

PEMBE OLUM AŞAMASINDAKİ DOMATESLERİN MODİFİYE ATMOSFERDE DEPOLANMASI¹

Ali BATU²

A.Keith THOMPSON³

ÖZET

Bu araştırma, pembe olum aşamasında hasat edilmiş domateslerin farklı paketlenme materyalleri kullanılarak hasat sonrası fizyolojik bozulmaların azaltılması, raf ömrünün uzatılabilmesi ve ayrıca domates kalitesinin uzun süre korunabilmesini sağlayacak yeni bir paketlenme sistemi geliştirebilmek amacı ile yapılmıştır. Gerekli ön işlemler uygulandıktan sonra domatesler hava sızdırmaz bir şekilde paketlenerek 13°C ve 20°C de 60 gün süre ile depolanmışlardır. Paketlenme maddesi olarak piyasada en yaygın olarak kullanılan polietilen "PE20" ve "PE50" (20 ve 50 µ kalınlığında), polivinilklorid "PVC", (10 µ kalınlığında) ve polipropilen "PP" (25 µ kalınlığında) kullanılmıştır. Depolama süresince renk, meyve sertliği, ağırlık kaybı, titre edilebilir toplam asitlik ve toplam suda çözünür kuru madde oranında oluşan değişimler incelenmiştir.

Özellikle PP ve PE50 ile paketlenen meyvelerin rengindeki artış 30 gün gecikmiştir. Bu iki madde ile paketlenen domatesler her iki depolama sıcaklığında da 60 gün depolama sonucunda oldukça sert ve pazarlanabilir halde oldukları belirlenmiştir. Meyve ağırlığında oluşan azalma paketlenmemiş domateslerde hızlı bir şekilde artarak 60 gün sonra 13°C de %12.97 ve 20°C'de %14.31 değerlerine ulaşmışlardır. Paketlenerek depolanan meyvelerdeki ağırlık kaybı depolama süresi ile artış göstermiş olmasına rağmen 60 günün sonunda çok düşük oranlarda gerçekleşmişlerdir. Bu değerler 13°C de PP için %1.39 ve PE50 içinse %1.83 olarak gerçekleşmişlerdir. Titre edilebilir asitlik miktarı depolama süresince düşüş göstermesine rağmen PE50 ile paketlenmiş olan ürünlerin asitlik değerlerinin diğerlerinden biraz daha yüksek oldukları belirlenmiştir.

GİRİŞ

Taze domates kalitesi görünüşü, rengi, sertliği ve aroması ile belirlenmektedir (38). Ürünün kolay pazarlanabilmesi açısından kalitenin önemi büyüktür. Kalitedeki değişimler olgunlaşma ve hasat sonrasında da devam etmektedir. Bu dönemlerde domatesin olgunlaşma süresi, depolama sıcaklığı ve hasat olgunluğuna bağlı olarak hızlanıp meyve yumuşayabilir. Bu durum kalitenin ve rengin bo-

zulmasına ve böylece raf ömrünün kılmasına neden olur (15). Olgunlaşma süresince domatesin sertlik ve renginde oluşan değişimler birbirleri ile doğrudan ilişkilidir (45). Bu iki kalite kriteri arasındaki ilişki tüketici tercihlerini etkilemektedirler (43). Paketlenme ve depolama sıcaklığı domatesin sertlik ve renginin muhafaza edilebilmesi ve raf ömrünün uzatılabilmesi açısından çok önemlidir. Genel olarak düşük depolama sıcaklıklarının kullanımı (soğuk zararlanmasının üzerinde) domatesin

¹ Yayın Kuruluna geliş tarihi: Eylül 1994

² Zir Yük.Müh., Gazi Osman Paşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü - TOKAT.

³ Prof.Dr. Postharvest Technology Department, Silsoe College, Granfield University, Silsoe, Bedford, - ENGLAND.

raf ömrünü uzatır (41). Yeşil ve pembe olum dönemindeki meyveler için en uygun depolama sıcaklıkları 12-13°C'dir (1). Olgunlaşmış kırmızı domatesler için 8-9°C'nin altında ve 25°C üstünde olmamalıdır (2). Paketleme ortamında en uygun depolama sıcaklığı 12.7°C (35) veya 12.5°C (28) olarak belirlenmiştir. Risse ve ark. (38) ise bu sıcaklığın 13°C ile 20°C arasında olup daha düşük sıcaklıklarda, soğuk zararlanması ve kimi bakteriyel gelişmelerin hızlanabileceğini, daha yüksek sıcaklıklarda ise aşırı olgunlaşmanın hızlanıp fungal çürümelerin ciddi bir problem haline gelebileceğini bildirmişlerdir.

Soğuk zararlanmasına duyarlı ürünlerin bu zararlanmanın oluşabileceği sıcaklığın üzerindeki bir sıcaklıkta depolanmaları gerekmektedir. Eğer domatesler 12.5°C'nin altında depolanırlar ise soğuk zararlanması görülebilir (29,34). Domateslerde soğuk zararlanmasının en önemli belirtileri meyve yüzeyinde koyu renkli çukurcukların oluşması, düzensiz olgunlaşma (veya hiç olgunlaşmama), mantarsal enfeksiyonların artması (11), görünüşün değişmesi, buruşmanın hızlanması ve çürümeye duyarlılığın artması (31) şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Raf ömrünün uzatılabilmesi açısından depolama yöntemi çok etkili ve önemlidir. Genel olarak raf ömrü soğutma yöntemi ile uzatılabilir (37). Bu yöntem ile bazı meyve ve sebzelerin raf ömürlerinin bir kaç hafta uzatılabilmesi mümkündür (14). Soğutma yöntemine ek olarak domatesin paketlenmesi sonucunda uygun depolama sıcaklığı kullanılarak solunum oranının düşürülmesi ile raf ömrü uzatılabilir. Bu teknik geleneksel soğuk hava depolamacılığına bir alternatif olarak kullanılmaktadır (6). Plastik paketin içerisindeki CO₂ ve O₂ seviyeleri paketin bu gazları geçirgenliğine ve domatesin tükettiği O₂ ile ürettiği CO₂ miktarlarına bağlı olarak değişmektedir. Bu yönteme "modifiye atmosferde depolama" yöntemi denmektedir. Domates gibi düşük soğuk zararlanmasına duyarlı meyve ve sebzelerin depolanabilmesi için kullanılmaktadır (14). Faydalı ve kullanışlı bir depolama atmosferi bu teknik sayesinde ucuz bir şekilde gerçekleştirilebilir (12).

Değişik atmosferde depolama sırasında plastik paketlerin içerisinde solunumun bir sonucu olarak domatesin etrafında su damlacıklarının olması; meyvenin su kaybını ve dolayısıyla buruşmanın yavaşlamasını sağlayacaktır. Eğer ürünün solunum oranına uygun geçirgenlik özelliğine sahip plastik

film seçilebilirse paketin içerisinde arzu edilen geliştirilmiş uygun ortam elde edilebilecektir.

