

KONTROLLÜ ATMOSFER KOŞULLARINDA UZUN SÜRELİ DEPOLAMANIN DOMATESİN HASAT SONRASI OLGUNLAŞMA KALİTESİNE ETKİLERİ¹

Ali BATU²

ÖZET

Bu araştırma; yeşil olum döneminde hasadı yapılan ve kontrollü atmosfer (KA) koşullarında 70 gün depolanan Criterium domates çeşidinde hasat sonrası fizyolojik bozulmaları azaltacak, raf ömrünü uzatacak, ve meyve kalitesinin uzun süre korunmasını sağlayacak farklı gaz bileşimlerinin belirlenmesi amacı ile yapılmıştır. Domatesler gerekli ön işlemler uygulandıktan sonra 15°C de hava sızdırmaz bir şekilde CO₂ uygulaması için % 5.5 O₂ ile % 3, % 6 ve % 9 CO₂ ortamlarında; O₂ uygulaması için de % 5 CO₂ ile % 1, % 2 ve % 3 O₂ ortamlarında 60 ve 70 gün depolanmışlardır. Bu işlemten sonra domatesler 10 gün daha 15°C de normal atmosfer koşullarında olgunlaştırılmaya bırakılmışlardır. Depolama süresince renk, meyve sertliği, asitlik, suda çözünür toplam kuru madde (SÇKM) ve ağırlık kaybı değerleri yanında çürüme miktarlarında oluşan değişimler de incelenmiştir.

1-3 O₂ (+ % 5 CO₂) ve % 3-9 CO₂ (+ % 5.5 O₂) içeren ortamlarda depolanan tüm domateslerin renkleri 40-50 gün yeşil olarak kalmıştır. KA'de 70 gün depolanan domatesler düşük O₂ ortamında, yüksek CO₂ ortamından biraz daha yeşil ve kısmen de sert kalırken % 1 O₂ (+ 5 CO₂) ve % 9 CO₂ (% 5.5 O₂) içeren ortamlarda depolananlar hariç asit içerikleri arasında da önemli bir farklılık bulunmamıştır. % 1 O₂ (+ % 5 CO₂) ve % 9 CO₂ (+ % 5.5 O₂) ortamlarında depolanan domateslerin asitlik değerlerinin ise diğerlerinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Kontrol olarak depolanan domatesler ile % 1 O₂ (+ % 5 CO₂) ortamında depolanan domateslerin özellikle depolamanın 40. gününden sonraki SÇKM değerleri diğerlerinden daha düşük olmuştur. En fazla bozulma kontrol olarak ve % 1 O₂ (+ % 5 CO₂) ortamında depolanan domateslerde görülürken en az bozulma % 3 CO₂ (+ % 5.5 O₂) ortamında depolananlarda saptanmıştır.

GİRİŞ

Domates üretimi Türkiye'de bölgeden bölgeye değişiklik göstermekle birlikte, tarla domatesi özellikle bazı bölgelerde Temmuz-Eylül aylarında fazla miktarda üretilmekte ve ürünün birim değeri çok düşmektedir. Eylül a-

yından sonra da domates fiyatları yükselmeye başlamakta ve bu yükseliş yeterli miktarda sera domatesi üretilip pazara sunuluncaya kadar sürmektedir. Ayrıca bu dönemde domates bulnamayan bölgeler de olmaktadır. Bunun yanında Eylül ortalarından itibaren geç dönem tarla domatesi üretilen yüksek bölgelerimizde gece-

¹ Yayın Kuruluna geliş tarihi: Ekim 1996

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

leri don tehlikesi baş göstermekte ve ürün tarlada soğuk zararlanmasına uğramaktadır. Buna karşılık uygun bir depolama tekniği ile domatesin olgunlaştırılması uygun ortamda yapay olarak yavaşlatılarak ürünün duyu kalitesi bozulmadan raf ömrünün uzatılması mümkündür. Böylece domates miktarının pazarda azalıp fiyatlarının yüksek olduğu bir dönemde bu teknikle depolanan domatesler pazara sunularak iyi bir fayda sağlanabilir.

Diğer meyve ve sebzelerde olduğu gibi, domatesin kalitesi, görünüşü, rengi, sertliği ve aroması ile belirlenmektedir (24). Kalitenin önemi ürünün kolay pazarlanabilmesi açısından büyük olup kalitedeki değişimler meyvenin olgunlaşma döneminde başlamakta ve hasat sonrasında devam etmektedir. Depolama sıcaklığı ve hasat olgunluğuna bağlı olarak meyve olgunlaşması hızlanır ve meyve yumuşar. Bu durum kalitenin, rengin bozulmasına ve raf ömrünün kısılmasına neden olur (11). Olgunlaşma süresince meyvenin sertlik ve renginde oluşan değişimler doğru ilişkilidir. Bu iki önemli kalite kriteri arasındaki ilişki, tüketici tercihlerini önemli ölçüde etkilemektedir (33). Depolama sıcaklığı ve hasat olgunluğu, domatesin sertlik ve renginin muhafaza edilebilmesi ile raf ömrünün uzatılabilmesi açısından çok önemlidir (11).

Genel olarak düşük depolama sıcaklıklarının kullanımı (soğuk zararlanmasının üzerinde) domatesin raf ömrünü uzatır (29). Depolama tekniği, meyve rengi ve sertliğinin korunabilmesi açısından çok önemlidir (33). Genel olarak soğutma yöntemi ile bazı meyve ve sebzelerin raf ömürlerinin bir kaç hafta uzatılabilmesi mümkündür (16). Ayrıca soğutma yöntemine ek olarak domatesin "değişik gaz ortamlarında" depolanması sonucu uygun depolama sıcaklığı kullanılarak solunum hızının yavaşlatılması ile raf ömrü daha uzun süre korunabilmektedir (6). Hasat edilmiş meyve ve sebzeler üzerine farklı gazların etkisi uzun yıllardan beri bilinmektedir. Böylece ortamda bulunan temel O_2 , CO_2 ve N_2 gazlarının miktarları ürünün solunum hızına uygun olarak değiştirilerek solunum hızı kontrol altına alınıp yapay bir ortam oluşturulabilir. KA'de depolama olarak adlandırılan bu teknik sayesinde solunum hızı yavaşlatılarak meyvenin

olgunlaşması ve dolayısıyla yumuşaması geciktirilmektedir (22).

