

SICAKLIK VE MODİFİYE ATMOSFER KOŞULLARINDA DEPOLAMANIN DOMATESİN OLGUNLAŞMASI VE SOĞUK ZARARLANMASI ÜZERİNE ETKİLERİ¹

Ali BATU²

ÖZET

Bu araştırmada; yeşil olum döneminde hasat edilen domatesler farklı paketlenme maddeleriyle hava sızdırmaz bir şekilde paketlenerek 5, 10 ve 15°C de 21 gün depolanmıştır. Böylece değişik sıcaklık ve gaz bileşiminin domatestede oluşan soğuk zararlanması üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Paketlenme maddesi olarak 30 (PE30) ve 50 (PE50) mikron (μ) kalınlığındaki polietilen ile 25 μ kalınlığındaki polipropilen (PP) kullanılmıştır. Domatesler 21 gün paketlenerek depolandıktan sonra paketler açılıp 2 hafta daha 20°C de açık havada tutularak olgunlaşmaya bırakılmıştır. 21 gün depolama sonunda ve bundan sonraki iki haftalık olgunlaşma süresince renk, meyve sertliği ve titre edilebilir toplam asitlik değerlerinde oluşan değişimler ile çürüme miktarları incelenmiştir.

Domates meyvesinde renk oluşumu üzerine sıcaklık ve ortamda bulunan gaz atmosferinin bileşimi oldukça etkili olmuştur. Özellikle düşük sıcaklıkta domatesde kırmızı renk oluşumu düşük O₂ ve yüksek CO₂ konsantrasyonlarında oldukça gecikmiştir. 5 ve 10°C de depolanan domateslerde soğuk zararlanması olduğundan bu domateslerin meyve eti sertliğinin azaldığı belirlenmiştir. Titre edilebilir asitlik miktarı depolama süresince düşüş göstermesine rağmen, PE50 ile paketlenmiş olan ürünlerin asitlik değerleri 5°C de diğerlerinden kısmen yüksek çıkmıştır. Fakat 10 ve 15°C de bunun tam tersi gerçekleşmiştir.

GİRİŞ

Gıdaların özellikle taze ürünlerin pazarlanıp tüketilebilmesi açısından en önemli faktörlerden birisi kalitedir. Taze domatesin kalitesi görünüşü, rengi, sertliği ve aroması ile belirlenmektedir (26). Domates kalitesi hasattan sonra da sürekli değişmektedir. Bu süre içerisinde depola-

ma sıcaklığı, depolama atmosferinin gaz bileşimi ve hasat olgunluğuna bağlı olarak meyve sertliği hızlı bir şekilde azalmaktadır. Bu durum kalitenin azalmasına, raf ömrünün kısılmasına ve dolayısıyla da ürün kaybına neden olmaktadır (14). Depolama sıcaklığı ve ortamın gaz bileşiminin, ürünün bozulma hızı üzerine olan etkileri uzun yıllardan beri araştırılmıştır. Bu a-

¹ Yayın Kuruluna geliş tarihi: Aralık 1996

² Yrd. Doç. Dr., Gazi Osman Paşa Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü TOKAT

raştırmaların sonucunda ise depolama sıcaklığının düşmesi veya ortamdaki CO₂ konsantrasyonunun artması sonucunda raf ömrünün uzadığı belirtilmiştir (14, 17). Domates meyvesi düşük sıcaklıklarda soğuk zararlanmasına oldukça duyarlı bir meyve olup (20) bu meyvenin soğuk zararlanmasına maruz kalmaması için uygulanması gereken en düşük depolama sıcaklığı farklı araştırmacılar tarafından belirlenmiş olup yeşil olum döneminde hasadı yapılarak depolan domates meyveleri için 12.8°C dir (17, 24). Bu en düşük sıcaklık derecesinin altındaki herhangi bir sıcaklıkta domatesin depolanması durumunda meyvede; "soğuk zararlanması" olarak adlandırılan ve geri dönüşü olmayan fizyolojik bozulmalar görülebilmektedir. Bu bozulmaların oluşmasında depolama süresi de oldukça önemli olup birkaç gün gibi kısa süreli depolamalarda böyle bir bozulma pek görülmemekle birlikte depolama süresinin artmasıyla iyice belirgin hale gelmektedir.

Soğutma yöntemine ek olarak domatesin "değişik gaz ortamlarında" depolanması sonucunda uygun depolama sıcaklığı kullanılarak solunum oranının yavaşlatılması ile raf ömrü uzatılabilmektedir. Bu teknik geleneksel soğuk hava depolamacılığına bir alternatif olarak kullanılmaktadır (4). Ortamda bulunan temel O₂, CO₂ ve N₂ gazlarının miktarları ürünün solunum oranına uygun bir şekilde değiştirilerek kontrol altına alınıp yapay bir depolama ortamı oluşturulabilmektedir. Bu teknik sayesinde solunum hızı yavaşlatılarak meyvenin olgunlaşması ve dolayısıyla yumuşaması geciktirilmektedir. Ayrıca, bu teknik, domates gibi soğuk zararlanmasına duyarlı sebzelerin depolanmasında kullanılmakta olup (13) faydalı ve kullanışlı bir depolama ortamı düşük bir maliyetle gerçekleştirilebilir (11). Soğuk zararlanması, düşük sıcaklığa duyarlı dokuların bu sıcaklığa maruz bırakılması sonunda dokuda oluşan fizyolojik bozulmalar olup bu bozulmaların sonucunda glikolitik reaksiyonlar ile trikarboksilik asit çemberindeki enzimler arasındaki denge bozulmakta ve bunun sonucunda toksik bir birikim olan etanol ve asetaldehit gibi maddelerin oluşmaktadır (20). Domateste soğuk zararlanmasının en önemli belirtileri meyve yüzeyinde oluşan lekelenmeler ile koyu renkli çukurcukların oluşması, fungal enfeksiyonların artması,