Domates uzun süreden beri paketlenerek farklı depolama sıcaklıklarında depolanmaktadır. Araştırmacıların bir çoğu (10, 16, 24, 44) yeşil olgunlukta domatesler üzerinde ve bir kısmı ise (15) kısmen olgunlaşmış domatesler üzerinde çalışmışlardır. Domatesin kalitesi ve bileşimleri açısından hasattan önce belirli bir olgunluk seviyesine ulaşması gerekmektedir. Bu durum özellikle meyve olgunluğunun, yeşil domateslerin yeşil olum dönemine ulaşip ulaşmadıklarının ayırt edilebilmesi konusunda hasat yapan kişiyi yanıltmaktadır (20). Domatesin olgunlaşmadan hasat edilmesi durumunda, meyvenin olgunlaşması süresince toplam şeker içeriğini ve aroma artışını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum tüketici tercihlerini olumsuz yönde etkilemektedir (26). Bunun yanında yeşil olum döneminde hasadı yapılarak paketlenen domatesler hakkında bir çok literatür verisi olmasına karşın pembe olum veya açık kırmızı olum döneminde hasadı yapılarak paketlenen domateslerin depolama süresince kalite kriterleri üzerinde oluşan değişimler hakkında yeterli bilgi yoktur. Bu araştırma, bundan dolayı, pembe olum dönemindeki domateslerin paketlenerek meyvenin bozulmasını en aza indirerek raf ömrünün uzatılabilmesi ve domates kalitesinin korunabilmesi için farklı paketleme materyalleri kullanılarak uygun bir paketleme sistemi geliştirilmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada "Liberto I çeşidinin çapları 50-55 mm olan pembe olum dönemindeki meyveleri kullanılmıştır. Bu domatesler Silsoe Araştırma Enstitüsü'nün (Bedfordshire, İngiltere) cam serasından sağlanmıştır.

Metot

Domateslerde uygun çap ve renk seçimi yapıp fiziki hasarlı olanlar ayrıldıktan sonra fungal yükünün azaltılabilmesi veya yok edilebilmesi için 100 ppm thiabendazole çözeltisine batırılmışlardır. Bu domatesler daha sonra iki gruba ayrılarak, birinci grup kontrol amacı ile paketlenmeden, diğer gruptan ise altışar adet domates küçük tepsi şeklindeki

polisitrenler üzerine konarak Courtaulds Packaging (Hamfield Way, Bristol, B514 0BE İngiltere) firmasından sağlanmış olan 20 (PE20) ve 50 (PE50) mikron kalınlıklarındaki polietilenler (PE) ile aynı firmadan sağlanmış 25 mikron kalınlığındaki polipropilen (PP) ve British Alcan Consumer Products Limited (Raans Road, Amersham, Bucks, HP6 6JY, İngiltere) firmasından sağlanmış olan 10 mikron kalınlığındaki polivinilklorid (PVC) içerisine hava sızdırmaz bir şekilde paketlenmişlerdir. Her pakete, yaklaşık 500 ± 25 g (6 adet) domates konularak paketlerde eşit miktarda domatesin olması sağlanmıştır. Domatesler 13°C ve yaklaşık % 95-98 paket içi ve % 78 paket dışı (depolama ortamı) oransal nem ile 20°C de yaklaşık % 95 paket içi ve % 54 paket dışı oransal nem ortamlarında 60 gün süre ile depolanmışlardır. Depolama süresince her 10 günde bir, her bir muameleden ayrı ayrı örnekler alınarak renk, meyve sertliği, ağırlık kaybı, toplam suda çözünür kuru madde oranı ve titre edilebilir toplam asitlik değerlerindeki değişimler incelenmiştir.

Renk değerleri CR 200 model Minolta renk ölçüm aleti ile yapılmıştır. Domateslerin ekvatorial çapı etrafından rastgele farklı üç noktadan ölçümler yapılarak Anonim (3) ve Hobson ve ark.'na (25) göre Minolta a^* değerlerinin Minolta b^* değerlerine bölünmesi sonucunda elde edilen Minolta a^*/b^* gerçek kırmızılık değerleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Minolta renk ölçüm aletinin kalibrasyonu standart beyaz plakaya göre ($Y=93.9$, $x=0.313$ ve $y=0.321$) yapılmıştır.

Meyve sertliği değerleri, Batu ve Thompson'a (4) göre 1122 model Universel Instron test cihazına delgi kuvveti olarak 50 N sabit bir ağırlık ilave edilerek yuvarlak 6 mm çapındaki paslanmaz çelikten yapılmış düz uçlu delgi ucunun kullanımı ile gerçekleştirilmiştir. Burada integratör kağıt hareket hızı ile delgi ucunun yaklaşım hızları saniyede 20 mm olarak ayarlanmıştır. Domates için pazarlanabilir meyve sertliği Instron cihazına 6 mm düz uçlu delgi ucunun (prop) kullanımı ile Batu ve Thompson (5) tarafından 1.27 Nmm^{-1} (hafif yumuşak fakat salata yapılabilecek sertlikte) ve 1.45 Nmm^{-1} (oldukça sert) olarak belirlenmiştir.

Ağırlık kaybı, ürünün depolanmadan önceki (A) ve sonraki (B) ağırlık farkına göre yüzde olarak hesaplanmıştır. Suda çözünür kuru madde ise masa üstü küçük Atago marka PR-1 model refraktometrenin kullanılmasıyla, titre edilebilir toplam asitlik miktarı ise domates suyunun $\text{pH}=8$ l'e ula-

şıncaya kadar 0.1 N NaOH ile titre edilmesiyle gerçekleştirilmiş ve sitrik asit cinsinden değerlendirilmiştir.

Gaz konsantrasyonları ise depolama süresinin ilk iki haftasında her ayrı muamelede daha önceden belirlenmiş paketlerden 10 ml gaz örnekleri alınarak Carlo Erba Instrument firmasınca üretilmiş GC 800 series model gaz kromografisine "hot wire" dedektörünün bağlanması ile ölçülmüştür. Taşıyıcı gazın (argon) akış hızı saniyede 40 ml, dedektör ve fırın sıcaklıkları sırası ile 120°C ve 70°C dir.

İstatistiksel analizler ise, Steel ve Torrie'ye (42) göre varyans analizi sonucunda muamele, depolama sıcaklığı ve depolama süresi interaksyonunca ortalamaların karşılaştırılması suretiyle LSD testi yapılarak gerçekleştirilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Paket içi gaz bileşimleri

Paketlemenin ilk bir kaç günü içerisinde ürünün solunum ve paketleme maddesinin gaz geçirgenlik oranları arasında bir denge oluşuncaya kadar, paket içi O_2 konsantrasyonları azalmış ve CO_2 konsantrasyonları ise artmıştır (Cetvel 1).

PVC ve PE20 plastikleri ile paketlenmiş domateslerin paket içi gaz konsantrasyonlarının, dengeye ulaştığında % 11-13 O_2 ve % 3-4 (5) CO_2 olduğu belirlenmiştir. Bu paket içi gaz konsantrasyonları bütün depolama süresince aşağı yukarı eşit düzeyde kalmışlardır. Paket içi O_2 miktarı 1-2 gün ve CO_2 miktarı ise 2-3 gün içerisinde dengelenmiştir. PE50'nin O_2 düzeyi 2-3 gün ve CO_2 düzeyi 3-5 gün içerisinde sırası ile % 4-5 ve % 6-7 düzeylerinde dengelenmişlerdir. Paketlemede kullanılan PP'nin geçirgenlik oranı diğerlerinden biraz daha az olduğundan paket içi O_2 miktarı 2-3 gün içerisinde % 5-6, CO_2 miktarı ise % 12-13 düzeylerine ulaşarak dengeye gelmişlerdir.

