 0.05$ seviyesinde önemli, **: $P < 0.01$ seviyesinde önemli, ^ö: önemsiz değer, [§]: sütunlarda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur.

SONUÇ

Bu çalışmada, muhafaza sürelerine göre domates meyvelerinde hem boyutsal olarak hem de ağırlık olarak azalmalar gözlenmiştir. Olgunlukla artan yüzey alanı değerleri muhafaza süresi arttıkça azalmıştır. Muhafaza süresi artışıyla L^* parlaklık değerlerinde matlaşmalar oluşmuştur. Meyvelerin kabuk ve kabuk altından belirlenen a^* ortalama değerleri olgunlukla artarken, meyve kabuğunda ölçülen b^* değerleri muhafaza süresi arttıkça azalmaktadır. Olgunluk arttıkça domates meyvelerinde deformasyonun olabilmesi için ezilme miktarı artar ve ürünlerin deforme olabilmesi için gerekli kuvvet azalırken, ezilme miktarının artması domates meyvelerinin daha fazla esnek olduğunu göstermektedir. Muhafaza süresi arttıkça sürtünme katsayısı değeri de artmakta, olgunluk arttıkça domates meyvelerinin pH ve TA değerleri de artmaktadır. Elde edilen sonuçlar, pazara sunulan ya da işlenecek olan ürünlerin kalitesi bakımından hasat döneminin doğru belirlenmesi ve muhafaza süresinin artırılmaması gerektiğini göstermektedir. Domates meyvelerinin farklı olgunlaşma dönemlerinde hasat edildiğinde fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinde görülen farklılıkların domatesin ticari kullanımı ve tüketici istekleri bakımından önemli olduğu unutulmamalıdır. Bu anlamda, elde edilen veriler ürünlerin işlenmesinde önemli etkiye sahiptir ve yapılacak tesis, sistem ve kullanılacak makine ve ekipmanların tasarımı, kurulumu ve işletilmesi açısından katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Abak K, Düzyaman F, Şeniz V, Gülen H, Pekşen A ve Kaymak HÇ (2010). *Sebze üretimini geliştirme yöntem ve hedefleri*. Ziraat Mühendisliği VII Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara.
- Albaloushi NSN, Azam MM ve Amer Eissa AH (2012). Mechanical properties of tomato fruits under storage conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(6): 3053-3064.
- Altun A (2011). *Farklı iri etli domates genotiplerinin depolama sürelerinin belirlenmesi üzerinde araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, s. 83, İzmir.
- Anonim (2015). Türkiye İstatistik kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> (20.05.2015).
- Anonim (2017). Alsancak sırık domates çeşidi. <http://www.malcoktarim.com.tr/alsancak-fl-sirik-domates-tohumu-1000-adet.html> (10.05.2013).
- Arazuri S, Jare'n C, Arana JI and Pe'rez de Ciriza JJ (2007). Influence of mechanical harvest on the physical properties of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Food Engineering* 80: 190-198.
- Baldwin EA, Scott JW, Einstein MA, Malundo TMM, Carr BT, Shewfelt RL ve Tandon KS, 1998. Relationship between sensory and instrumental analysis of tomato flavor. *Journal of the American society for Horticultural Science*, 125: 906-915.
- Batu A (1998). Some factors affecting on determination and measurement of tomato firmness. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 22: 411-418.
- Cemeroğlu B (2007). Gıda Analizleri. *Gıda Teknolojisi Yayınları*, 34, Ankara, 535 s.
- Çevik MY, 2013. *Domateste olgunluğun fiziko-mekanik özellikler üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, s.50, Adana.
- De Belie N, Hallett IC, Harker F. and De Baerdemaeker J (2000). Influence of ripening and turgor on the tensile properties of pears: A microscopic study of cellular and tissue changes. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 125(3): 350-356.
- Demiray E ve Tülek Y (2008). Domates kurutma teknolojisi ve kurutma işleminin domatesteki bazı antioksidan bileşiklere etkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3: 9-20.
- Diehl KC, Hamann DD and Whitfield JK (1980). Structural failure in selected raw fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies*, 10(4): 371-400.
- Düzyaman E and Duman İ (2003). Dried tomato as a new potential in export and domestic market diversification in Turkey. *Proceedings of the Eighth International ISHS Symposium on the Processing Tomato Acta Horticulture*, Article Number: 613-070, pp. 433-436.
- Ghaffari H, Ghassemzadeh HR, Sadeghi M and Alijani S (2015). Some physical, mechanical and chemical properties of tomato fruit related to mechanical damage and bruising models. *Biological Forum-An International Journal*, 7(2): 712-718.
- Ghazavi MA, Karami R and Mahmoodi M (2013). Modeling some physico-mechanical properties of tomato. *Journal of Agricultural Science*, 5(1): 210-223.
- Groves JD (1985). *Predicting physical properties of tomatoes with impact force analysis*. Master Thesis, The Ohio State University, USA.
- Hetzronia A, Vanab A and Mizrach A (2011). Biomechanical characteristics of tomato fruit peels. *Postharvest Biology and Technology*, 59: 80-84.
- Kader AA, Morris LL, Stevens MA ve Albright-Holten M, 1978. Composition and flavor quality of fresh quality of fresh market tomatoes as influenced by some post harvest handling procedures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 103: 6-13.
- Karaçalı İ (2009). Bahçe ürünlerinin muhafazası ve pazarlaması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* 494, İzmir.
- Kaymak HC, Öztürk İ, Kalkan F, Kara M and Ercişli S (2010). Color and physical properties of two common tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(2): 44-46.
- Keskin G ve Gül U (2004). Domates. *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü*, T.E.A.E-Bakış, Sayı:5, Nüsha:13, Ankara.
- Lana MM, Tijskens LMM, Theije AD, Dekker M and Barrett DM (2007). Measurement of firmness of fresh-cut sliced tomato using puncture tests-studies on sample size, probe size and direction of puncture. *Journal of Texture Studies*, 38: 601-618.
- Li Z, Li P and Liu J (2010). Effect of tomato internal structure on its mechanical properties and degree of mechanical damage. *African Journal of Biotechnology*, 9(12): 1816-1826.

