

Meyvelerde Derim Sonrası Dönemde Görülen Üşüme Zararı Üzerine Sıcaklık Koşullandırmalarının Etkileri

Özgür ÇALHAN¹

M. Ali KOYUNCU²

¹Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eğirdir, Isparta

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta
Sorumlu yazar: mehmetkoyuncu@sdu.edu.tr

Geliş tarihi: 18.04.2016 Yayıma kabul tarihi: 12.08.2016

Özet: Tropikal ve subtropikal orijinli bahçe ürünlerinin çoğu düşük sıcaklıklara hassastır. Bu ürünler belli bir süre 10-15°C'nin altında fakat donma noktasının üzerinde tutulduklarında üşüme zararı meydana gelmektedir. Bu üşüme sıcaklıklarında, normal metabolik süreçlerin yürütülememesinden dolayı dokuların dayanım güçleri azalmaktadır. Üşüme stresine maruz kalan üşümeye hassas ürünlerde çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal değişimler ve hücrelerde fonksiyon bozuklukları meydana gelmektedir. En fazla karşılaşılan üşüme zararı belirtileri; beneklenme (pitting), iç kararması, öz kararması, yumuşak iç bozukluğu, yumuşak yanıklık ve olgunlaşma bozukluklarıdır. Bu bozulmalardan dolayı ürünlerin kalitelerinin daha uzun süre korunmasını sağlayan düşük sıcaklıkta depolama uygulamasından üşüme zararına hassas taze ürünler yeterince faydalanamamaktadır. Bu ürünlerde hasat öncesi ve sonrası birçok teknik ve kimyasal uygulanarak üşüme zararının etkilerinin azaltılması veya geciktirilmesi için çalışmalar yürütülmektedir. Fakat tüm ürünler ve tüm koşullarda etkili bir tek yöntem bulunmamakta, her tür ve çeşit hatta her bir durum için ayrı ayrı üşüme zararının etkilerinin azaltılması için teknikler kullanılmaktadır. En fazla kullanılan yöntemlerden biri de ürünlerin depolama öncesinde veya sırasında farklı sıcaklıkların uygulandığı sıcaklık koşullandırması yöntemidir. Farklı meyveler için farklı sıcaklık koşullandırmaları kullanılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Üşüme zararı, beneklenme, fizyolojik bozukluklar, meyve, ön koşullandırma

Effects of Temperature Conditioning on Postharvest Chilling Injury of Fruits

Abstract: Many tropical and subtropical crops are sensitive to low temperatures. When these crops are kept at temperatures lower than 10-15°C but above the freezing point for a certain period, chilling injury occurs. Tissue strength of fruits decreases because normal metabolic processes are not maintained at these temperatures. The dysfunction of cells, various physiological and biochemical changes occur when chilling sensitive crops are subjected to chilling stress. The most common symptoms of chilling injury are pitting, internal browning, core breakdown, soggy breakdown, soft scald and abnormal ripening. Fruits sensitive to chilling injury cannot benefit the full advantage of cold storage due to this deteriorations. Many pre- and post-harvest techniques and chemicals have been applied in these crops to reduce or delay the effects of chilling injury. There is not a single effective method for all conditions or all crops. Different techniques are used to reduce the effects of chilling injury for each species and variety even each case. One of the most widely used methods is temperature conditioning by which different temperatures before or during storage could be applied. Different temperatures conditioning are used for different fruits.

Key words: Chilling injury, pitting, physiological disorders, fruit, preconditioning

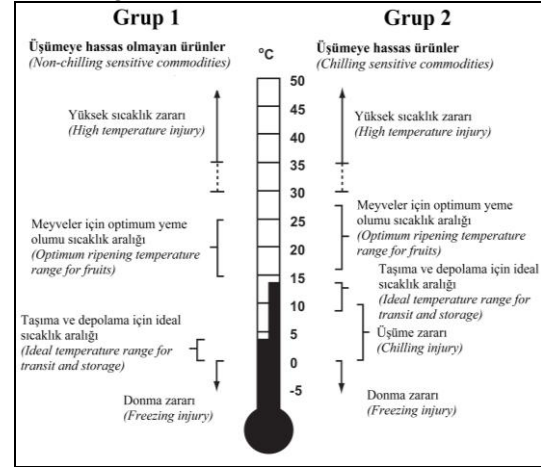
Giriş

Tropikal ve subtropikal bitkiler (veya bitki kısımları) 10-15°C'nin altında ve donma sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklara maruz kaldıklarında belirgin bir fizyolojik fonksiyon bozuklukları sergilerler. Bu