Pembe olum aşamasındaki domateslerin paketlenmesi sırasında depolama sıcaklığının farklı paketleme maddeleri içerisindeki O_2 ve CO_2 gazlarının denge miktarları üzerine önemli bir etkisi olmayıp, bu gazlarının denge miktarları 13°C ve 20°C de hemen hemen aynıdır. Bunun nedeni paketleme maddesinin geçirgenlik oranlarının, sıcaklığın artışı ile orantılı olarak artması (33) ve ayrıca domatesin, solunum oranında, sıcaklığın artışı ile doğru

Cetvel 1. Pembe olum aşamasındaki domateslerin 13°C ve 20°C’de farklı paketleme maddeleri ile paketlenmeleri sonucunda paket içerisindeki CO₂ ve O₂ konsantrasyonlarının dengelenme süreleri ile denge durumunda paketlerin içerisindeki CO₂ ve O₂ miktarları.

Table 1. Times for concentration of CO₂ and O₂ to equilibrate and equilibrium concentrations (%) in experimental packs of pink tomatoes sealed with different packaging films at 13°C and 20°C.

Paketleme Maddesi Packaging material	O ₂			CO ₂	
	Sıcaklık (°C) Temperature	Denge Süresi (gün) Equilibrium time (day)	Denge Konsantrasyonu (%) Equilibrium concentrations (%)	Denge Süresi (gün) Equilibrium time (day)	Denge Konsantrasyonu (%) Equilibrium concentrations (%)
PP (25µ)	13	3-4	5-6	2-3	12-13
	20	2-3	5	2-3	13-14
PVC (10µ)	13	1-2	11-12	2	4
	20	1-2	11	2-3	4-5
PE (20µ)	13	1-2	11-13	3	3
	20	1-2	11-12	2-3	3
PE (50µ)	13	3	4	3-5	6-7
	20	2-3	4-5	4-5	6-8

orantılı olarak artış göstermesindendir (9).

Paketlemenin domatesin rengi üzerine etkisi

Domateslerin kırmızılık (a*/b*) renk değerlerindeki değişimler depolama sıcaklığı ve farklı paketleme maddelerinden önemli bir şekilde etkilenmektedirler (Şekil 1).

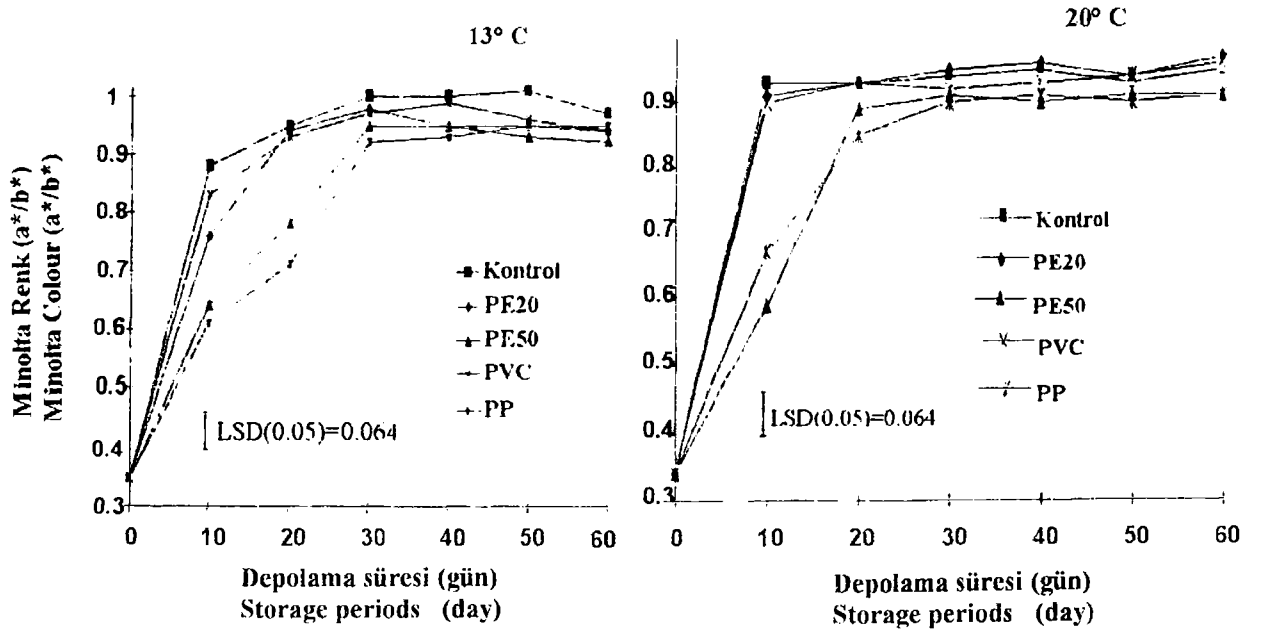
Domateslerin kırmızı renk değerlerindeki artış paketleme sonucunda yavaşlamıştır. Özellikle PP ve PE50 ile paketlenen domatesler kırmızı rene 13° C’de 30 gün ve 20°C de ise 20 günde ulaşmışlardır. Bu iki paketleme maddesinin O₂ ve CO₂ geçirgenlik oranları diğerlerine göre daha düşük olduklarından paket içi O₂ konsantrasyonları % 4-5 gibi düşük ve CO₂ konsantrasyonları da PE50 için % 6-8 ve PP için ise % 13-14 gibi yüksek oranlarda gerçekleşmiştir (Cetvel 1). Domatesin PP ve PE50 ile paketlenmesi sonucunda oluşan kırmızılık renk değerlerinde (a*/b*) 13° C’de ve 20°C de sırası ile 30 ve 20. günlere kadar önemli (p=0.05) düzeyde bir artışın olduğu belirlenmiştir. PVC ve PE20 maddeleri ile paketlenen domatesler kırmızı olum aşamasına 13° C’de 20 gün ve 20° C’de 10 gün içinde erişmişlerdir.

Domateste kırmızı rengi oluşturan renk pigmenti likopen olup, likopen miktarı domatesin olgunlaşma süresince artmaktadır. Likopenin oluşması meyvenin bulunduğu ortamdaki oksijen miktarına bağlıdır (23). Salunke ve Wu (39) domates meyvelerinde likopen oluşumlarının düşük oksijen miktarları ile

önlendiklerini belirtmektedirler. Heing (22) % 7 O₂ ve % 3 CO₂ ortamında depolanan domateslerin renklerinin normal ortamda depolananlara göre daha geç kırmızı rene ulaştıklarını fakat meyve sertliği ve aromaları arasında bir farkın olmadığını belirtmiştir. Yang ve Chinnan (45) yeşil olum aşamasındaki domateslerin paketlenerek % 8 CO₂ ve % 5 O₂ konsantrasyonlarını beraber kullandıkları zaman en iyi sonucu verdiklerini belirtmektedirler.