Ortamda bulunan CO_2 miktarı meyve ve sebzelerin olgunlaşmasını geciktirir; kısa sürede bozulmasını ve çeşitli hastalıkların bulaşmasını önler. Konsantrasyonun yüksek olması durumunda ise meyve ve sebzeler için zararlı olabilmektedir. Yüksek orandaki CO_2 gazının olgunlaşma üzerindeki etkisi ürünün cinsine, türüne, gazların konsantrasyonuna, ortamın sıcaklığına ve meyvenin olgunluk derecesine göre değişmektedir (19). Meyvenin olgunlaşması ve özellikle renk maddelerinin oluşumu depolama ortamının CO_2 ve O_2 konsantrasyonu ile oldukça ilişkilidir. Fakat O_2 konsantrasyonunun belirli bir düzeyin altına inmesi oksijensiz solunumun başlamasına neden olmaktadır.

CO_2 ve O_2 birbirlerinin fonksiyonlarını etkilediklerinden ancak uygun CO_2 ve O_2 bileşimlerinin hazırlanması ile ürünlerin raf ömürleri uzatılabilmektedir (13). Her ürünün kendisine özgü dayanabileceği en düşük O_2 ile en yüksek CO_2 miktarları vardır. Depolama ortamlarında O_2 veya CO_2 miktarlarının tolerans sınırlarının altında veya üzerinde olması ürünlerde farklı fizyolojik bozulmalara neden olmaktadır (32). Oksijenin çok düşük seviyelere düşmesi durumunda trikarboksilik asit çemberi görevini yerine getiremez ve glikolitik yollar kapanır. Bu durum ise bitki hücreleri için toksik etkisi olan etanol ve asetaldehitin birikmesine neden olmaktadır (36). O_2 konsantrasyonun % 2'nin altında olduğu ortamlarda bir çok sebzelerin CO_2 üretimi hızlanmaktadır (16). Bu durum meyvelerin bir çoğunda çeşitli fizyolojik zararlanmaların oluşmasına ve böylece tat ve kokunun da bozulmasına neden olmaktadır (17). Depolama ortamında CO_2 miktarının artmasıyla doğal olarak bitki dokusu içerisinde de CO_2 konsantrasyonunu artacaktır. Ortamda bulunan CO_2 miktarı % 15-20' nin üzerine çıkmasıyla çok belirgin bir şekilde oksijensiz solunum da artacak ve böylece bitki dokusunda geriye dönüşü olmayan bir fizyolojik bozulma oluşabilecektir (18). Bundan dolayı bu araştırmada yüksek CO_2 ve düşük O_2 konsantrasyonlarının Criterium domates çeşidinin hasat sonrası olgunlaşma kalitesi ve fizyolojisi üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu araştırmada "Criterium" çeşidi, çapları 55-60 mm olan yeşil olum döneminde hasat edilmiş domatesler kullanılmıştır. Bu domatesler Silsoe Araştırma Enstitüsü'nün (Bedfordshire, İngiltere) cam serasından sağlanmıştır. Uygun çap ve renk seçimi yapılarak fiziksel olarak bozuk olanlar ayrıldıktan sonra domatesler fungal yükünün azaltılabilmesi veya yok edilebilmesi için 1-2 dakika 100 ppm thiabendazole çözeltisine batırılmışlardır.

Metot

Kontrollü atmosferde depolamada; domateslerin altışar tanesi 18x9x11 cm boyutundaki plastik kutulara yerleştirilmiştir. Bu kutulardan 12 tanesi 50 litrelik hava sızdırmaz polietilen bidonlara yerleştirilmiştir. Ağızları vazelin ile izole edilen bu bidonlar O₂ ve CO₂ ve N₂ konsantrasyonları ayarlanmış bilgisayar komutasındaki gaz karıştırıcısına yine sızdırmaz borular ile bağlanmıştır. Düşük O₂ uygulaması için % 5 sabit CO₂ ile kombinasyonlu olarak % 1, % 2 ve % 3 konsantrasyonlarında O₂ ve CO₂ uygulaması için ise % 5.5 sabit O₂ kombinasyonlu % 3, % 6 ve % 9 CO₂ konsantrasyonları uygulanmıştır. Daha sonra bu bidonlar 15°C (± 0.6) sıcaklıktaki odalarda 60 veya 70 gün depolanmışlardır. Bu süreden sonra domatesler olgunlaşması için aynı sıcaklıkta 10 gün daha tutulmuştur. Depolama süresince her 10 günde bir her bir muameleden ayrı ayrı örnekler alınarak renk, meyve sertliği, ağırlık kaybı, toplam suda çözünür kuru madde oranı, titre edilebilir toplam asitlik değerlerindeki değişimler ve depolama süresince oluşan çürüme miktarı incelenmiştir.

Analiz yöntemleri

Renk değerleri CR 200 model Minolta renk ölçüm aleti ile tesbit edilmiştir. Domateslerin ekvatorial çapı etrafından rastgele farklı üç noktadan ölçümler yapılarak Minolta a* değerlerinin Minolta b* değerlerine bölünmesi sonucunda elde edilen Minolta a*/b* (gerçek kırmı-

zılık) değerleri dikkate alınarak hesaplanmıştır (1, 18). Minolta renk ölçüm aletinin kalibrasyonu standart beyaz plakaya göre ($Y=93.9$, $x=0.313$ ve $y=0.321$) yapılmıştır.

Meyve sertliği, Batu ve Thompson'a (3) göre 1122 model Universal 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 belirlenmiştir. Burada yazıcı kağıt hareket hızı ile delgi ucunun yaklaşım hızları saniyede 20 mm olarak ayarlanmıştır.

Suda çözünür kuru madde değerleri, masa üstü küçük Atago marka PR-1 model refraktometrenin kullanılmasıyla, titre edilebilir toplam asitlik miktarı ise domates suyunun pH=8.1'e ulaşıncaya kadar 0.1 N NaOH ile titre edilmesiyle elde edilmiş ve sitrik asit cinsinden değerlendirilmiştir (2).