fonksiyon bozuklukları üşüme zararı olarak tanımlanır (Lyons, 1973) ve çeşitli fizyolojik bozukluklarla sonuçlanır (içsel ve dışsal kararmalar, olgunlaşma bozuklukları, kabuk kusurları vb.). Bunun sebebi hala tam olarak

açıklanamamıştır fakat dokulara zarar veren metabolitlerin aşırı üretimine neden olan metabolik aktivitedeki dengesizlikten kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Haard ve Chism, 1996). Ürünler için düşük sıcaklık sınırları bazı elma çeşitleri için 2-3°C iken, avokadolarda 13°C, muzlarda 12-13°C, limonlarda 14°C, mangolarda 10-13°C, ananaslarda 7-10°C'lerin altındaki derecelerdir (Fellows, 2000). Üşüme zararının tanımlanması ve ilk çalışmaların yapıldığı zamandan günümüze kadar bir asırdan fazla süre geçmiştir. Molisch (1896, 1897) donma noktasının üstündeki düşük sıcaklıklarda bazı bitkilerde ölümle bile sonuçlanan bazı zararlanmalardan söz etmiş ve bunun donma zararından farklı olarak 'üşüme zararı' olarak tanımlanmasını önermiştir. Hassas bitkilerdeki (veya bitki kısımlarındaki) böyle zararlanmalar, düşük sıcaklık zararı (Fidler, 1968), soğuk zararı veya elmalarda söylendiği gibi düşük sıcaklık bozulmaları (Wilkinson, 1970) olarak tanımlanmıştır. Zamanla üşüme zararı daha tercih edilebilir bir kavram olarak görünmüştür (Ryall ve Lipton, 1979). Bu durumda ürünlerdeki üşüme zararı, donma zararı ile soğuğa veya kışa dayanımla ilişkili olaylardan rahatlıkla ayırt edilebilmektedir (Levitt, 1972; Weiser, 1970). Üşüme zararının, hassas bitki türlerinde en yoğun 10-12°C sıcaklıklar arasında görüldüğü söylenebilir. Fakat bu genelleme tüm durumlar için yapılamaz. Meyve türlerinin toleransı orijin bölgelerine göre oldukça farklıdır. Örneğin düşük sıcaklık limiti ılıman iklim meyvelerinde 0-4°C, subtropikal meyvelerde 8°C ve tropik meyvelerde ise 12°C civarındaki sıcaklıkların olduğu bildirilmiştir (Wilkinson, 1970). Üşümenin ortaya çıktığı bu sıcaklıklarında, normal metabolik süreçlerin yürütülmesi sağlanmadığından dokuların dayanım güçleri azalmaktadır. Üşüme stresine maruz kalan üşümeye hassas ürünlerde, çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal değişimler ve hücrelerde fonksiyon bozuklukları meydana gelmektedir (Wang, 1982; Raison ve Orr, 1990). Meyveler Şekil 1'de görüldüğü gibi üşümeye hassas olanlar ve olmayan şeklinde iki gruba ayrılabilirler. Ürün üşümeye neden olan sıcaklıklarda belirli bir süre kalınca, fonksiyon

bozuklukları, yüzey lezyonları, içsel renk bozulmaları ve olgunlaşma bozuklukları gibi çeşitli üşüme zararlanmaları gelişmektedir (Saltveit ve Morris, 1990). Düşük sıcaklıktan dolayı üşüme zararına maruz kalan ürünlerde, düşük sıcaklık sürdüğü sürece zararlanma belirtileri ortaya çıkmayabilir ve sağlamış gibi görünebilirler. Ancak üşüme zararı belirtileri ürünler daha yüksek sıcaklıklara çıkartıldığında çok hızlı bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle üşüme zararı daha çok depolama sonrasında taşıma ve pazarlama sırasında açığa çıkmakta ve pazarlamacı veya tüketici bu olumsuz durumla karşı karşıya kalmaktadır. Üşümeye maruz kalmış ürünler özellikle çürümelere karşı da oldukça hassas hale gelmektedir. Normalde sağlıklı dokular üzerinde gelişemeyen zayıf patojenlerden *Alternaria* spp. düşük sıcaklığa maruz kalarak zayıflamış dokular üzerinde hızla gelişerek çürümelere neden olmaktadır (McColloch ve Worthington, 1952).