genellikle yeşil ürünlerin olgunlaşmasının durması (10), buruşmanın hızlanması ve çürümeye duyarlılığın artması (17) şeklinde ortaya çıkmaktadır. Olgunlaşmış domates meyveleri belirli bir süre soğuk derecelerine maruz bırakıldıkları zaman hücre yapılarında değişiklikler olur. Kloroplastın, kromoplastlara dönüşümü engellenir, mitokondria şişer ve daha saydam bir renk alır (10). Ayrıca domateslerin bulundukları ortamda dayanabilecekleri belirli bir en yüksek CO₂ ile en düşük O₂ konsantrasyonu vardır. Bu CO₂ konsantrasyonu için yaklaşık % 10 civarında olup bu seviyenin üzerine çıkılması durumunda ürün olumsuz yönde etkilenmektedir. Üründe anerobik solunuma neden olarak fizyolojik bozulmaları hızlandıracak olan en düşük O₂ konsantrasyonu ise % 2 civarındadır (11, 13). Bu olumsuz etkiler doğal olarak depolama süresi ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Ayrıca, CO₂ konsantrasyonunun % 20'nin üzerine çıkması durumunda oksijenli solunumun bitmesine ve oksijensiz solunumun başlamasına neden olmaktadır (16). Domatesin soğuk ve CO₂ zararlanmasına karşı duyarlılığı konusunda çeşit faktörü de çok önemlidir. Bunun için bu araştırma, son yıllarda serin iklime sahip bölgelerdeki seralarda üretilen "Criterium" çeşidi domatesin depolanması sırasında soğuğa karşı duyarlılıklarının saptanması ve ayrıca yüksek CO₂ ve düşük O₂'nin etkilerinin araştırılması amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada "Criterium" çeşidi ve çapları 50-55 mm olan Silsoe Araştırma Enstitüsü'nün (Bedfordshire, İngiltere) cam serasından sağlanan yeşil olum döneminde hasat edilen domatesler kullanılmıştır.

Metot

Uygun çap ve renk seçimi yapıp fiziksel hasarlı olan domatesler ayrıldıktan sonra fungal yükünün azaltılabilmesi veya yok edilebilmesi için 1-2 dakika 100 ppm thiabendazole çözeltisine batırılmıştır. Bu domatesler daha sonra iki

gruba ayrılmıştır. Birinci grup kontrol amacı ile paketlenmeden, diğer gruptan ise altışar adet (500 ± 25 g) domates küçük tepsi şeklindeki polistrenler üzerine konarak Courtaulds Packaging (Hamfield Way, Bristol, B514 0BE İngiltere) firmasından sağlanmış olan 30 (PE30) ve 50 (PE50) mikron kalınlıklarındaki polietilen'ler ile aynı firmadan sağlanmış olan 25 mikron kalınlığındaki polipropilen (PP) içerisine hava sızdırmaz bir şekilde paketlenmişlerdir. Daha sonra bu paketler ayrı ayrı 5°C, 10°C ve 15°C de 21 gün süreyle depolanmıştır. Bu süre sonunda paketler açılarak iki hafta daha 20°C de % 65-70 oransal nemde olgunlaşmaları için bırakılmıştır. İlk 21 gün sırasında üç plastikte üç farklı sıcaklık ortamında depolanan plastik paketlerin iç yüzeylerinde kısmen de olsa yoğunlaşmaların olduğu gözlenmiştir. 21 gün sonunda olgunlaşma süresinin birinci ve ikinci haftası sonunda her bir muameleden ayrı ayrı örnekler alınarak renk, meyve sertliği ve titre edilebilir toplam asitlik değerlerindeki değişimler incelenmiştir.

Analiz yöntemleri

Renk değerleri CR 200 model Minolta renk ölçüm aleti ile tespit edilmiştir. Domateslerin ekvatorial çapı etrafından rastgele farklı üç noktadan ölçümler yapılarak Hobson ve ark.,'na (19) 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.

Meyvede sertlik, Batu ve Thompson'a (2) göre 1122 model Universal Instron test cihazına delgi kuvveti olarak 1 N sabit bir ağırlık ilave edilerek yuvarlak 6 mm çapındaki paslanmaz çelikten yapılmış düz uçlu 'delgi ucu'nun kullanımı ile elde edilmiştir. Burada yazıcı kağıt hareket hızı saniyede 50 mm olup delgi ucunun yaklaşım hızları saniyede 1 mm olarak ayarlanmıştır. Sertlik değeri; deformasyon olarak 1 N sıkıştırma gücü tarafından oluşturulan yazıcı kağıdındaki sapma olarak belirlenmiştir (12).

Titre edilebilir toplam asitlik miktarı ise domates suyunun pH=8.1'e ulaşınca kadar 0.1 N NaOH ile titre edilmesiyle elde edilerek sitrik asit cinsinden yüzde olarak değerlendirilmiştir (1).

Gaz konsantrasyonları ise; 21 gün depolama sonunda paketler açılmadan önce her ayrı muameleye ait paketlerden 10 ml gaz örnekleri alınarak Carlo Erba Instrument firmasınca üretilmiş GC 800 series model gaz kromografisine "hot wire" dedektörünün bağlanması ile ölçülmüştür. Taşıyıcı gaz (argon)'ın akış hızı saniyede 40 ml, dedektör ve fırın sıcaklıkları sırası ile 120°C ve 70°C'dir (1).

İstatistiksel analizler ise, Steal ve Torrie'ye (30)' göre varyans analizi sonucunda muamele, depolama sıcaklığı ve depolama süresi etkileşimini bakımından ortalamaların karşılaştırılması suretiyle LSD testi yapılarak gerçekleştirilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Paket içi gaz bileşimleri

Paketlenen ürünün solunumu ve paketlenme maddesinin gaz geçirgenlikleri arasında bir denge oluşuncaya kadar, paket içi O₂ miktarları normal havada bulunan O₂ miktarından azalmış ve CO₂ miktarları ise artmıştır (Cetvel 1). Gaz etkileşimleri sonucunda paket içi gaz bileşimleri denge durumlarına ulaştığında PP ve PE30 filmi kullanılan paketlerin paket içi O₂ konsantrasyonları daha yüksek olurken PE50 filmi kullanılan paketlerin ise düşük O₂ içerdikleri belirlenmiştir. Paket içi denge CO₂ konsantrasyonu en düşük PE30 filmi kullanılan paketlerde olurken PE50 ile paketlenenlerde ise en yüksek olmuştur. PP ve PE30 filminin kullanımıyla paketlenen domateslerin O₂ geçirgenliği PE50 den daha fazla olduğundan (1) paket içi dengelenmiş O₂ içerikleri de PE50'ninkinden daha fazladır. Aynı film ile paketlenerek 10 ve 15°C de depolanan paketlerin denge O₂ veya CO₂ içeriklerinde belirgin farklılık gözlenmemiştir.