Ağırlık kaybı, domatesin depolama sonrası ağırlığının depolama öncesi ağırlığına bölünüp 100 ile çarpılması sonucu elde edilmiş olup yüzde olarak belirtilmiştir.

İstatistiksel analizler, Steal ve Torrie'ye (31) göre varyans analizi sonucunda muamele, depolama sıcaklığı ve depolama süresi interaksyonu bakımından ortalamaların karşılaştırılması suretiyle LSD testi yapılarak gerçekleştirilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

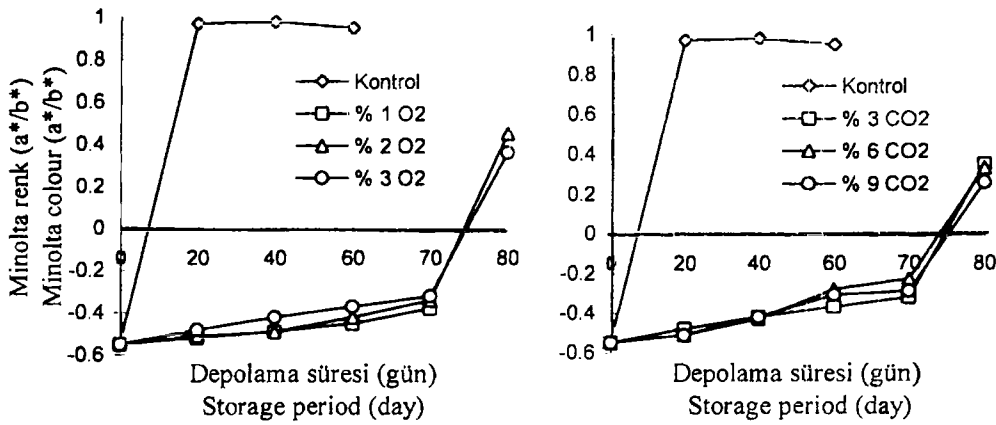
KA' in domates rengi üzerine etkisi

Domateslerin kırmızılık (a*/b*) değerlerindeki değişimler uygulanan gaz bileşimleri, depolama süre ve sıcaklığından etkilenmiştir (Şekil 1). Kontrol olarak % 21 O₂ ve % 0.03 CO₂ ortamında depolanan domatesler depolamanın ilk 20 günü içinde en yüksek kırmızılık değerlerine ulaşmıştır. 70 gün depolamanın sonunda % 1-3 O₂ ve % 3-9 CO₂ ortamında depolanan domateslerin renk kırımı veya renk dönümü olumuna ulaşabildikleri saptanmıştır. 70 gün KA ortamında depolanan meyveler 10 gün daha açık havada tutulmaları sonucunda ancak pembe oluma ulaşabilmiştir. % 1 ve % 2 O₂ uygulanan domateslerin kırmızılık değerlerinde oluşan değişimler 70 gün depolama süresince önemli

olmazken % 3 O₂ uygulanan domateslerin renklerindeki değişimler özellikle ilk 20 günden sonra önemli (P=0.05) derecede artmıştır. % 3-9 CO₂ ortamında depolanan domateslerin renk değerlerinde ilk 40 gün içinde önemli bir farklılık oluşmuş, kırkinci ve yetmişinci günler arasında kısmen değişiklik göstermiş olsa da meyve rengi ancak renk dönümü olumuna gelebilmiştir (Şekil 1).

Domateste yeşil renk klorofil, sarı renk β-karoten ve kırmızı renk ise likopen pigmentlerince oluşturulmakta olup domateste rengin oluşabilmesi bu pigmentlerin meyvede bulunan niceliklerine bağlıdır. Domatesin olgunlaşması sırasında klorofil maddeleri parçalanır ve olgun-

laşmanın ilk dönemlerinde β-karoten ve ileri dönemlerinde ise likopen miktarlarında yoğun bir artış olur (14). 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 (15) ve ayrıca Minolta a*/b* değerlerindeki artış meyvenin kırmızılık değerlerindeki artışı göstermektedir. Yapılan bir araştırmada domatesin kırmızılık değeri ile likopen içeriği arasında ve ayrıca domatesin likopen içeriği ile renk ölçüm aletinin a*/b* değerleri arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu saptanmıştır (35).



Şekil 1. Kontrollü atmosfer ortamlarında depolanmış olan domateslerin Minolta renk a*/b* değerlerinde oluşan değişimler [(Yeşil: -0.62-(-0.49), Renk kırımı: -0.48-(-0.27), Renk dönümü: -0.25-0.06, Pembe: 0.08-0.57, Açık kırmızı: 0.61-0.95 Kırmızı: 0.95-1.22 (4)].

Figure 1. Minolta Color (a*/b*) changes of tomatoes stored in controlled atmosphere storage [(Colour classification: Mature green: -0.62-(-0.49), Breaker: -0.48-(-0.27), Turning: -0.25-0.06, Pink: 0.08-0.57, Light Red: 0.61-0.95, Red: 0.95-1.22].

Depolama ortamında bulunan CO₂ miktarının artması ve O₂ miktarının azalması özellikle yeşil olum döneminde hasat edilen domates meyvelerinin olgunlaşma sürelerinin geciktirilmesi bakımından çok etkili ve önemlidir. Domatesin kırmızı renk pigmenti olan likopen olgunlaşma süresince artmakta olup oluşumu tamamen depolama ortamında bulunan O₂ ve etilen miktarlarına bağlıdır (14). O₂ ve etilen miktarlarının azalması ile likopen miktarının oluşum hızı da yavaşlamaktadır (26). Domateste likopen niceliğinin olgunlaşmanın ileri a-

şamalarında belirgin bir şekilde arttığı ve % 1 O₂ ve % 99 N₂ uygulamasıyla 50 gün depolama süresince likopen oluşumunun tamamen durduğu belirtilmektedir (35). Ayrıca ortamda bulunan CO₂ miktarı da etilen oluşumunun engellenmesi bakımından çok önemli olup % 3-5 konsantrasyonundaki CO₂ etilen üretiminin dolayısıyla likopen oluşumunun engellenmesi üzerine oldukça etkilidir. Herner (13) % 7 O₂ ve % 3 CO₂ ortamında depolanan domateslerin renklerinin normal ortamda depolanana göre daha geç kırmızı rene ulaştıklarını belirterek araş-

tırmamızın sonucunu doğrulamaktadır. Parsons ve ark., (22) yeşil domateslerde arzu edilir kırmızı rengin meyvelerin % 6 CO₂ ve % 3 O₂ veya % 8 CO₂ ve % 3 O₂ ortamlarında depolanmaları sonucunda elde edildiğini ve ayrıca bu ortamlarda çürüme oranının da en az düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla araştırmamızda domateslerin KA ortamında gerek düşük O₂ ve gerekse yüksek CO₂ konsantrasyonlarında depolanması sonucunda kırmızı renk (likopen) oluşumu 70 gün süresince geciktirilmiştir.