Grup 1: Elma (*apple*), kayısı (*apricot*), böğütlen (*blackberry*), kiraz (*cherry*), hurma (*date*), incir (*fig*), üzüm (*grape*), kivi (*kiwifruit*), nektarin (*nectarine*), şeftali (*peach*), armut (*pear*), erik (*plum*), çilek (*strawberry*)

Grup 2: Avokado (*avocado*), muz (*banana*), turunçgiller (*citrus*), guava (*guava*), liçi (*lychee*), mango (*mango*), zeytin (*olive*), papaya (*papaya*), ananas (*pineapple*), nar (*pomegranate*)

Şekil 1. Üşüme zararına hassas olan ve olmayan meyve grupları.

Figure 1. Non-chilling and chilling sensitive fruits groups.

Üşüme zararının gelişiminde hem maruz kalma sıcaklığı, hem de süresi oldukça önemlidir. Eğer sıcaklık kritik üşüme bandının çok altında ise kısa sürede zarar meydana gelebilir. Fakat bazı durumlarda ürün uzun süre kritik üşüme bandı sıcaklıkları içerisinde kalabilir. Ürünün olgunluk derecesi üşüme zararına hassasiyette önemli rol oynar. Bazı ürünlerde üşümenin etkisi kümülatiftir. Taşımada, hatta hasattan önce arazide kısa süreli düşük sıcaklıklar depolama sırasındaki üşümenin toplam etkisine eklenmektedir (Wang ve Wallace, 2004).

Bazı uygulamaların üşüme zararının etkilerini hafiflettiği bilinmektedir. Aralıklı ısıtma, sıcaklık koşullandırması, kontrollü atmosfer (KA) ve modifiye atmosfer (MA) koşullarında depolama, bazı maddelerle (etilen, absisik asit, metil jasmonat, salisilik asit, poliaminler ve diğer doğal bileşikler) depolama öncesi uygulamalar, kalsiyum ve benzeri uygulamalar, hipobarik depolama, mumlama, UV-C ile genetik düzenlemeler bunlardan önemli olanlardır (Ryall ve Lipton, 1979; Wang, 1993; Meir ve ark., 1996; Kramer ve ark., 1991; Lipton ve Aharoni, 1979).

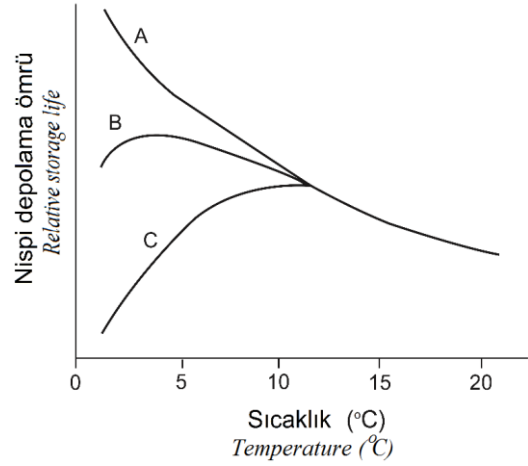
Üşüme zararına hassasiyetlerine göre ürünlerin depolanma ömrü değişmektedir (Şekil 2). Üşümeye hassas olmayan ürünlerde donma derecesine ne kadar yaklaşırsa depolama ömrü o kadar uzarken, üşümeye hassas ürünlerde ise durum değişmektedir. Üşüme zararı bölgesinde depolama ömrü kısa iken, üşüme zararı bölgesinin geçildiği durumlarda ise depolama ömrü uzamaktadır.