Cetvel 1. 5, 10 ve 15°C de farklı filmler ile paketlenmiş domates paketlerinin içerisinde oluşan denge O₂ ve CO₂ konsantrasyonları.

Table 1. Equilibrium concentration of O₂ and CO₂ in the tomato packages sealed with various packaging material and stored at 5, 10 and 15°C.

Paketleme maddesi Packaging material	Denge konsantrasyonu / Equilibrium concentration (%)					
	O ₂			CO ₂		
	5°C	10°C	15°C	5°C	10°C	15°C
PP	16.0-17.0	15.5-16.6	14.1-15.2	5.1-5.4	4.8-5.3	6.5-7.2
PE30	5.5-6.0	8.3-8.8	8.5-9.2	3.2-3.6	2.9-3.4	2.8-3.3
PE50	1.8-2.4	1.9-2.4	1.4-1.7	5.0-5.6	7.0-7.5	7.7-8.4

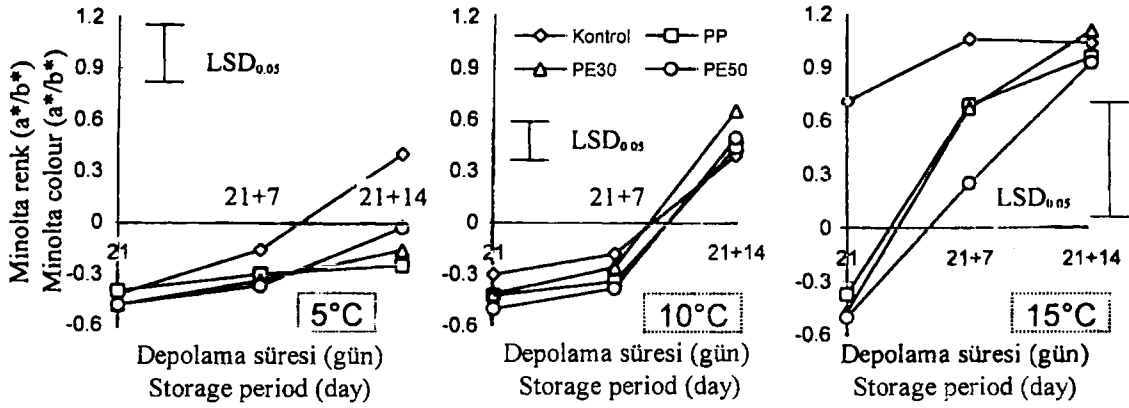
Normal koşullarda ortam sıcaklığının artması sonucunda doğal olarak taze ürünün solunum hızı da artmakta ve bunun sonucunda paket içi denge O₂ konsantrasyonunun azalması ve CO₂ konsantrasyonunun artması beklenmektedir (9). Fakat sıcaklık artışı sonucunda ne paket içi O₂ miktarı azalmış ve ne de CO₂ miktarı artmıştır. Bu duruma ortam sıcaklığının artması sonucu plastik filmin gaz geçirgenlik oranının da artması neden olmuştur (24). 5°C de tutulan paketlerde oluşan denge O₂ miktarı 10 ve 15°C de tutulana kadar daha fazla olurken CO₂ miktarları da diğerlerinden daha düşüktür. Bu duruma soğuk zararlanmasına uğramış domateslerin solunum hızının yavaşlamasının neden olabileceği belirtilmiştir (8).

Sıcaklık ve paketlemenin renk üzerine etkisi

Domatesin renk ölçümü sırasında Minolta a* kırmızılık (-a* yeşillik) ve b* sarılık (-b* mavilik) değerlerini belirler. Genel olarak domatesdeki renk değişimi Minolta a* değerinin b* değerine bölünmesi (a*/b*) şeklinde tanımlanmaktadır (19). Domateste yeşil renk klorofil, sarı renk β-karoten ve kırmızı renk ise likopen pigmentlerince oluşturulmaktadır. Dolayısıyla bu renklerin oluşumu bu pigmentlerin meyvede bulunan niceliklerine bağlıdır (18). Minolta a*/b* değerlerindeki artış olgunlaşmanın en önemli göstergelerinden birisi olan domatesin kırmızılık değerlerindeki artışı göstermektedir. Depolamanın yirmibirinci gününe kadar her üç paketleme maddesiyle paketlenerek farklı depolama sıcaklıklarında depolanan domateslerin renklerinde belirgin bir değişikliğin olmadığı gözlenmiştir. Ayrıca, domates

renginde oluşan gelişme depolama süre ve sıcaklığından etkilenmiştir. Buna düşük sıcaklıkta meyvenin solunum hızının azalması neden olup bunun sonucunda da meyvenin olgunlaşması da yavaşlamaktadır (10). Bunun yanında olgunlaşmanın ilk yedi günü içinde 5 ve 10°C de 21 gün paketlenerek depolanan domatesler ile paketlenmeden depolananların renkleri arasında belirgin bir farklılık oluşmamıştır (Şekil 1). Fakat olgunlaşmanın ikinci haftası sonunda paketlenen domateslerin renklerinde hiç bir değişim olmazken paketlenmeyenlerin renkleri paketlenenlerden belirgin (P=0.05) bir şekilde daha kırmızı olmuştur. Bu duruma, ürünün soğuk zararlanma sınırının altında uzun süre, düşük O₂ veya yüksek CO₂ ortamında tutulması sonucunda meyvede β-karoten ve likopen oluşumunun kısmen önlenmesi sebep olmuştur. Fakat 15°C de paketlenmeden depolanan domateslerin 21 gün içerisinde açık kırmızı renge ulaştığı, ve böylece kırmızı renk değerinin paketlenenlerden önemli (P=0.05) derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Soğuk zararlanmasına uğramış domateslerin olgunlaşmasında görülen bozulmaların hücre yapılarında oluşan mikro düzeydeki bozulmalardan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (10).