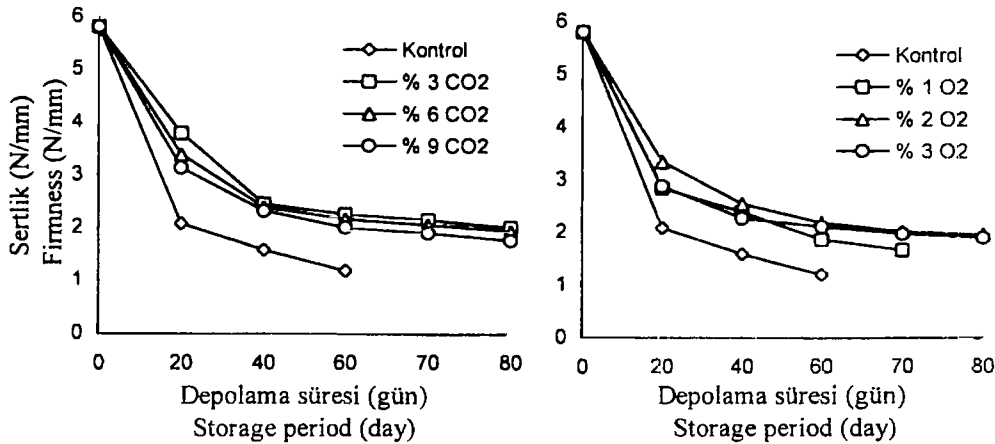
Domateslerin olgunlaşmasında depolama ortamında bulunan etilen miktarının önemi de çok büyük olup 5-10 µl L⁻¹ niceliğindeki etilen miktarı olgunlaşmanın başlatılması için yeterli olabilmektedir (34). Domates meyvelerinin yüksek CO₂ ortamında depolanması sonucunda meyvenin etilen üretim miktarı yavaşlamakta ve ayrıca ortamdaki O₂ miktarının % 2 ve altına indirilmesi ile tamamen durdurulabilmektedir (21). Bunun için KA'de depolama tekniği domatesde solunum hızının ve dolayısıyla kırmızı renk oluşumunun yavaşlatılabilmesi olgunlaşmanın geciktirilebilmesi bakımından oldukça önemlidir (7).

KA' in domatesin sertliği üzerine etkisi

Meyve eti sertliğindeki azalma bütün uygulamalarda depolama süresi ilerledikçe daha belirgin hale gelmiştir (Şekil 2). Düşük O₂ uygu-

lamalarında meyve eti sertliği depolamanın ilk 20 günü içinde çok hızlı bir şekilde azalırken bu düşüş yüksek CO₂ uygulamalarının ilk 40 gününde devam etmiştir. Düşük O₂ veya yüksek CO₂ uygulamasında depolamanın ilk 40 gününden sonra muameleler arası sertlik değerlerinde önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Instron verilerine göre düşük O₂ ortamlarında depolanan domateslerin meyve etleri yüksek CO₂ ortamlarında depolananlardan biraz daha yumuşak çıkmasına rağmen, hem düşük O₂ ve hem de yüksek CO₂ ile muamele edilen domateslerin sertlik değerleri 80 gün depolamanın sonunda bile el ile temas edildiği zaman hiç bir yumuşama belirtisi hissedilmeyecek kadar sert oldukları belirlenmiştir (Şekil 2).

Meyve sertliğindeki azalma selüloz ve poligalaktronaz (PG) enzim aktivitesinin artması sonucu pektin bileşiklerinde oluşan değişmeler ile ilgili olup meyve olgunluğu ilerledikçe toplam pektin miktarının azalması sonucunda gerçekleşmektedir (20). Bucher ve Tigchelaar (8) PG aktivitesinin yeşil olumdan sonra sürekli artış göstererek kırmızı oluma geçişte artış hızının azaldığını belirtmişlerdir. Yeşil olum döneminde hasadı yapılan domatesler olgunlaşırken PG aktivitelerinin sürekli artmasıyla pektik maddeler pektinik asit ve suda eriyebilen pektin formuna dönüşürler. Böylece hücre duvarları arasındaki bağ zayıflar ve dolayısıyla meyve etinde yumuşama olmaktadır (20). Burton (9)



Şekil 2. Kontrollü atmosfer ortamlarında depolanmış olan domateslerin setlik değerlerinde oluşan değişmeler
Figure 2. Changes in firmness values of tomatoes stored in controlled atmosphere storage.

pektinesteraz (PE) aktivitesinin artmasıyla meyve etinin yumuşadığı ve ayrıca domatesin yeşil olum döneminden kırmızı oluma geçişine kadar PE aktivitesinin % 30 dan % 500'e kadar değiştiğini belirtmiştir. PG enzim sentezi sadece etilenin tepkimesi sonucu oluşur. Domatesin yüksek CO₂ konsantrasyonunda tutulmasıyla etilen üretimide önleneceğinden araştırmamızda domateslerin KA'de depolanması sonucunda raf ömürlerinin daha uzun, meyve etlerinin daha sert oldukları belirlenmiştir (13).