Paketlemenin sertlik üzerine etkisi

Meyve yumuşaması olarak tanımlanan meyve eti sertliği azalması tüm muamelelerde depolama süresi ilerledikçe daha belirgin hale gelmiştir (Şekil 2). Meyve eti sertliğindeki azalma; 20°C’de depolanan domates meyvelerinde ilk 10 gün içerisinde hızlı bir şekilde olmuş, 10. ve 20. günler arasında daha az ve 20. günden sonra ise bu azalma çok yavaşlayarak devam etmiştir. 13°C’de depolamanın ilk 10. gününe kadar meyve sertliğindeki azalma hızlı olmasına rağmen, 20°C’deki azalmadan daha azdır. 20. ve 30. günler arasında bu düşüş hızını azaltarak devam etmiştir. Paketlenmeden kontrol amacı ile depolanan domatesler, paketlenenlerden daha çabuk yumuşamışlardır. 13°C’de 30 gün ve 20°C’de ise 10 gün sonra pazarlanamayacak dereceye ulaşmışlardır. PE20 ve PVC ile paketlenen domatesler ise 13°C’de 50 ve 20°C’de ise 40 gün pazarlanabilir sertlik değerlerini korumuşlardır.



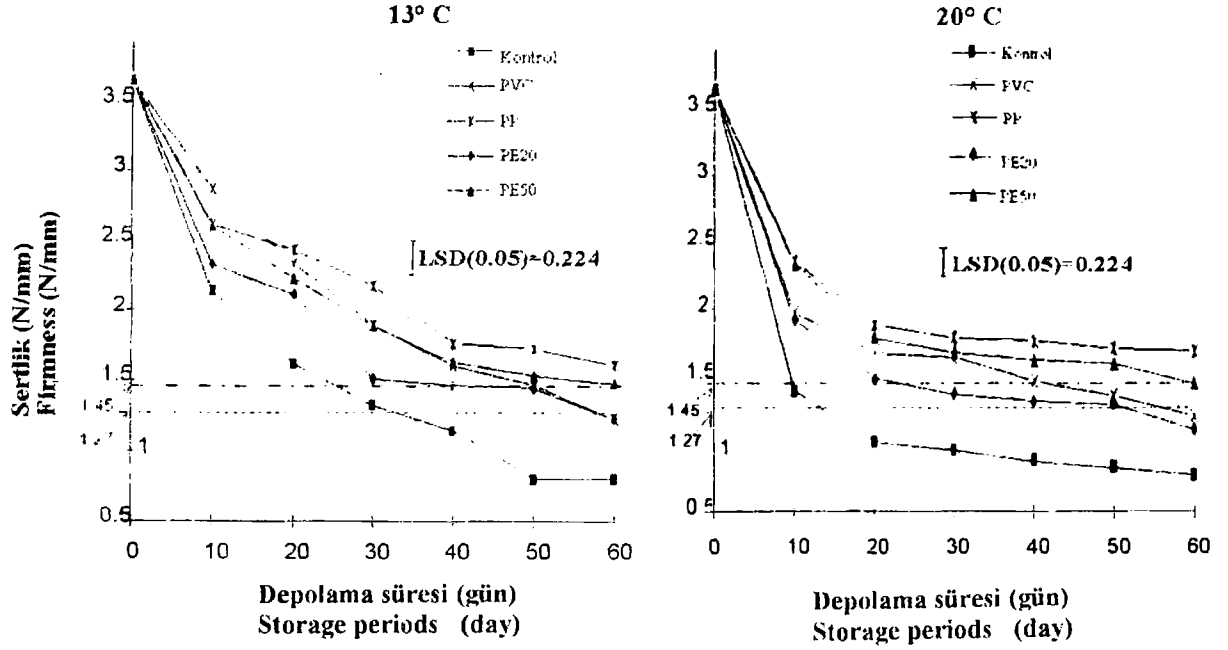
Şekil 1 Farklı paketlenme maddeleri ile paketlenmiş pembe olum aşamasındaki domateslerin 13°C ve 20°C'de depolanmaları sırasında Minolta a*/b* değerlerindeki oluşan değişimler. (Minolta a*/b*'a göre renk ayırımı: Pembe olum, 0.08-0.57; Açık kırmızı olum, 0.61-0.95; Kırmızı olum, 0.95-1.22).

Figure 1. Minolta colour (a*/b*) changes of pink tomatoes sealed within different packaging films during storage time at 13°C and 20°C (Colour Classification: Pink, 0.08-0.57; Light red, 0.61-0.95; Red, 0.95-1.22).

PE50 ve PP paketlenme maddelerinin kullanımı ile paketlenmiş domatesler her iki depolama sıcaklığında 60 gün depolama sonunda meyve sertliği bakımından pazarlanabilir durumda olup, bu sertlik değerleri % 100 sertlik değeri olan 1.45 Nmm⁻¹ (5) nin üzerinde gerçekleşmiştir. PE20 içinde 13°C'de 40 gün ve 20°C'de 20 gün, PVC içinde 13°C'de 50 gün ve 20°C'de 40 gün depolama sonunda bile meyve sertlik değerleri 1.45 Nmm⁻¹ (3) değerinin üzerinde gerçekleşmiş, her iki plastik ile paketlenen domatesler 50 günün sonunda bile 1.27 Nmm⁻¹ değerinin üzerinde yani pazarlanabilir sertlikte oldukları belirlenmiştir (Şekil 2).

Meyve sertliğindeki azalma selüloz, poligalacturonose enzim aktivitesinin artması sonucu pektin bileşiklerinde oluşan değişimler ile ilgili olup, meyve olgunluğu ilerledikçe toplam pektin miktarı azalmaktadır (30). Bucher ve Tigchelaar (7) pembe oluma kadar pektinesteras (PE) aktivitesinin arttığını, poligalaktronaz (PG) aktivitesinin yeşil

olgunluktan sonra sürekli artış gösterdiğini ancak kırmızı oluma geçişte artış hızının azaldığını belirtmiştir. Burton (8) ise domatesin yeşil olum döneminden kırmızı oluma geçişine kadar PE aktivitesinin % 30'dan % 500'e kadar değiştiğini belirtmektedir. Yeşil olum döneminde hasadı yapılan domatesler olgunlaşırken PG aktivitelerinin sürekli arttığı bildirilmektedir (17, 29). Bu enzim aktivitelerinin sürekli artması ile pektinik asit ve suda eriyebilen pektin formuna dönüşmesi, hücre duvarları arasındaki bağın zayıflaması dolayısı ile meyve yumuşamasına neden olmaktadır (8, 19, 30). PG enzim sentezi ise sadece etilenin tepkimesi sonucu oluşur (19). Domatesin olgunlaşması sırasında CO₂ konsantrasyonunun artışı ise etilen üretimini önler (27). Risse ve ark. (37) paketlenme sonucu domateslerin raf ömürlerinin daha uzun olduklarını ve ayrıca bıçak ile kesilebilme oranlarının daha yüksek olduklarını bildirmektedirler.



Şekil 2 Farklı paketlenme maddeleri ile paketlenmiş pembe olum aşamasındaki domateslerin 13°C ve 20°C depolanmaları sırasında meyve sertliğinde oluşan değişimler [Sertlik: 1.27 Nmm⁻¹ (hafif yumuşak fakat salata yapılabilecek sertlikte), 1.45 Nmm⁻¹ (oldukça sert)].

Figure 2. The changes of fruit firmness on pink tomatoes sealed within different packaging films during storage time at 13°C and 20°C [Firmness: 1.27 Nmm⁻¹ (slightly soft but suitable for marketing salad), 1.45 Nmm⁻¹ (very firm)].