5°C de 21 gün paket içinde depolanan domateslerin renklerinde 14 günlük olgunlaşma süresince belirgin bir farklılık oluşmazken ilk 21 gün 10°C de depolananlarda ise olgunlaşma süresinin yedinci ve ondördüncü günleri arasında belirgin bir farklılığın (P=0.05) olduğu gözlenmiştir. 21 gün paketlenerek 15°C de depolanan domateslerde ise bu farklılık olgunlaşmanın birinci haftası içinde gerçekleşmiştir.



Şekil 1. Yeşil olum döneminde hasadı yapılarak 5, 10 ve 15°C de 21 gün farklı plastikler ile paketlenerek depolandıktan sonra 20°C, iki hafta, olgunlaşma süresince domateslerin Minolta renk (a*/b*) değerlerinde oluşan değişimler. [Minolta a*/b* değerleri: yeşil olum: -0.62-(-0.49), Renk kırımı:-0.48-(-0.27), Renk dönümü:-0.25-(0.06), Pembe olum: 0.08-0.57, Açık kırmızı olum: 0.61-0.95, Kırmızı olum: 0.95-1.22. (3) 21+7:21 gün paket içinde ve 7 gün 20°C de açıkta; 21+14:paket içinde ve 14 gün 20°C de açıkta].

Figure 1. Changes of Minolta colour (a*/b*) values of mature green tomatoes during two weeks ripening time at 20°C after storage at 5, 10 and 15°C for 21 days by sealing within various packaging films. [Minolta a*/b* values: Mature Green:-0.62-(-0.49), Breaker:-0.47-(-0.27), Turning:-0.25-(0.06), Pink:0.08-0.57, Light Red:0.61-0.95, Red:0.95-1.22 (3). 21+7: 21 days in MA and 7 days in air at 20°C and 21+14:21 days in MA and 14 days in air at 20°C].

Yani paketlerin açılarak 20°C de bir hafta bırakılmasıyla özellikle PP ve PE30 ile paketlenen domates meyveleri arzu edilir bir kırmızı renge ulaşmıştır. Domatesin olgunlaşması sırasında klorofil maddeleri parçalanmakta ve olgunlaşmanın ilk dönemlerinde β -karoten ve ileri dönemlerinde ise likopen miktarlarında yoğun bir artış olmaktadır (15). Düşük O₂ ortamında likopen oluşumu en düşük düzeye inerken düşük sıcaklık ortamında ise meyvenin solunum hızı yavaşladığından klorofil maddelerinin parçalanması da en düşük düzeye inmiş olabilir (20).

Paket içinde bulunan CO₂ miktarındaki artış ve O₂ miktarındaki azalma özellikle yeşil olum dönemindeki domates meyvelerinin olgunlaşma süresinin geciktirilmesi bakımından çok etkili ve önemlidir. Bu çalışmada paketlenme işlemiyle meyvenin olgunlaşma süresinin geciktirilmesi sağlanmıştır. Ayrıca 5°C'de depolanan domateslerin renklerinde lekelenmeler ve çukurcukların olduğu gözlenmiştir. 10°C'de paket içinde 21 gün depolanan domatesler paket açıldıktan sonra 20°C de bir hafta tutulmasıyla olgunlaşırken paket içinde 5°C de 21 gün de-

polanan domateslerde paket açıldıktan sonra aynı durum gözlenmemiştir. Soğuk zararlanmasının şiddeti depo sıcaklığına bağımlı olarak değişmekle birlikte üründe oluşan zararlanma üzerine düşük sıcaklığın yanında yüksek CO₂ ve düşük O₂ miktarları da oldukça etkili olmuştur. Örneğin yüksek CO₂ ve düşük O₂ içeren ortamlardaki domateslerin düşük sıcaklıkta tutulmalarıyla zararlanma derecesinin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca soğuk zararlanmasının üzerindeki sıcaklıkta (15°C) PE50 filmiyle paketlenerek depolanan domateslerin rengi PP ve PE30 ile paketlenen domateslerin renginden daha yeşil oldukları belirlenmiştir. Buna PE50 paketinin içermiş olduğu denge O₂ konsantrasyonunun % 2 gibi çok düşük düzeyde olması neden olabilecektir (Cetvel 1).

Domatesin kırmızılık renk pigmentini likopen oluşturur. Bunun miktarı domatesin olgunlaşma süresince artmakta olup domates meyvesinde likopen oluşumu depolama ortamında bulunan O₂ miktarıyla yakından ilişkilidir (24). Ortamda bulunan O₂ miktarının azalması ile likopen miktarının oluşum hızı da azalmaktadır (28). Herner (16) % 7 O₂ ve % 3

CO₂ ortamında depolanan domateslerin renklerinin normal ortamda depolananlara göre daha geç kırmızı oluma ulaştıklarını belirtmiştir. Yang ve ark. (31) ise domatesta likopen niceliğinin, olgunlaşmanın ileri aşamalarında belirgin bir şekilde arttığını ve % 1 O₂ + % 99 N₂ ortamında likopen oluşumunun 50 gün depolama süresince tamamen durduğunu belirtmektedir.