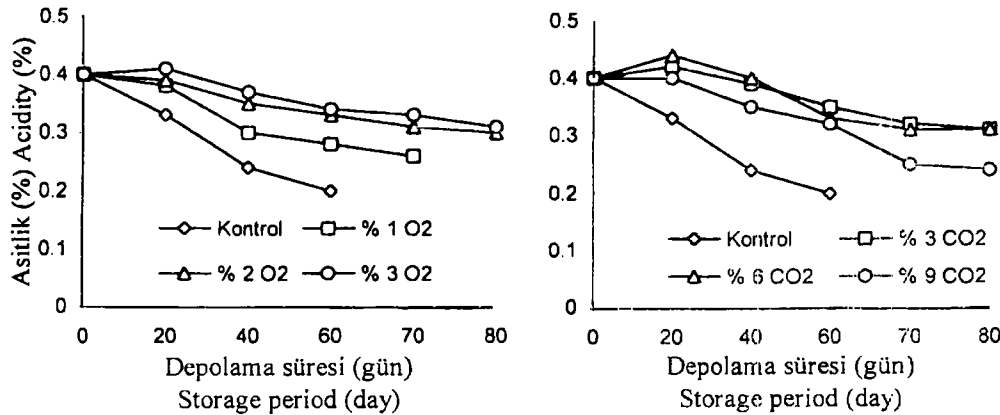
KA'in domatesin asitlik değerleri üzerine etkisi

Domates meyvelerinde etkin organik asit formu sitrik asittir. Bütün muamelelerin titre edilebilir asit içeriği depolama süresince sürekli azalmıştır (Şekil 3). Bu azalma kontrol olarak depolanan domateslerde en fazla olurken, düşük O₂ uygulamasında ortamda bulunan O₂ konsantrasyonunun azalması ile artmıştır. % 2 ve % 3 oranında O₂ içeren ortamda depolanan domateslerin titrasyon asitlikleri arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmazken % 1 O₂ içeren ortamda ve kontrol olarak depolanan domateslerin asit içerikleri % 2 ve % 3 O₂ ortamlarından istatistiksel olarak (P=0.01) daha düşük çıkmıştır. O₂ konsantrasyonu sabit (% 5.5) ve CO₂ konsantrasyonu % 3 ve % 6 olan ortamlardaki domateslerin asitlikleri arasında bir farklılık oluşmazken % 9 CO₂ içeren ortamda depolananların asit içerikleri % 3 ve % 6 CO₂ içeren

ortamda depolananların asit değerlerinden istatistiksel olarak (P=0.01) daha düşük olmuştur.

Düşük O₂ veya yüksek CO₂ konsantrasyonu etilen üretimini azalttığından (28) meyvenin olgunlaşması yavaşlamaktadır. Meyvenin olgunlaşma derecesi ile içermiş olduğu asit niceliği arasında belirli bir ilişki olup olgunluk ilerledikçe domateslerin asit içerikleri de azalmaktadır (14). Bu araştırmamızda böylece yüksek CO₂ (% 9) veya düşük O₂ (% 1) içeren ortamlarda depolanan domatesler renk dönüm olumuna ulaşamamış olduklarından dolayı asit içerikleri de düşük çıkmış olabilir. Hobson ve Davies (14) normal atmosfer koşullarında domates meyvesinin bitki üzerinde olgunlaşması süresince asit içeriğinin arttığını ve en yüksek asit içeriğine renk dönümü olgunluk aşamasında ulaştığını ve bu olgunluk aşamasından sonra asit içeriğinin tekrar düşme eğilimine girdiğini bildirmişlerdir.

Ayrıca yüksek CO₂ ortamında bulunan domateslerin asit içerikleri CO₂'in bir 'asit gaz' olması ve ortamda bulunan ürünün CO₂ bağlanmasından dolayı daha yüksek çıkması beklenirken, beklenenin tam tersine düşük çıkmıştır. Şimdiye kadar KA de'depolamayla ilgili yapılmış olan bazı araştırmalarda CO₂ konsantrasyonu ile ürünün asit içeriği arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır. Fakat Riquelme ve ark.'nın (23) yapmış oldukları bir derlemede çilek ve portakalda depolama ortamının CO₂ konsantrasyonunun artması ile asitlik düzeyini etkilemezken limonun asit içeriğinin arttığı



Şekil 3. Kontrollü atmosfer ortamlarında depolanmış olan domateslerin asitlik değerlerinde oluşan değişimler
Figure 3. Changes in the value of titratable acidity values of tomatoes stored in controlled atmosphere storage.

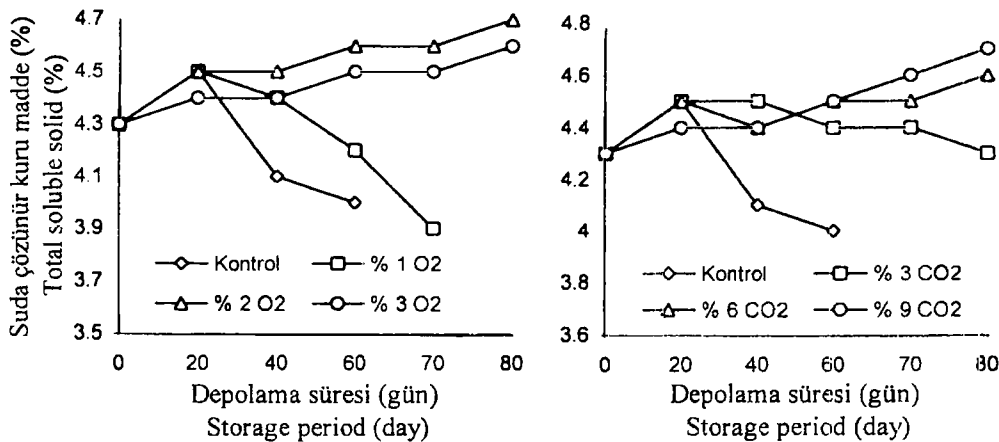
belirtilmiştir. Bunun yanında taze fasulye, brokkoli ve enginarın asit içeriği KA'de depolama sırasında CO₂'in artmasıyla azalmıştır (27). Toplam asitlik miktarlarındaki değişim olgunluk grupları çeşitlere göre % 0.35-0.54 oranında farklılık gösterirken kimi domates çeşitlerinde olgunluk ilerledikçe toplam asitlik miktarının arttığı ve kimi çeşitlerde ise azaldığı belirtilmiştir (20). Parsons ve ark., (22) 12°C de % 3 O₂ ve % 3-5 CO₂ ortamında depolanan domateslerin % 3 O₂ ve % 0 CO₂ ortamında depolanarlardan daha yüksek asit içerdiklerini belirtmişlerdir.