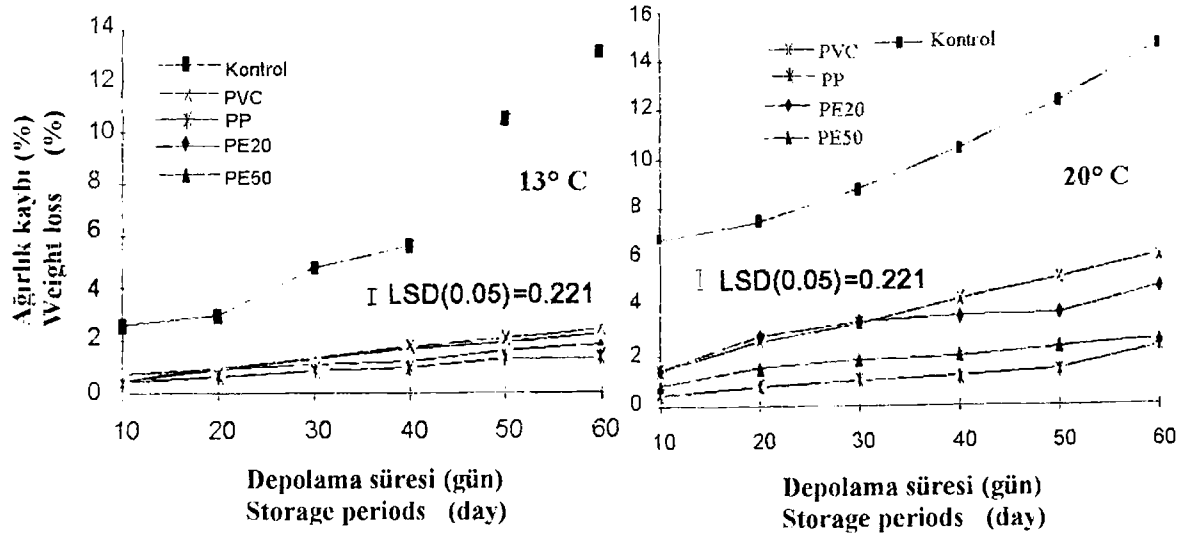
Ambalaj tiplerinin ağırlık kaybı üzerine etkisi

Domateslerin ağırlıklarındaki azalma, paketlenerek veya paketlenmeden depolanan muamelelerin hepsinde depolama süresince artmıştır (Şekil 3).

Paketlenmemiş olarak depolanan domateslerdeki ağırlık kayıplarının paketlenmiş olanlardan daha fazla olduğu belgindir. 13° C'de 40 gün depolamadan sonra % 5.60 olan ağırlık kaybı 40. günden sonra hızlı bir şekilde artarak % 12.97'e ulaşmıştır (Şekil 3). Paketlenmeyerek 20° C'de depolanmış meyvelerin ağırlık kaybındaki artış ise ilk 10. günde % 6.70 olurken 60. günün sonunda % 14.63'ye ulaşmıştır.

Farklı paketlenme maddeleri ile paketlenmiş meyvelerdeki ağırlık kayıpları arasında önemli farklılıkların ($p=0.05$) oldukları belirlenmiştir. 13°C'de depolamada ağırlık kaybı yönünden PVC ile PE20 arasında istatistiksel olarak bir farkın olmadığı, 20° C'de depolama sıcaklığında ise bütün muameleler arasında en az % 5 düzeyinde farklılığın olduğu saptanmıştır. Her iki depolama sıcaklığı

şında 60 gün depolama sonunda en az ağırlık kaybı PP ile paketlenenlerde, daha sonra da PE50 ile paketlenen domateslerde gözlenmiştir. Bu değerler 13°C'de PP için % 1.39 ve PE50 için % 1.85 iken, 20°C'de PP için % 2.35 ve PE50 için % 2.69 olarak gerçekleşmiştir. PP nin gaz ve su buharı geçirgenliği PE50'den daha az olduğu için (veriler gösterilmemiştir); PP ile paketlenen meyvenin ağırlık kaybı, PE50 paketlenenlerden ve PE50 ile paketlenenlerdeki kayıplar ise diğerlerinden daha az olarak gerçekleşmiştir. Bu araştırmanın sonucunda oluşan ağırlık kayıpları daha önceki araştırmalar ile uyum içersindedir (13, 34). Paketlenmiş meyvelerin ağırlık kaybı paket içi oransal nem miktarı ile ters, paketlenme maddesinin su buharı geçirgenlik oranı ile doğru orantılıdır (36). Ayrıca paketlerin içermiş oldukları gaz seviyeleri ve özellikle yüksek orandaki CO₂ seviyesinin ağırlık kaybının azaltılması üzerine etkili olabileceği düşünülebilir. Çünkü yüksek orandaki CO₂ seviyesi solunumun yavaşlamasına böylelikle su kaybının azalmasına neden olmaktadır. Paketlenmemiş meyvelerde fazla mik-



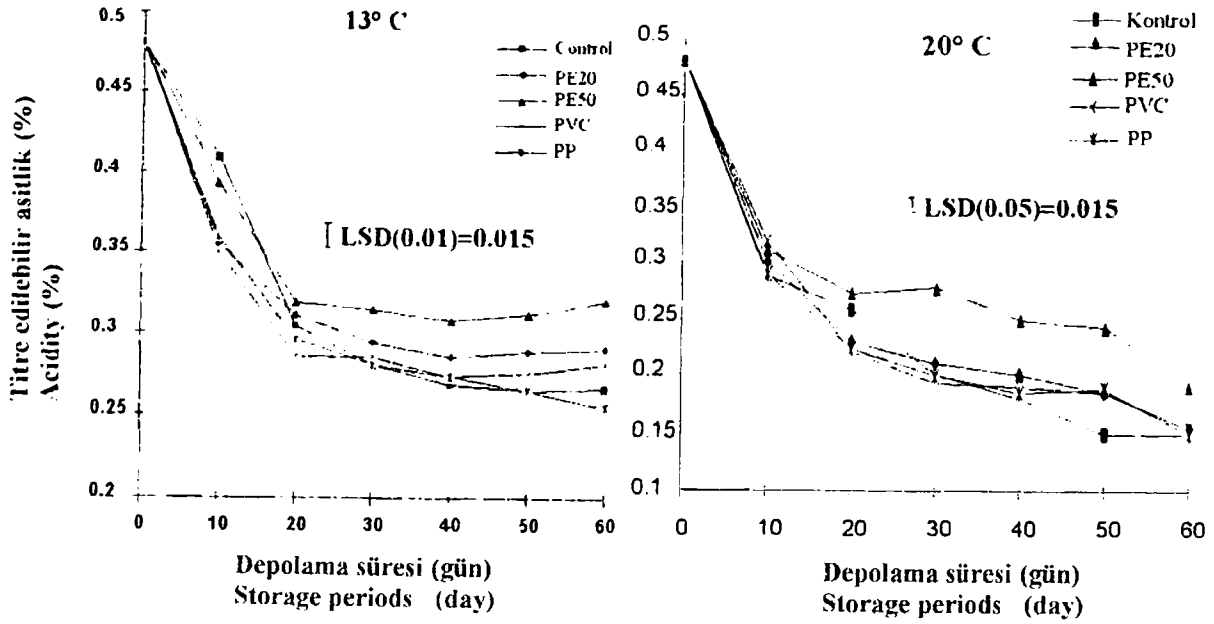
Şekil 3 Farklı paketlenme maddeleri ile paketlenmiş pembe olum aşamasındaki domatelerin 13°C ve 20°C'de depolanmaları sırasında meyve ağırlığında oluşan değişimler.
 Figure 3. The changes of weight loss on pink tomatoes sealed within different packaging films during storage time at 13°C and 20°C.

tarda oluşan ağırlık kaybının nedeni depolama süresince meyvelerin su kaybetmesi sonucu olduğu belirtilmektedir (32). Su kaybının sadece ağırlık kaybına değil meyvenin kurumasına, yumuşamasına ve hatta sonuçta meyvelerin fizyolojik olarak bozulmalara maruz kalabileceği belirtilmiştir (38).