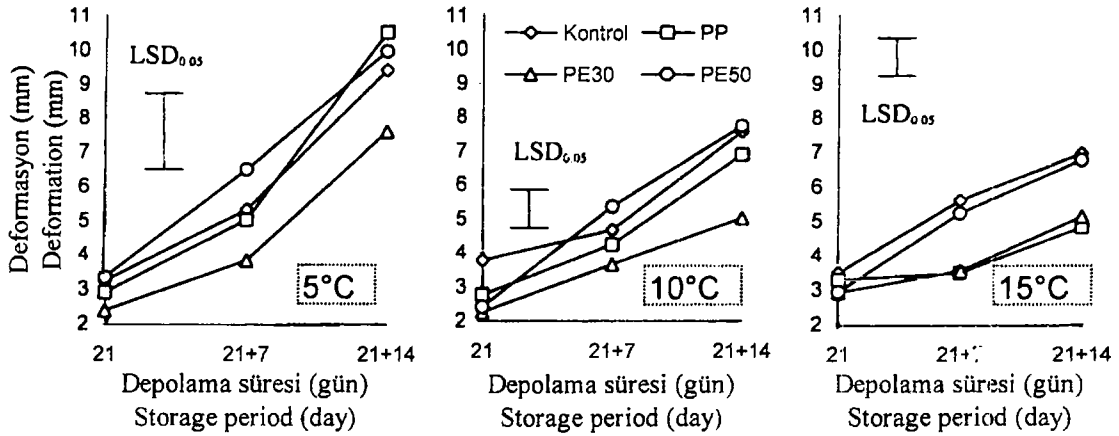
Sıcaklık ve paketlemenin sertlik üzerine etkisi

Meyve yumuşaması olarak tanımlanan meyve eti sertliği azalması tüm muamelelerde depolama süresi ilerledikçe daha belirgin hale gelmiştir (Şekil 2). Paketlenerek 21 gün 5, 10 ve 15°C'de depolanan domates meyvelerinin sertlikleri arasında belirgin bir farklılık oluşmazken bu ürünler 20°C de olgunlaşmaya bıraktıkları sürede muameleler arasında bazı farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Örneğin 5 ve 10°C de PE30 filmi ile paketlenen domatesler diğerlerinden daha sert olurken muameleler arasında PE50 ile paketlenenlerin ise çok yumuşak oldukları belirlenmiştir. Bu duruma PE50 ile paketlenen paketin denge O₂ konsantrasyonunun % 2 gibi bu denli düşük düzeyde olmasının neden olabileceği düşünülebilir. Çünkü araştırmacıların büyük bir çoğunluğu depolama ortamının O₂ konsantrasyonunun % 2 ve altına düşmesi durumunda göz ile farkedilmese bile ürünün fizyolojik bozulmaya uğrayabileceği ve dolayısıyla tekstürel yapısının bozularak yumuşayacağını belirtmiştir (16). Kontrol olarak depolanan ve ayrıca PP ile paketlenenlerin denge O₂ konsantrasyonları da % 16-17 ve üzerinde olduğundan dolayı bu paketlerin domatesin yumuşamasını engelleyici özelliği PE30 dan daha az olmuştur. Çünkü ürünün olgunlaşmasının geciktirilebilmesi ve dolayısıyla sertlik kaybının önemli derecede önlenmesi için O₂ konsantrasyonunun % 10 düzeyinin altına inmesi gerektiği belirtilmektedir (16).

Meyve sertliğindeki azalma; poligalacturonos enzim aktivitesinin artması sonucu pektin bileşiklerinde oluşan değişimler ile ilgili olup, meyve olgunluğu ilerledikçe toplam pektin miktarının azalması sonucunda meyve yumuşamaktadır (22). Bucher ve Tigchelaar (6) do-

mates olgunlaşırken pembe oluma kadar pektinesteraz (PE) aktivitesinin arttığını ve ayrıca poligalaktronaz (PG) aktivitesinin yeşil olgunluktan sonra sürekli artış gösterdiğini, ancak kırmızı oluma geçişte artış hızının azaldığını belirtmiştir. Yeşil olum döneminde hasadı yapılan domatesler olgunlaşırken PG aktivitelerinin sürekli arttığı (20), böylece pektinik maddelerin pektinik asit ve suda eriyebilen pektin formuna dönüşmesi, hücre duvarları arasındaki bağın zayıflamasına ve dolayısı ile meyvenin yumuşamasına neden olmaktadır (7, 15). Burton (7) domatesin yeşil olum döneminden kırmızı oluma geçişine kadar PE aktivitesinin % 30'dan % 500'e kadar değiştiğini belirtmektedir. PG enzim sentezi ise sadece etilenin tepkimesi sonucu oluşur (15). Böylece domatesin olgunlaşması sırasında CO₂ konsantrasyonunun artışı etilen üretimini önlediğinden domatesin yumuşamasın da yavaşlatmıştır (21). Risse ve ark (27) paketlenme sonucu domateslerin raf ömürlerinin daha uzun ve bıçak ile kesilebilme oranlarının daha yüksek olduğunu bildirmektedirler. Araştırmamızda, 15°C paketlenerek depolanmış domateslerin hepsinin 35 gün depolama sonunda meyve sertliği bakımından pazarlanabilir oldukları belirlenmiştir. Çünkü % 3 ve üzerindeki konsantrasyonlarda CO₂ içeren ortamda ürünün etilen üretimi yapabilmesi ya tamamen önlenmekte ya da en düşük düzeyde inmektedir (21).

Farklı sıcaklık ve atmosfer ortamlarında 21 gün depolanan domateslerin sertlik değerleri yaklaşık aynı iken (Şekil 2) ilerleyen olgunlaşma süresinde 5°C de depolanan domatesler diğerlerinden belirgin bir şekilde yumuşamışlardır. 15°C de depolananların ise 5 ve 10°C'de depolananlardan daha sert olup ve bu sertlik değerinin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu belirlenmiştir. 15°C de depolanan domates meyvelerinde herhangi bir soğuk zararlanması belirtisi gözlenmezken 10°C'de depolananlarda kısmen ve 5°C'de depolanan meyvelerin büyük bir çoğunluğu soğuk zararlanmasına uğramıştır. Bundan dolayı bu domateslerde homojen bir renk oluşmayarak meyve yüzeyinde bölgesel çökelmeler ve su birikintilerine sahip bölgelerin olduğu gözlenmiştir. Buna neden olarak domatesler 5°C'de 21 gün depolanırken meyve



Şekil 2. Yeşil olum döneminde hasadı yapıp 5, 10 ve 15°C de 21 gün farklı plastikler ile paketlenerek depolandıktan sonra 20°C de olgunlaşma süresince domateslerin sertlik (deformasyon) değerlerinde oluşan değişimler.