KA' in toplam suda çözünür kuru madde değerleri üzerine etkisi

Kontrol olarak depolanan domateslerin toplam suda çözünür kuru madde (SÇKM) içerikleri depolamanın ilk 20 gününde kısmen artmış olmakla birlikte bu süreden sonra azalmıştır. Bu azalma istatistiksel olarak (P=0.05) önemlidir. % 5 sabit CO₂ ile % 2 ve % 3 O₂ içeren ortamlarda depolanan domateslerin 80 gün depolama süresince SÇKM içerikleri kısmen artmış ve bu iki muamele arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunamamıştır. Ancak % 1 O₂ ortamında depolanan domateslerin SÇKM içerikleri ise depolamanın ilk 20 gününden sonra azalmaya başlamış ve diğer iki muameleden ö-

nemli (P=0.01) derecede düşük çıkmıştır (Şekil 4). % 5.5 sabit O₂ ile % 3, % 6 ve % 9 CO₂ içeren ortamlarda depolanan domateslerin SÇKM içerikleri 80 gün depolama süresince kısmen bir artış göstermiştir. Bu artış, % 3-9 CO₂ ile muamele edilen domateslerin SÇKM içeriklerinde de depolamanın ilk 60 günü içerisinde önemli bir farklılık gözlenmezken depolamanın 60 ile 80 günleri arasında % 3 CO₂ ortamında depolanların SÇKM içerikleri % 9 CO₂ ortamında depolanarlara oranla önemli (P=0.01) derecede daha düşük olmuştur (Şekil 4).

Domateslerin toplam SÇKM değerindeki değişimler, toplam şeker miktarı, bazı organik asit ve mineral maddelerdeki değişimler ile doğrudan ilgilidir (15). Depolama süresince, süre ve sıcaklığa bağlı olarak kimi asitlik ve şeker miktarlarındaki azalmaların toplam SÇKM oranlarına etki ederek bu miktarın azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir (14). Domateslerin olgunlaşma süresince toplam SÇKM değerlerinde, özellikle renk dönüm noktası ile açık kırmızı olum arasında herhangi bir değişikliğin olmadığı Esquerra ve Bautista (10) tarafından; açık kırmızı olum ile kırmızı olum arasında da hızlı bir azalmanın olduğu Saijo ve ark.,(25) tarafından belirtilmektedir. Gould (12) ise genellikle domateslerin toplam SÇKM oranlarının % 4-6 arasında değiştiğini belirtmiştir.



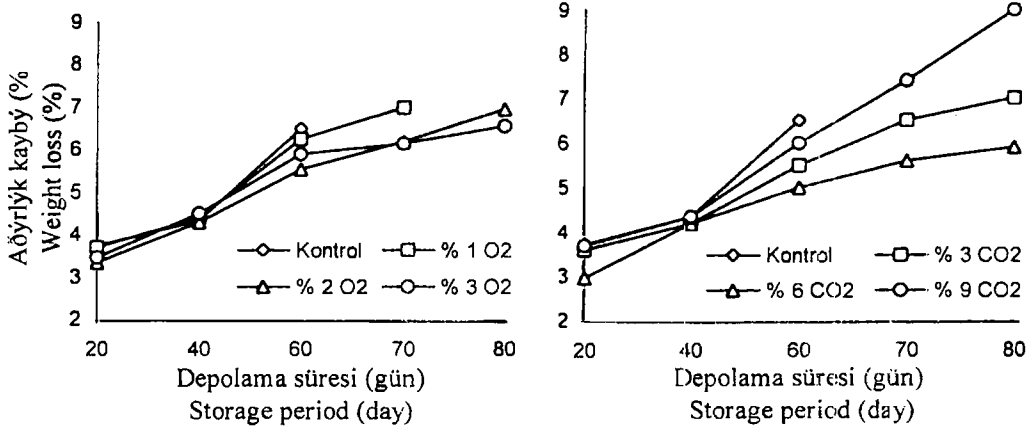
Şekil 4. Kontrollü atmosfer ortamlarında depolanmış olan domateslerin suda çözünür toplam kuru madde değerlerinde oluşan değişimler.

Figure 4. Changes in total soluble solids values of tomatoes stored in controlled atmosphere storage.

KA' in domatestte oluşan ağırlık kayıpları üzerine etkisi

İster düşük O₂ ve isterse yüksek CO₂'li ortamlarda depolanan domateslerde depolama süresince oluşan ağırlık kayıpları Şekil 5'de verilmiş olup muameleler arasında depolamanın ilk 50 gününe kadar istatistiksel bir farklılık görülmemiştir. Ancak ilk 50 günden sonra düşük O₂'li ortamda kontrol olarak depolanan muamele ile % 1 O₂ ortamında depolanan domateslerde oluşan ağırlık kaybı % 2 ve % 3 O₂ içeren ortamlarda depolanan domateslerden istatistiksel olarak (P=0.01) daha fazladır. CO₂ muamelelerinde ise ilk 50 günden sonra muameleler arası farklılıklar başlamaktadır. En fazla ağırlık kaybı kontrol ve % 9 CO₂ içeren ortamda depolanan domateslerde olurken 80 gün depola-

manın sonunda % 3 ve % 6 CO₂ ortamında depolanan domateslerde oluşan ağırlık kayıpları domatesin pazarlanabilmesi açısından en yüksek ağırlık kaybı sınırı olarak kabul edilen % 7 (12) sınırının altında gerçekleşmiştir. Olgunlaşma ve domates sertliğindeki azalmanın ağırlık kaybı üzerine etkili olabileceği düşünölmektedir. Nitekim kontrol olarak depolanan domates meyvelerinde oluşan ağırlık kayıpları KA de depolananlardan daha fazla olmuştur. Ayrıca, KA'de % 1 O₂ veya % 9 CO₂ ortamlarda depolanan domatesler diğer muamelelerden kısmen daha yumuşak ve ağırlık kayıpları da diğerlerinden kısmen daha fazladır. % 2, % 3 O₂ ve % 3, % 6 CO₂ ortamında depolanan domateslerde oluşan kayıplar % 7 değerinin altında gerçekleşmiştir.