Ambalaj tiplerinin titre edilebilir asitlik üzerine etkisi

Domates meyvelerinde etkin organik asit formu sitrik asittir. Depolama süresince domateslerin toplam asitlik değerlerinde her iki depolama sıcaklığında da yirminci güne kadar hızlı azalma olmuştur. Özellikle 13° C'de 20. günden sonra bazı muamelelerin asitlik değerlerinde 60. güne kadar önemli bir değişiklik olmamıştır. 20° C'de depolanma durumunda ise asitlik değerlerindeki azalma sürekli artarak pembe olum aşamasında hasat yapıp depolanmadan toplam asitlik değerleri % 0.48 iken 40 gün depolamadan sonra muamelelerin büyük bir kısmında % 0.2'nin altına düşmüştür. Bu değerler

13° C'de depolama sonucunda, PE50 hariç, % 0.26 ile % 0.3 arasında değişmektedir. PE50 ise % 0.3'ün üzerinde gerçekleşmiştir. Depolama süresince muamele farklılıkları ile asitlik değerleri arasında düzgün bir ilişki bulunamamıştır. Toplam asitlik miktarlarının olgunluk gruplarına göre değişiminde çeşitlere göre % 0.35-0.54 oranında farklılıkların saptandığı belirtilerek, kimi domates çeşitlerinde olgunluk ilerledikçe toplam asitlik (sitrik asit olarak) miktarı artmış ve kimi çeşitlerde ise azalmıştır (30). Parsons ve ark (34) 12.8° C'de, % 3 O₂ ve % 3-5 CO₂ kontrollü atmosfer ortamında depolanan domateslerin asitlik değerlerinin % 3 O₂ ve % 0 CO₂ ortamında depolanarlardan daha yüksek olduklarını belirtmişlerdir. Bununla beraber Hall (21) renk dönüm noktasında hasat edilerek 20°C'de depolanmış farklı domates çeşitlerindeki toplam katı maddelerdeki değişimlerin titre edilebilir asitlik değerleri üzerine etki etmediklerini belirtmektedir. Gould (18) genellikle domatesin titre edilebilir asit miktarının % 0.3-0.5 arasında değiştiğini belirtmiştir.



Şekil 4. Farklı paketlenme maddeleri ile paketlenmiş pembe olum aşamasındaki domateslerin 13°C ve 20°C'de depolanmaları sırasında titre edilebilir asitlik değerlerinde oluşan değişimler
Figure 4. The changes of titratable acidity on pink tomatoes sealed within different packaging films during storage time at 13°C and 20°C.

Ambalaj tiplerinin toplam suda çözünür kuru madde değişimlerine etkisi

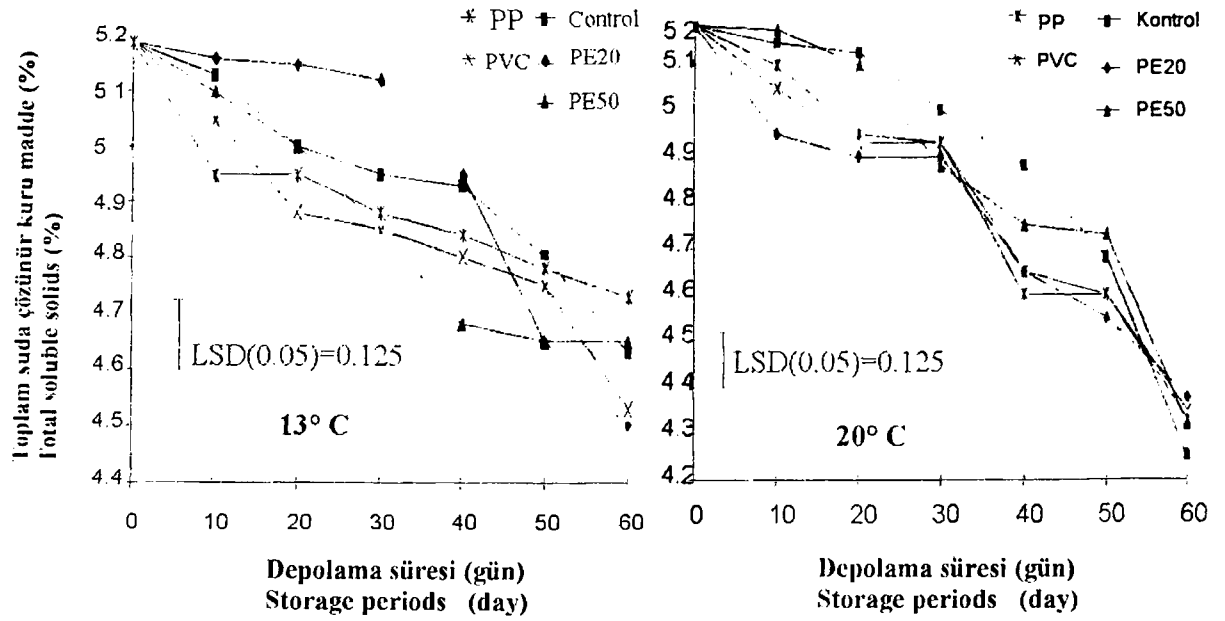
Paketlenerek veya paketlenmeden depolanmış domates örneklerinin hepsinin toplam suda çözünür kuru madde oranlarında (SÇKM) depolama süresince düzgün doğrusal bir azalmanın olduğu gözlenmiştir (Şekil 5). Depolama sıcaklığının SÇKM üzerine, depolamanın 30. gününe kadar önemli bir etkisinin olmadığı fakat 30. günden sonra 20°C'de depolanan örneklerdeki SÇKM miktarlarında, 13°C'de depolananlara göre önemli azalmalar olmuştur.

Domateslerin SÇKM'deki değişimler toplam şeker miktarı, bazı organik asit içerikleri ve bazı mineral maddelerdeki değişimler ile doğrudan ilgilidir (25). Depolama süresince depolama süresi ve sıcaklığına bağlı olarak bazı asitlik ve şeker miktarlarındaki SÇKM oranlarına etki ederek SÇKM'nin azalmasına neden olmuştur. Domateslerin olgunlaşma süresince SÇKM değerlerinde, özellikle renk donum noktası ile açık kırmızı olum arasında herhangi bir değişikliğin olmadığı (12) ve açık kırmızı

olum ile kırmızı olum aralarında ise hızlı bir azalmanın olduğu belirtilmektedir (40). Gould (18) genellikle domateslerin SÇKM oranlarının % 4-6 arasında değiştiğini belirtmiştir. Domates lezzeti genellikle şeker asit oranı ile belirlenir. Yüksek asit ve yüksek şeker en iyi lezzeti verir. Yüksek asit ve düşük şeker ekşi olup, yüksek şeker ve düşük asit ise tatsızdır (20).