Figure 2. Changes of fruit firmness (deformation) of mature green tomatoes during two weeks ripening time at 20°C after storage at 5, 10 and 15°C for 21 days by sealing within various packaging films.

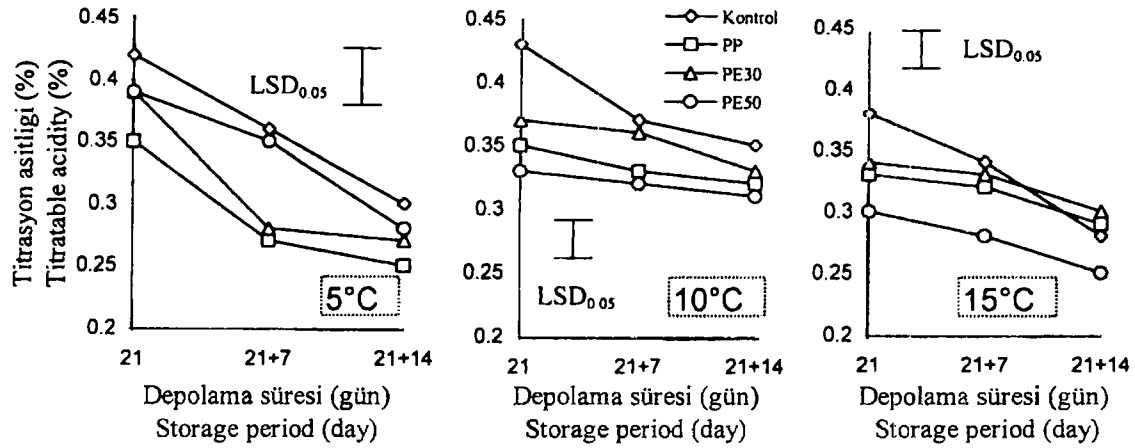
hücrelerinde oluşan bozulmaların ilerleyen süre içinde iyice belirginleştiği ve dolayısıyla meyve tekstürünün yumuşamasına neden olabileceği belirtilmiştir (10). Ayrıca soğuk zararlanmasına uğramış domateslerin hücre duvarlarının bir kısmının bozulduğu ve bu bozulmaların zamanla arttığı belirtilmiştir. Meyve etindeki yumuşaklığın artması meyvenin soğuk zararlanmasına uğraması ve dolayısıyla hücre duvarlarındaki bozulmaların artması sonucunda meyvenin fungal yükünün de artmasından kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir (10; 17).

Sıcaklık ve paketlenmenin asitlik üzerine etkisi

Depolama sıcaklığına bakılmaksızın olgunlaşma ilerledikçe domateslerin hepsinin toplam asitlik değerleri azalmıştır (Şekil 3). 21 gün paketlenerek 10°C ve 15°C de depolanan domateslerin asit içerikleri iki hafta olgunlaşma süresince paket içinde bulunan denge CO₂ miktarıyla ters orantılı olarak değişerek CO₂ konsantrasyonu yüksek olan ortamdaki domateslerin asit içerikleri daha az olmuştur. 5°C de farklı paketlenme maddeleriyle 21 gün paketlenerek depolanan domateslerin asit içerikleri arasında bir farklılık olmazken bu domateslerin 20°C de özellikle ilk 21 gün PP ve PE30 ile paketlenen

ten sonra olgunlaşmaya bırakılan domateslerin titrasyon asitliği PE50 içinde ve kontrol olarak depolanan domateslerin titrasyon asitliklerinden daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni ise PP filminin daha fazla O₂ geçirgenliğine sahip olması (Cetvel 1) ve dolayısıyla PP paketlerinin denge O₂ konsantrasyonlarının oldukça yüksek olmasındandır. Paketlenmeyerek açıkta depolananların asit içeriklerinin paketlenenlerden kısmen daha fazla olduğu belirlenmiştir.

21 gün 5°C de paketlenerek depolanmış olan domateslerin bu süre sonunda içermiş oldukları asit miktarının 10 ve 15°C de depolanan domateslerin asit içeriklerinden kısmen de olsa yüksek oldukları belirlenmiştir. Buna 5°C de depolanan domateslerin soğuk zararlanmasına uğramış olmaları neden olabilecektir (10, 17). Daha önce yapılan araştırmalarda titrasyon asitliğinin meyvenin olgunluk derecesi ve çeşitlere göre % 0.35-0.54 oranında farklılıkların saptandığı belirtilerek, kimi domates çeşitlerinde olgunluk ilerledikçe titrasyon asitliğinin arttığı ve kimi çeşitlerde ise azaldığı belirtilmiştir (23). Parsons ve ark., (6) 12.8°C, de % 3 O₂ ve % 3-5 CO₂ ortamında depolanan domateslerin asit içeriklerinin % 3 O₂ ve % 0 CO₂ ortamında depolananlardan daha yüksek olduklarını belirtmişlerdir.



Şekil 3. Yeşil olum döneminde hasadı yapıp 5, 10 ve 15°C de 21 gün farklı plastikler ile paketlenerek depolandıktan sonra 20°C de olgunlaşma süresince domateslerin asitlik değerlerinde oluşan değişimler.

Figure 3. Changes of the fruit acidity values of mature green tomatoes during two weeks ripening time at 20°C after storage at 5, 10 and 15°C for 21 days by sealing within various packaging films.