- Li Z, Li P and Liu J (2011). Physical and mechanical properties of tomato fruits as related to robot's harvesting. *Journal of Food Engineering*, 103: 170-178.
- Li Z (2013). The effect of compressibility, loading position and probe shape on the rupture probability of tomato fruits. *Journal of Food Engineering*, 119: 471-476.
- Li Z, Lv K, Wang Y, Zhao B and Yang Z (2015). Multi-scale engineering properties of tomato fruits related to harvesting, simulation and textural evaluation. *LWT- Food Science and Technology*, 61: 444-451.
- Madhavi DL and Salunke DL (1998). Handbook of vegetable science and technology: production, composition, storage, and processing. Ed: D.K. Salunkhe ve S.S. Kadam. pp. 721, *Marcel Dekker*, New York, USA.
- McGuire RG (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12): 1254-1255.
- Mohsenin NN (1980). Physical properties of plant and animal materials. *Gordon and Breach Science Publishers*, p. 742, New York, USA.
- Moser E, 1989. Bağ bahçe sebze ve endüstri kültürlerinde mekanizasyon uygulamaları (Çeviri: İ. K. Tuncer ve F. Özgüven). *Türkiye Ziraat Kurumu, Mesleki Yayınları*, Yayın No:52, Ankara.
- Olorunda AO and Tung MA (1985). Simulated transit studies on tomatoes: effects of compressive load, container, vibration and maturity on mechanical damage. *Journal of Food Technology*, 20: 669-678.
- Ordóñez-Santos LU, Arbones E, Vázquez-ODeriz L, Romero-Rodríguez A, Gómez J. and López M., 2008. Use of physical and chemical properties of commercial tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) products for monitoring their quality. *Journal of AOAC International*, 91(1): 112-122.
- Özarslan C (2002). Some physical properties of cotton seed. *Biosystems Engineering*, 83: 169-174.
- Sarısaçlı İE (2009). Salça. <http://www.igeme.gov.tr>, (20.07.2009).
- Sirisomboon P, Pornchaloempong P and Romphopphak T (2007). Physical properties of green soybean: criteria for sorting. *Journal of Food Engineering*, 79: 18-22.
- Suthar SH and Das SK (1996). Some physical properties of karingda [*Citrus lanatus (thumb) mansaf*] grains. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65: 15-22.
- Şat İG ve Turhan N (2006). Erzurum yöresinde yetiştirilen bazı domates çeşitlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, s. 103-108. 24-26 Mayıs 2006. Bolu.
- Taheri Garavand A, Rafiee S and Keyhani A, (2011). Study on some morphological and physical characteristics of tomato used in mass models to characterize best post harvesting options. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4): 433-438.
- Tuncel N, Yanmaz R ve Ağaoğlu SY (1991). Domatesin derim sonrası fizyolojisi ve soğukta muhafazası üzerine araştırmalar: I. Farklı olgunluk devrelerinde yapılan derimin olgunlaşma sırasındaki bazı kalite özellikleri üzerine etkileri. *Gıda*, 16(2): 131-137.
- TÜİK (2017). Türkiye istatistik kurumu. <http://www.tuik.gov.tr>, (01.03.2017)
- Uylaşer V (1996). *Salça üretim aşamalarına göre bakteri ve maya florasındaki değişim ve bozulmadaki etkileri üzerinde araştırmalar*. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, s. 128, Bursa.
- Yurtlu YB (2003). *Meyve ve sebzelerde bazı mekanik özelliklerin ve zedelenmeye karşı duyarlılığın belirlenmesi*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, s. 109, Ankara.
- Zhi Guo L, Ji-Zhan L, Ping-Ping L and Jian-Jun Y (2009). Study on the collision-mechanical properties of tomatoes gripped by harvesting robot fingers. *African Journal of Biotechnology*, 8(24): 7000-7007.