Meyve tür hatta çeşitlerinin düşük sıcaklık zararına uğradığı sınır (en düşük güvenli) sıcaklık değerleri farklıdır. Çizelge 1'de bazı meyve türleri için sınır sıcaklık değerleri ve bu değerlerle 0°C arasında depolama yapıldığında görülen bazı zararlanma belirtileri verilmiştir.

Meyvelerde Üşüme Zararının Azaltılmasında Sıcaklık Koşullandırmasının Kullanımı

Meyvelerde üşüme zararı üzerine yapılan araştırmaların ana hedeflerinden birisi üşümeye bağlı zararlanmanın azaltılması

için etkin metotların bulunmasıdır. Üşümeye duyarlı meyve türleri doğal olarak soğuk hava depolarında gereğinden yüksek sıcaklıklarda tutulur, ancak bu durumda bozulmalar da daha hızlı olmaktadır.



Şekil 2. Üşüme durumlarına göre ürünlerin depolanma ömrü (A: Üşümeye hassas değil, B: Orta derecede üşümeye hassas, C: Üşümeye hassas) (KMUTT, 2007).

Figure 2. Storage life of produce according to chilling situation (A = no; B = slight; C = high sensitivity to chilling injury) (KMUTT, 2007).

Eğer bu üşümeye hassas meyve türlerinde dokuların dayanıklılığı artırılabilir veya üşüme zararı belirtilerinin gelişimi geciktirilebilirse, o zaman bozulma hızını azaltan daha düşük sıcaklıklarda bu ürünlerin depolanması mümkün olabilecektir. Üşüme zararının tanımlanmasından sonra geçen sürede, bu zararlanmayı azaltan hasat sonrası dönemde kullanılan çeşitli tekniklere ilişkin birçok eser yayınlanmıştır. Bu amaçla sıcaklık koşullandırması, aralıklı ısıtma, KA ve MA depolama, büyüme düzenleyiciler, farklı kimyasal uygulamalar gibi değişik teknik ve uygulamalar kullanılmıştır. Bunlardan ilk üçü depo ortam koşullarının düzenlenmesi veya değiştirilmesi şeklindeyken, diğerleri doğrudan ürünlere uygulanmaktadır. Bu tekniklerin bazıları belli ürünlerde diğerlerine göre oldukça etkin olup, optimum koşullar ürünlere göre farklılık göstermektedir (Wang, 1993).

Çizelge 1. Hassas meyvelerde üşüme zararı için sınır sıcaklık değerleri ve görülen bozukluklar (Wang ve Wallace, 2004).

Table 1. Critical temperature and injury symptoms for fruits susceptible to chilling injury (Wang and Wallace, 2004).

Meyveler Fruits	Sınır sıcaklık değerleri (°C)* Critical temperature (°C)	0°C ve sınır sıcaklık değerleri arasında depolandığında görülen belirtiler Symptoms of injury when stored between 0°C and critical temperature
Elma (<i>apple</i>)	2-3	İç kararması (<i>internal browning</i>), öz kararması (<i>brown core</i>), yumuşak iç bozukluğu (<i>soggy breakdown</i>), yumuşak yanıklık (<i>soft scald</i>)
Avokado (<i>avocado</i>)	4.5-13	Meyve etinde grimsi kahverengi renk bozuklukları (<i>grayish-brown discoloration of flesh</i>)
Muz (<i>banana</i>)	11.5-13	Olgunlaştığında donuk renk (<i>dull color when ripened</i>)
Yaban Mersini (<i>cranberry</i>)	2	Dokunun elastik (süngerimsi) bir yapı kazanması (<i>rubbery texture</i>), kırmızı meyve eti (<i>red flesh</i>)
Guava (<i>guava</i>)	4.5	Pulp yaralanmaları (<i>pulp injury</i>), çürümeler (<i>decay</i>)
Altıntop (<i>grapefruit</i>)	10	Kabuk yanıklığı (<i>scald</i>), beneklenme (<i>pitting</i>), yumuşak iç bozukluğu (<i>watery breakdown</i>)
Limon (<i>lemon</i>)	11-13	Beneklenme (<i>pitting</i>), hücre zarlarında lekelenme (<i>membranous staining</i>), kırmızı lekelenme (<i>red blotch</i>)
Misket Limonu (<i>lime</i>)	7-9	Beneklenme (<i>pitting</i>), zamanla bronzlaşma
Liçi (<i>lychee</i>)	3	Kabuk kahverengileşmesi (<i>skin browning</i>)
Mango (<i>mango</i>)	10-13	Grimsi yanıklık benzeri kabukta renk bozuklukları (<i>grayish scald-like discoloration of skin</i>), düzensiz olgunlaşma (<i>uneven ripening</i>)
Zeytin (taze) (<i>olive, fresh</i>)	7	İçsel kahverengileşme (<i>internal browning</i>)
Portakal (<i>orange</i>)	3	Beneklenme (<i>pitting</i>), kahverengimsi lekeler (<i>brown stain</i>)
Papaya (<i>papaya</i>)	7	Beneklenme (<i>pitting</i>), olgunlaşma bozuklukları (<i>failure to ripen</i>), istenmeyen tat (<i>off flavors</i>), çürümeler (<i>decay</i>)
Ananas (<i>pineapple</i>)	7-10	Olgunlaştığında donuk renk (<i>dull green when ripe</i>), içsel kahverengileşme (<i>internal browning</i>)
Nar (<i>pomegranate</i>)	4.5	Beneklenme (<i>pitting</i>), içsel ve dışsal kahverengileşme (<i>external and internal browning</i>)