Olgunlaşma öncesi soğuk zararlanmasına uğramış domateslerin olgunlaşma süresinde içermiş oldukları asit miktarı olgunlaşma süresince artarak soğuk zararlanmasına uğrama yanlardan daha yüksek bir düzeye gelmiştir (26). Ayrıca Crooks ve Grierson (8) ise soğuk zararlanmasına uğramış meyvelerin olgunlaşmaları sırasında meyvenin titrasyon asitliğinin azaldığını belirlemiştir. 7°C'de depolanan domates meyvelerinin titrasyon asitliğinin depolamanın dokuzuncu gününe kadar artarken bu günden sonra tekrar azalmaya başladığı, 19°C de depolanan domateslerin asit içeriklerinin ise depolamanın üçüncü gününden sonra azalmaya başladığı belirtilmiştir (5).

Bozulma üzerine etkisi

Genellikle domateslerin uygun bir paketlenme maddesi ile paketlenmesi sonucunda çürüme azaltılabilir veya belirli bir güne kadar önlenir. Muameleler arasında çürüme veya bozulma bakımından belirgin bir farklılık vardır. Bu durum özellikle PE50 içinde 21 gün depolanan domatesler 28 gün sonra daha belirgin hale gelmiştir. Daha fazla "alterneria çürümesi", "mavi küf çürümesi" ile bölgesel su birikmesi şeklinde olan "su çürüğü" de denen "yumuşak sızıntı" (cottany leak) oluşmuş ve depolamanın

ileri dönemlerinde ciddi bir problem halini almışlardır (Cetvel 2). "Cottany leak" zararlanmasının domates paketleri içerisinde, solunumun bir sonucu olarak oluşan su yoğunlaşmasından ileri gelebileceği bildirilmiştir (29). Parsons ve ark. (25) ise 12.8°C de kontrollü ortamda depolanmış domateslerde oluşan bozulmaların normal oda koşullarında depolanılardan daha düşük seviyede gerçekleştiğini belirtmiştir. Geeson ve ark. (14) paketlenerek depolanan domateslerde oluşan bozulma oranlarının paketlenmeyenlere göre biraz daha yüksek olduğunu belirtmektedirler. Eğer paketlenme maddesi ürünün solunum oranına uygun olarak seçilebilirse bu bozulmaların daha az bir düzeye indirilebilmesi ve hatta tamamen önlenmesi mümkün olacaktır. Soğuk zararlanmasına uğramış domateslerin fungal yüklerinin arttığı ve bunun sonucunda da domateslerin çürümesine ürün ve dolayısıyla ürün kaybına neden olduğu belirtilmiştir. Alterneria ve mavi küf çürümelelerinin ise özellikle meyvenin soğuk zararlanmasına maruz kalması ve hücre duvarlarında oluşan zayıflama sonucu ortaya çıkabileceği belirtilmiştir (21, 28). Depolama sıcaklığının azalması (13°C, 11°C ve 9°C) ile domateslerde oluşan bozulmalar arasında ters orantılı bir ilişkinin olduğu belirtilmiştir (10, 17). Domatesin depolanmasında 13°C'nin en uygun ve

Cetvel 2. Criterium çeşidi yeşil olum döneminde hasadı yapıp farklı paketlenme maddeleri içerisinde 5°C, 10°C ve 15°C de depolanan domateslerde depolama süresince oluşan bozulma miktarları (%) ve paketlerin su buharı geçirgenlik oranı.

Table 2. The amounts of decayed tomatoes during storage at various storage temperature by sealing various packaging films or nonsealing and the ratio of water vapour transmission rate of the films

Depolama süresi (gün) Storage period (day)	Kontrol			PP			PE30			PE50		
	Depolama sıcaklığı Storage temperature (°C)			Depolama sıcaklığı Storage temperature (°C)			Depolama sıcaklığı Storage temperature (°C)			Depolama sıcaklığı Storage temperature (°C)		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
21 (paketde/in MAP)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21 (paketde/in MAP) + 7 (açıkta/in air)	20	10	5	15	10	10	15	10	10	60	50	50
21 (paketde/in MAP) + 14 (açıkta/in air)	30	20	15	30	20	20	30	20	20	80	75	75
Su buharı geçirgenlik oranı (g.m ⁻² .d.) Water vapour transmission rate				7.3	12.5	6.2	13.2	21.8	10.8	18.7	30.7	14.3

güvenli bir depolama sıcaklığı olduğunu bildirilmesine (21, 26) rağmen, optimum depolama sıcaklığı çeşitten çeşide değişebilmektedir.

Sonuç olarak paketlenerek depolanan ürüne herhangi bir fizyolojik zarar verilmeden uzun süreli bir depolamanın yapılabilmesi için uygun depolama sıcaklığı ve ürünün solunum oranına uygun bir paketlenme maddesi seçilmelidir. Böylece paket içerisinde oluşan O₂ ve CO₂ miktarları ürüne zararsız hale gelecek ve dolaşısıyla ürünün solunum hızı arzu edilen seviyede kontrol altında tutulmuş olacaktır. Yeşil olumda hasadı yapılan domateslerin 30 mikron kalınlığında polietilen (PE30) ve 25 mikron kalınlığındaki polipropilen (PP) ile paketlenerek 13°C de depolanması sonucunda hiç bozulmamış veya bozulabilirliği kabul edilebilir sınırlar içinde olan ürünler elde edilmiştir. Böylece domateslerin 35 gün depolanmanın sonunda bile pazarlanabilir sertlik, renk ve asit içeriklerine sahip oldukları belirlenmiştir. Ayrıca soğuk zararlanmasına uğramış meyveler fungal saldırıya karşı çok duyarlıdır. 5°C'de tutulan domateslerin 20°C'de 2-3 gün tutulmasından sonra soğuk zararlanması belirtileri gözlenmiştir.

SUMMARY

EFFECTS OF STORAGE TEMPERATURE AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING ON RIPENING QUALITY AND CHILLING INJURY OF MATURE GREEN TOMATOES

The aim of the study was to evaluate the effects of temperature and modified atmosphere packaging technique on ripening quality and chilling injury of mature green tomatoes. An experimental retail packaging system was used to study the effects of these conditions on the changes in postharvest qualities of mature green tomatoes. Tomato fruits of 'Criterium' variety harvested at mature green stage of maturity and were stored on polystyrene trays either unwrapped or sealed in 30 (PE30) and 50 (PE50) μ polyethylenes and in 25 (PP) μ polypropylene, and each pack contained six tomatoes which were stored at 5°C, 10°C and 15°C and in 65-70 % RH for 21 days. Tomatoes were evaluated for change of colour, firmness, titratable acidity and decay during ripening periods.