Ambalaj tiplerinin bozulma üzerine etkisi

Genellikle domateslerin uygun bir paketlenme maddesi ile paketlenmesi çürümeleri önlemektedir. 13°C'de 40 gün paketlenerek depolamada hiç bir üründe bozulma veya küflenme görülmemiştir. Fakat 20°C'de ise, 40 güne kadar paketlenen domateslerde % 8 oranında çürüme veya bozulma görülmüştür. Paketlenmeyen domateslerde ise 13°C'de 40 gün 20°C'de ise 30 gün sonra bozulmaların başladığı gözlenmiştir. 60 gün depolamanın sonunda ise en az bozulmanın % 8 değeri ile 13°C ve % 16 değeri ile 20°C'de PE50 ile paketlenen domates örneklerinde gözlenmiştir. Dennis ve ark



Şekil 5. Farklı paketlenme maddeleri ile paketlenmiş pembe olum aşamasındaki domateslerin 13°C ve 20°C'de depolanmaları sırasında toplam katı madde değerlerinde oluşan değişimler.
Figure 5. The changes of total soluble solids on pink tomatoes sealed within different packaging films during storage time at 13°C and 20°C.

(10) depolama sıcaklığının azalması (13°C, 11°C ve 9°C) ile domateslerde oluşan bozulmalar arasında ters orantılı bir ilişkinin varlığını belirtmişlerdir. Parsons ve ark. (34) ise 12.8°C'de kontrollü ortamda depolanmış domateslerde oluşan bozulmaların normal oda koşullarında depolananlardan biraz daha az olduğunu belirtmiş olmalarına rağmen, Geeson ve ark. (15) paketlenerek depolanan domateslerde oluşan bozulma oranlarının paketlenmeyenlerden biraz daha fazla olduğunu bildirmektedirler. Eğer paketlenme maddesi ürünün solunum oranına uygun doğru olarak seçilebilirse bu bozulmaların daha az bir düzeye indirilebilmesi ve hatta tamamen önlenmesi mümkündür.

Sonuç olarak, paketlenerek değişik ortamda depolama sistemi ile; ürüne herhangi bir fizyolojik zarar verilmeden uygun depolama sıcaklığı ve ürünün solunum oranına uygun bir paketlenme maddesi seçilerek paket içerisindeki O₂ ve CO₂ miktarlarının arzu edilen seviyede kontrol altına alınıp ürünün solunumu kontrol edilir ve raf ömrü uzatılabilir. Pembe olum devresindeki domateslerde 50 mikron kalınlığında polietilen ve 2.5 mikron kalınlığında

poliprepilen kullanımı ile en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Domatesin 60 gün depolanmasının sonunda bile pazarlanabilir sertlik, renk, uygun tat ve koku da oldukları belirlenmiştir.

SUMMARY

MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING OF PINK TOMATOES

The aim of the study was to develop a modified atmosphere packaging system, using different packaging films, which would retard deterioration and extend the storage life and keeping quality of pink tomatoes. An experimental retail packaging system was used to compare the atmospheric composition which developed within sealed packs with a range of plastic films with different permeability properties, and to study the effects of these conditions on the changes in postharvest qualities of pink tomatoes. Tomato fruits harvested at pink stage of maturity were stored on polystyrene

trays either unwrapped or sealed within 20 and 50 μ polyethylene, 10 μ polyvinylchloride and 25 μ polypropylene, and each pack contained tomatoes which were stored at either 13°C and 78 % RH or 20°C and 54 % RH for 60 days. Tomatoes were evaluated for change of colour, firmness, weight loss, titratable acidity, total soluble solids and decay during 60 days of storage.

There was a significant difference in the rate of change in colour, and firmness, and weight loss during storage, between unwrapped and wrapped at 13°C and 20°C. All unwrapped tomatoes were overripe and soft after 30 days at 13°C and after 10-13 days at 20°C. Seal packaging delayed the development of the red colour of tomatoes, especially for those sealed in PE50 and PP, until 30 days of storage, but all fruit reached their maximum red colour after 20 to 30 days and remained at the same level for the storage duration. Pink tomatoes in the polyethylene films were still firm after 60 days in storage at either 13°C or 20°C although those in 20 μ were slightly softer than those in the other two films. Tomatoes at 20°C reached their reddest colour after 10 days when stored in 20 μ and 30 μ film and in 20 days when stored in 50 μ film. At 13°C maximum reddening occurred about 10 days later in each treatment compared to those at 20°C. Unwrapped tomatoes at 13°C reached their reddest colour after 30 days but at 20°C they reached it after 10 days.

The lowest weight loss and the highest soluble solid occurred in tomatoes sealed in PE50 and PP after 60 days of storage at both storage temperature. The lowest level of decay was with fruits within PE50. Fruits in PE20 had the highest decay levels after storage. The results of sensory scores showed that tomatoes sealed within PP had the highest average score after 60 days of storage.

LİTERATÜR KAYNAKLARI

1. Anderson, M.G and P.A. Poapst, 1983. Effect of Cultivar, Modified Atmosphere and Ripening and Decay of Mature Green Tomatoes *Can. J.Plant Sci.* 63:509-514
- 2 Anonymous, 1991. Tomatoes Guide to Cold Storage and Refrigerated Transport. Second Edition. *International Standart (ISO:5524,1991(E))*.
- 3 Anonymous, 1992. Colour Control From Feeling to Instrumentation. Minolta, Precise Colour Communication. *Hand Book . Printed by Minolta Camera Co. Ltd. Japan.*
4. Batu, A. and A.K. Thompson, 1993. Effects of Cross-head Speed and Probe Diameter on Instrumental Measurement of Tomatoes Firmness. *Proceedings of the International Conference for Agricultural Machinery and Process Engineering October 19-22. Seoul, KOREA. pp:1340-1345.*
5. _____ and _____, 1994. The Effects of Harvest Maturity, Temperature and Thickness of Modified Atmosphere Packaging Films on the Storage Life of Tomatoes. *Proceedings of the International Symposium on New Application of Refrigeration to Fruit and Vegetables Processing. June 8-10, 1994. Istanbul. Turkey. (Baskıda).*
6. Ben-Yeshoshua, S. 1985. Individual Seal-packaging of Fruit and Vegetables in Plastic Film. A New Postharvest Technique. *Hort Science.* 20(1): 32-37.
7. Buescher, R.W. and E.C. Tigchelaar. 1975. Pectinesterase, Polygalacturonase, Cx-cellulose Activities and Softening of the Rin Tomato Mutant *Hort.Sci.* 10 (6): 624-625.
8. Burton, W.G 1982. Ripening and Senescence of Fruits. *Post-harvest physiology of food crops. (Ed. W.G. Burton) Logman Group Ltd. pp:181-198.*
9. Day, B.P.F., 1993. Fruit and Vegetables. Principles and Application of Modified Atmosphere Packaging of Food. (Ed. R.T. Parry). *Blackie, Academic and Professional. UK. pp:114-133.*
10. Dennis, C., K.M. Browne and E. Adamicki. 1979. Controlled Atmosphere Storage of Tomatoes. *ActaHorticulturae.* 93:75-83
11. Efiuvwere, B.J.O. and S.N. Thorne. 1988. Development of Chilling Injury Symptoms in Storage Tomato Fruit. *J.Sci.Food Agric.* 44:215- 226.
12. Esquerra, E.B. and O.K. Bautista. 1990. Modified Atmosphere Storage and Transport of Improved Popa' Tomatoes. *A-SEAN Food Journal.* 5:27-33.