Şekil 5. Kontrollö atmosfer ortamlarında depolanmış olan domateslerin ağırlık kaybında oluşan değişmeler
Figure 5. Changes in weight loss values of tomatoes stored in controlled atmosphere storage

KA' in bozulma üzerine etkisi

Kontrollö atmosfer koşullarında genellikle ortamın nem oranı, gaz bileşenleri ve sıcaklık derecesinin doğru ayarlanabilmesi durumunda genellikle çürümeler önlenabilmekte ya da en az düzeye indirilebilmektedir. Kontrol olarak depolanan domatesler ile % 1 O₂ + % 5.5 CO₂ ortamında depolanan domateslerde en fazla çürümenin oluştuğu gözlenmiş olup ayrıca bu muamelede tutulan domateslerin 60 gün sonunda

büyük bir çoğunluğu çürürken 70 gün sonunda ise hepsi çürümüştür (Cetvel 1). Ayrıca % 2 ve % 3 O₂ içeren ortamlarda depolanan domateslerde 80 gün depolama sonunda % 20 ye yakını bozulurken bu oran % 9 CO₂ içeren ortamda % 30 civarına gerçekleşmiştir. Aynı dönemde % 3 ve % 6 CO₂ içeren ortamlarda ise % 15 civarında bir bozulma olmuştur. % 3 CO₂ içeren ortamda depolanan ürünlerde 40-50 gün hiç bozulma olmazken 60 gün sonra bu ürünlerin ancak % 6'sının bozulduğu belirlenmiştir.

Cetvel 1. Kontrollü atmosfer ortamlarında depolanmış olan domateslerin depolanma süresince çürüme miktarlarında oluşan değişmeler.

Table 1. Changes in the amounts of decayed fruits during controlled atmosphere storage.

Depolama süresi (gün) Storage periods (day)	Kontrol (hava) Control (air)	% 1 O ₂ (+ % 5 CO ₂)	% 2 O ₂ (+ % 5 CO ₂)	% 3 O ₂ (+ % 5 CO ₂)	% 3 CO ₂ (+ % 5.5 O ₂)	% 6 CO ₂ (+ % 5.5 O ₂)	% 9 CO ₂ (+ % 5.5 O ₂)
40, KA de (40 days in CA)	50	25	6	8	0	8	8
60, KA de (60 days in CA)	60	70	12	12	6	10	11
70, KA de (70 days in CA)	100	100	14	15	8	12	18
60, KA de +10, açık (60 days in CA plus 10 days in air)	---	---	16	16	10	13	15
70, KA de +10, açık (70 days in CA plus 10 days in air)	---	---	21	20	15	16	30

KA: Kontrollü atmosfer; CA: Controlled atmosphere

Muameleler arasında çürüme veya bozulma bakımından önemli bir farklılığın olduğu belirlenmiştir. Bu durum özellikle meyvenin 50 gün depolanması sonrasında daha da belirgin hale gelmiştir. Daha fazla "alterneria çürümesi", "mavi küf çürümesi" ile bölgesel su birikmesi şeklinde olan ve "su çürüğü" de denen "yumuşak sızıntı" (cottony leak) oluşmuş olup depolanmanın ileri dönemlerinde ciddi bir problem halini almışlardır (5). "Cottony leak" zararlanmasının domates paketleri içerisinde, solunumun bir sonucu olarak oluşan su yoğunlaşmasından ileri gelebileceği bildirilmiştir (30).

Sonuç olarak; ağırlık kaybı dikkate alındığında % 2 veya % 3 O₂ ortamında depolanan domateslerin 70 gün KA ortamında depolanarak olgunlaştırılmaya bırakılması, 60 gün KA de depolanarak olgunlaştırılmaya bırakılmasından daha riskli olabilmektedir. 70 gün depolayıp buna ilaveten 10 gün daha açıkta tutularak olgunlaşan domateslerin 80 günün sonunda çok daha fazla yumuşamış oldukları gözlenmiştir. Eğer % 15'lik bir kayıp kabul edilebilirse domateslerin 60 gün KA'de depolanıp 7-10 gün uygun bir ortamda olgunlaştırılması daha uygun olabilecektir. % 3 ve % 6 CO₂ ile % 5.5 O₂ içeren veya % 2-3 O₂ ile % 5 CO₂ içeren domatesler % 7'den daha az ağırlık kaybına uğraya-

rak kabul edilebilir sınır içerisindeydir. Çürüme veya bozulma oranı göz önüne alındığında domateslerin % 2'nin altındaki O₂ konsantrasyonları ile % 6'nın üzerindeki CO₂ konsantrasyonlarında depolanmaları bozulma oranını artırmaktadır. En iyi sonuç % 3 CO₂ + % 5.5 O₂ içeren ortamda alınmış olup eğer bu ortamda ürün 40-50 gün depolanıp 10 gün 15°C'de olgunlaştırılmaya bırakılırsa ya hiç bozulma olmadan ya da en az bozulma ile (% 5 in altında) ürünlerin olgunlaştırılması 50-60 gün geciktirilerek renk, sertlik ve duyu kalite değerleri bakımından her hangi bir problem olmaksızın domatesler pazara 50-60 gün daha geç sunulabilecektir.

SUMMARY

EFFECTS OF LONG TERM CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGE ON POSTHARVEST RIPENING QUALITIES OF TOMATOES

The aim of the study was to determine a CO₂ + O₂ combination using a controlled atmosphere (CA) storage technique which would retard deterioration and extend the storage life and keeping quality of tomatoes. Tomatoes were

stored in CA conditions for 60 or 70 days at 15°C and kept in air for another 10 days for ripening at 20°C. Then the tomatoes were evaluated for changes of their colour, firmness, acidity, total soluble solids (TSS), weight loss and decay during 70 days of storage.