Temperature and gas composition were significantly affected on colour formation of tomatoes. Particularly, when the tomatoes stored at lower temperature, red colour formation of the fruits was highly delayed by low O₂ and high CO₂ concentrations. Texture losses of the tomato fruits was found due to chilling injury in the fruits stored at 5 and 10°C. The value of the titratable acidity values were decreased with increasing of storage period at whole storage temperature. The acidity values of tomatoes sealed in PE50 and stored at 5°C slightly higher than the tomatoes kept at 10 or 15°C.

LİTERATÜR KAYNAKLARI

1. Batu, A., 1995. Controlled and Modified Atmosphere Storage of Tomatoes (PhD Thesis). *Cranfield University, Silsoe College, Postharvest Technology, Silsoe, MK454DT Bedford. UK.*
2. _____ and A.K. Thompson, 1993. Effects of Cross-head Speed and Probe Diameter on Instrumental Measurement of Tomato Firmness. *Proceedings of the International Conference for Agricultural Machinery and process Engineering. Seoul, Korea. pp:1340-1345.*
3. _____ and _____, 1995. Effects of Controlled Atmosphere Storage on the Extention of Postharvest Qualities and Storage Life of Tomatoes. *Proceeding of Control Application in Postharvest and Processing Technology. Ostend. Belgium. pp:263-268.*
4. Ben-Yeshoshua, S., 1985. Individual Seal-packaging of Fruit and Vegetables in Plastic Film. A New Postharvest Technique. *HortScience* 20(1):32-37.
5. Buescher, R. W., 1975. Organic Acids and Sugar Levels in Tomato Pericarp as Influenced by Storage at Low Temperature. *Hort Science* 10:158-159.
6. _____ and E.C. Tigchelar, 1975. Pectinesterase, Polygalacturonase, Cx-cellulose Activities and Softenning of the Rin Tomato Mutant. *Hort. Science* 10(6):624-625.
7. Burton, W. G., 1982. Ripening and Senescence of Fruits. In *Post-Harvest Physiology of Food Crops.* (Ed: W.G. Burton). *Logman Group Ltd. pp:181-198.*
8. Crookes, P. R., and D., Grierson, 1983. Ultrastructure of Tomato Fruit Ripening and the Role of Polygalacturonase Isoenzymes in Cell Wall Degradation. *Plant Physiology* 72:1088-1093.
9. Day, B. P. F., 1993. Fruit and Vegetables. In *Principles and Application of Modified Atmosphere Packaging of Food.* (Ed: R.T. Parry). *Blackie Academic and Professional. UK. pp:114-133.*
10. Efiuvwere, B. J. O. and S. N., Thorne, 1988. Development of Chilling Injury Symptoms in Storage Tomato Furit. *J.Sci.Food Agric.* 44:215- 226.
11. Esquerra, E.B. and O.K., Bautista, 1990. Modified Atmosphere Storage and Transport of 'Improved Popa' Tomatoes. *ASEAN Food Journal* 5:27-33.
- 12-Floros, J.D., M.S. Chinnan, and H.Y., Wetztein, 1987. Extending the Shelf Life of Tomatoes by Individually Seal Packaging. *International Winter Meeting Of American Society of Agricultural Engineers. Hyatt Regency, Chicaco, IL. USA.*
13. Geeson, J. D., K Maddison. and K.M., Browne, 1981. Modified Atmosphere Packaging of Tomatoes. Associated of Applied Biologist, Packaging of Horticultures Produce. *AAB/NCAE Residential Meeting. pp:8-15.*
14. _____, 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.
15. _____ and G. A., Tucker, 1983. Timing of Ethylene and Polygalacturonase Synthesis in Relation to the Control of Tomato Fruit Ripening. *Planta* 157:174-179.
16. Herner, R. C., 1987. High CO₂ Effects on Plant Organs. In *Postharvest Physiology of Vegetables.* (Ed: J. Weichmann) *Marcel Dekker Inc. New York. pp:239-253.*
17. Hobson, G.E., 1987. Low-Temperature Injury and The Storage of Ripening Tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 62:55-62.

18. Hobson, G.E. and J.N., Davies, 1971. The Tomato. in the Biochemistry of Fruits and Their Products. (Ed: A.C. Hulme). Vol. 2. Academic press. UK pp:437-482.
19. _____, P Adams. and T.J., Dixon, 1983. Assesing the Colour of Tomato Fruit During Ripening. *J.Sci.Food Agric.* 34:286-292
20. Kader, A.A., 1986. Biochemical and Physiological Basis for Effects of Controlled and Modified Atmospheres on Fruits and Vegetables. *Food Technology* 40:99-100, 102-104.
21. _____, 1987. Respiration and Gas Exchange of Vegetables. In Postharvest Physiology of Vegetables. (Ed: J. Weichmann). Marcel Dekkar, Inc. New York. pp:25-43.
22. _____, 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.
23. 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.
24. Parry, R. T. 1993. Introduction. In Principles and Application of Modified Atmosphere Packaging of Food. (Ed: R.T. Parry). Blackie. Academic and Professional. UK. pp:1-18.
25. 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.
26. Risse, L.A. 1989. Individual Film Wrapping of Florida Fresh Fruit and Vegetables. *Acta Horticulturae* 258:263-270.
27. _____, 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.
28. 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.
29. Snowdon, A. L., 1990. A Colour Atlas of Postharvest Diseases and Disorders of Fruit and Vegetables. Volume 1: General Introduction and Fruits. *Wolfe Scientific Ltd.* pp:11-53.
30. Steal, R. G. D. and J. H. Torrie, 1987. Principle and procedures of Statistics. A Biometrical Approach and *McGraw Hill Book Company*.
31. 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.