13. Floros, J.D., M.S. Chinnan and H.Y. Wetzstein. 1987. Extending the Self Life of Tomatoes by Individually Seal Packaging. *Presentation at the International Winter Meeting Of American Society of Agricultural Engineers. Hyatt Gegency, Chicaco, IL. USA*
14. Geeson, J.D., K. Maddison and K.M. Browne. 1981. Modified Atmosphere Packaging of Tomatoes. *Associated of Applied Biologist, Packaging of Horticultures Produce. A-AB/NCAE Residential Meeting. pp:8-15.*
15. _____, K.M. Browne, K. Maddison, J. Shepherd and F. Guaraldi. 1985. Modified Atmosphere Packaging to Extend the Shelf Life of Tomatoes. *Journal of Food Technology* 20; 339-349.
16. _____, 1989. Modified Atmosphere Packaging of Fruit and Vegetables. *Acta Horticulture. 258:143-150.*
17. Goodenough, P.W. ve T.H. Thomas. 1981. Biochemical Changes in Tomatoes Stored in Modified Gas Atmospheres. I. Sugars and Acids. *Ann.App.Biol.* 98:507-515
18. Gould, W.A. 1983. Composition of Tomatoes. Tomato Production and Quality. Chapter 22. Second Edition. *Avi Publishing Company, Inc. pp:344-361.*
19. Grierson, D. and G.A. Tucker, 1983. Timing of Ethylene and Polygalacturonase Synthesis in Relation to the Control of Tomato Fruit Ripening. *Planta*, 157:174-179.
20. _____, and A.A. Kader. 1986. Fruit Ripening and Quality. The Tomato Crop. (Eds. J.G. Atherton and J. Rudich). *Chapman and Hill Ltd. USA pp:241-280.*
21. Hall, C.B. 1966. Quality Changes in Fruits of Some Tomato Varieties and Lines Ripened at 68° F for Various Periods. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 79: 222-227.
22. Heing, Y.S. 1975. Storage Stability and Quality of Produce Packaged in Polymeric Films. Chapter 12. Symposium Postharvest Biology and Handling of Fruits and Vegetables. (Ed. N.F. Haard, and D.K. Salunkhe). *The AVI Publishing Company. pp:144.*
23. Hobson, G.E. and J.N. Davies. 1971. The Tomato. The Biochemistry of Fruits and Their Products. (Ed. A.C. Hulme). *Academic press. UK. pp:437-482.*
24. Hobson, G.E. 1981. The Short Term Storage of Tomato Fruits. *J.Hort Sci.* 56 (4) 363-368.
25. _____, P. Adams and T.J. Dixon. 1983. Assesing The Colour of Tomato Fruit During Ripening. *J.Sci.Food Agric.* 34: 286-292
26. _____, and D.Grierson. 1993. Tomato. Biochemistry of Fruit Ripening. (Eds. G. Seymour, J.Taylor and G. Tucker). *Chapman and Hall, Ltd UK pp:405-422.*
27. Hemer, R.C. 1987. High CO₂ Effects on Plant Organs. Postharvest Physiology of Vegetables. (Ed. J. Weichmann). *Marcel Dekker Inc. New York. pp:239-253.*
28. Kader, A.A., L.L. Morris, M.A. Stevens and M.A. Holton. 1978. Composition and Flavour Quality of Fresh Market Tomatoes as Influenced by Some Postharvest Handling Procedures *J.Amer. Soc. Hort. Sci.* 103 (1): 6-13.
29. _____, 1986. Biochemical and Physiological Basis for Effects of Controlled and Modified Atmospheres on Fruits and Vegetables. *Food Technology* 40:99-104.
30. Kaynaş, K. ve N. Sürmeli. 1994. Farklı Olgunluk Dönemlerindeki Domates Meyvelerinin Bazı Kimyasal Özellikleri ve Solunum Hızlarındaki Değişmeler. *Tr. J. of Agricultural and Forestry* 18: 71-79.
31. Morris, L.L. 1982. Chilling Injury of Horticultural Crops. An Overview. *Hort Science.* 17:161
32. Ottosson, L. and L. Wiberg. 1977. Postharvest Changes In Green Tomatoes *Lycopersicon Esculentum* L. *Acta Horticulturae* 62:267-274
33. Parry, R.T. 1993. Introduction. Principles and Application of Modified Atmosphere Packaging of Food. Blackie. *Academic and Professional. UK. pp:1-18.*
34. Parsons, C.S., R.E. Anderson and R.W. Penney. 1970. Storage of Mature Green Tomatoes in Controlled Atmospheres. *J.Amer. Soc. Hort. Sci.* 95(6): 791-796.
35. Ramana, S.V., B.L. Mohan-Kumar and K.S. Jayaraman. 1987. Extension of Stored Life of Tomatoes Under Ambient Conditions by Continuous Flashing of Storage Atmosphere. *Indian Food Packer.* 41:24-29.

36. Riquelme, F., M.T. Pretel, G. Martinez, M. Serrano, A. Amoros and F. Romajoro. 1994. Packaging of Fruits and Vegetables: Recent Results. Food Packaging and Preservation. (Ed. M. Mathlouthi). *Blackie Academic and Professional*. London. pp:141-158.
37. Risse, L.A., W.R. Miller and S. Ben-Yehoshua, 1985. Weight Loss, Firmness, Colour and Decay Development of Individual Film Wrapped Tomatoes. *Tropical Science*. 25: 117-121.
38. _____, 1989. Individual Film Wrapping of Florida Fresh Fruit and Vegetables. *Acta Horticulturae*. 258: 263-270.
39. Salunkhe, D.K. and M.T. Wu. 1973. Effects of Low Oxygen Atmosphere Storage on Ripening Associated Biochemical Changes of Tomato Fruit. *J.Amer. Soc. Hort. Sci.* 98(1): 12-14.
40. Saijo, R.M. Nagata and G. Ishii. 1989. Changes in Chemical Components of Tomatoes During CA Storage *International CA Research Conference. Fifth Proceeding. June 14-16. Wenatchee, Washington. USA. pp:151-159.*
41. Shewfelt, R.L. 1986. Postharvest Treatment For Extending The Shelf Life of Fruits and Vegetables. *Food Technology* pp:70-80.
42. Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1987. Principle and Procedures of Statistics. *A Biometrical Approach. Second Edition. McGraw Hill Book Company.*
43. Thorne, S. and J. S. S. Alvarez. 1982. The Effect of Irregular Storage Temperatures on Firmness and Surface Colour in Tomatoes. *Journal Science Food Agriculture*. 33:671-676.
44. Yang, C.C., P. Brennan, M.S. Chinnan and R.L. Shewfelt. 1987. Characterisation of Tomatoes Ripening Process As Influenced by Individual Seal-Packaging and Temperature. *Journal of Food Quality* 10: 21-33.
45. _____ and M.S. Chinnan, 1988. Modelling the Effect of Oxygen and Carbondioxide on Respiration and Quality of Stored Tomatoes. *Amer. Soc. of Agric. Eng.* 31; 920-925.