All tomatoes stored either in 1-3 % O₂ or 3-9 % CO₂ were kept their green colour for 40-50 days. Tomatoes stored in low O₂ environment were much more green and slightly firmer than those stored in high CO₂ environments. Acidity levels were found approximately the similar except the fruits stored in 1 % O₂ or 9 % CO₂. They were significantly lower than the other treatments. TSS values of tomatoes stored as a control or in 1 % O₂ particularly after 40 days of storage were significantly lower than the other treatments. While maximum deterioration was occurred in the fruits stored as a control or in 1 % O₂ + 5 % CO₂ concentration, the minimum deteriorated fruits were occurred in 3 % CO₂ + 5.5 % O₂ gas composition during the 70 or 80 days storage.

LİTERATÜR KAYNAKLARI

1. Anonymous, 1992. Minolta, Precise Colour Communication. Colour Control from Feeling to Instrumentation. *Hand book. Printed by Minolta Camera Co. Ltd. Japan.*
2. Batu, A., 1995. Controlled and Modified Atmosphere Storage of Tomatoes. (PhD. Thesis). *Cranfield University. Silsoe College, Silsoe, MK45 4DT, Silsoe, Beds. England.*
3. Batu, A. 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.*
4. _____ and _____, 1995. Effects of Controlled Atmosphere Storage on Extension of Postharvest qualities and Storage Life of Pink Tomatoes. *Proceeding of Control Application in Postharvest and Processing Technology (CAPPT'95). Belgium. pp :263-268.*
5. Batu, A. ve A. Çıtır, 1996. Paketlenerek Depolanması Sırasında Domates Meyvesini Olumsuz Etkileyen Bazı Hastalıklar ve Bunların Kontrol Önlemleri. *Hasad 11(131):22-25.*
6. Ben-Yeshoshua, S., 1985. Individual Seal-packaging of Fruit and Vegetables in Plastic Film. A new Postharvest Technique. *HortScience 20(1):32-37.*
7. Buescher, R. W., 1979. Influence of CO₂ on Postharvest Ripening and deterioration of Tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104: 545-547.*
8. _____ and E. C. Tigchelaar, 1975. Pectinesterase, Polygalacturonase, Cx-cellulose Activities and Softening of the Rin Tomato Mutant. *HortScience 10(6):624-625.*
9. Burton, W. G., 1982. Ripening and Senescence of Fruits. In Postharvest Physiology of Food Crops Ed: W.G. Burton). *Logman Group Ltd. London. pp:181-198.*
10. Esquerra, E. B. and O. K. Bautista, 1990. Modified Atmosphere Storage and Transport of 'Improved Popa' Tomatoes. *ASEAN Food Journal. 5:27-33*
11. Geeson, J. D., 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.*
12. Gould, W. A., 1983. Composition of Tomatoes. In Tomato Production and Quality. Second Edition. *Avi Publishing Company, Inc. pp:344-361.*
13. 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.*
14. 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.*
15. _____, P. Adams and T. J. Dixon, 1983. Assessing The Colour of Tomato Fruit During Ripening. *J.Sci.Food Agric 34: 286-292*

16. Isenburg, F. M. R., 1979. Controlled Atmosphere Storage of Vegetables. *Hort. Reviews* 1:337.
17. Kader, A. A., 1980. Prevention of Ripening in Fruits by Using of Controlled Atmosphere Storage. *Food Technology: May*: 51-54.
18. _____, 1987. Respiration and Gas Exchange of Vegetables. In *Postharvest Physiology of Vegetables*. Ed: J. Weichmann. *Markel Dekker Inc. New York*. pp: 25-43.
19. _____, D. Zagory and E. L. Kerbel, 1989. Modified Atmosphere Packaging of Fruit and Vegetables. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 28:1-30.
20. Kaynaş, K. ve N. Sürmeli, 1994. Farklı Olgunluk Dönemlerindeki Domates Meyvelerinin Bazı Kimyasal Özellikleri ve Solunum Hızlarındaki Değişmeler. *Tr.J.of Agr. and Forestry*. 18: 71-79.
21. Kubo, Y., A. Inaba and R. Nakamura, 1989. Effects of High CO₂ on Respiration in Various Horticultural Crops. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 58: 731-736.
22. Parsons, C. S., R. E. Anderson ve R. W. Penney, 1970. Storage of Mature Green Tomatoes in Controlled Atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 95(6): 791-796.
23. Riquelme F., M. T., Pretel G. Martinez M. Serrano, A. Amoros and F. Romajoro, 1994. Packaging of Fruits and Vegetables: Recent Results. In *Food Packaging and Preservation*. (Ed: Mattlouthi). *Blackie Academic and Professional. London*. pp:141-158.
24. Risse, L. A., 1989. Individual Film Wrapping of Florida Fresh Fruit and Vegetables. *Acta Horticulturae* 258: 263-270.
25. Saijo, R., M. Nagata ve G. Ishii, 1989. Changes in Chemical Composition of Tomatoes During Controlled Atmosphere Storage. *International CA Research Conference. Fifth Proceeding. Vol. 2. Washington. USA*. pp:151-159.
26. 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.
27. _____ and _____, 1974. Development in Technology of Storage and Handling of Fresh Fruits and Vegetables. In *Storage, Processing and Nutritional Quality of Fruits Vegetables*. Ed: K. Salunkhe). *CRC Press*. pp:121-161.
28. Sherman, M., 1985. Control of Ethylene in the Postharvest Environment. *HortScience* 20:57-60.
29. Shewfelt, R. L., 1986. Postharvest Treatment for Extending the Shelf Life of Fruit and Vegetables. *Food Technology May*: 70-80,89.
30. 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.
31. Steal, R. G. D. and J. H. Torrie, 1987. Principle and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. *Second Edition. McGraw Hill Book Company*.
32. Thompson, A. K., 1995. Postharvest Technology of Fruit and Vegetables. *Logmans. London*.
33. Thorne, S. and J. S. S. Alvarez, 1982. The Effect of Irregular Storage Temperatures on Firmness and Surface Colour in Tomatoes. *J. Sci. Food Agr.* 33: 671-676.
34. Yang, C. C. and M. S. Chinnan, 1988. Modelling the Effect of Oxygen and Carbon Dioxide on Respiration and Quality of Stored Tomatoes. *Amer. Soc. Agr. Eng.* 31: 920-925
35. _____, 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.
36. Zagory, D. and A.A. Kader, 1988. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce. *Food Technology* 42:70-77.