* Meyveler için sınır sıcaklık değerleri ekolojiye göre kısmen değişebilir. (*Critical temperature for fruits may vary in part according to its growing ecology.*)

Üşüme zararının gelişimi, kullanılan depolama sıcaklığı ile depolama süresinin kombinasyonundan etkilenmektedir (Lurie ve Crisosto, 2005). Üşümeye hassas ürünler, depolama öncesi veya sırasında kritik üşüme sıcaklığının üzerindeki farklı sıcaklıklarda tutularak, kritik üşüme sıcaklıklarının altında depolanabilmektedirler. Bu uygulamalar ile kritik üşüme bandının altında üşüme zararının oluşumu geciktirilebilmekte veya engellenebilmektedir. Depolama öncesi ortam sıcaklıkları ürünlerin üşüme zararına karşı hassasiyetini oldukça etkilemektedir (Hatton, 1990). Birçok ürün depolama öncesi düşük veya yüksek sıcaklık koşullandırmasına olumlu tepki vermiştir. Sıcaklık koşullandırma uygulamaları

meyvelerdeki üşüme stresine karşı adaptasyonu olumlu etkilemektedir. Üşümeye hassas ürünlerde birçok biyokimyasal ve fizyolojik değişim, sıcaklık koşullandırma uygulamaları ile ilişkilidir (Wang, 1993). Çeşitli meyvelerde üşüme zararını azaltmak için uygun sıcaklık değerleri ve süreleri Çizelge 2'de verilmiştir. *Oda sıcaklığında koşullandırma (Geciktirilmiş depolama/soğutma)*

Meyvelerin hasattan sonra doğrudan ön soğutma veya soğukta depolama işlemine tabi tutulmadan belirli bir süre oda sıcaklığında bekletilmesi şeklinde uygulanan bir yöntemdir (Şekil 3). Bu uygulama şekline bazen kontrollü olgunlaştırma da denilmektedir. Meyvelerin bu ön

koşullandırma sonrasında hızlı soğutmaya tabi tutulması yumuşama, ağırlık kaybı, çürüme ve genel olarak ürünün hasat sonrası ömrü için önemlidir (Lurie ve Crisosto, 2005). Crisosto ve ark. (2004), üşüme zararına hassas şeftalilerde hasattan tüketiciye kadar olan süreçte meyveleri 0 ile 2.2°C'ler arasında tutmanın ticari koşullarda mümkün olmadığını ve taşıma sırasında mutlaka meyve sıcaklığının bu sıcaklıklar üzerinde kaldığını bildirmişlerdir. Şeftaliler 2.2 ile 7.8°C'ler arasında depolandıklarında üşüme zararı belirtilerinden olan iç kararması oldukça şiddetlenmektedir ve bu aralığa öldürücü sıcaklık (killing temperature) adı verilmektedir (Crisosto,

1997). Şeftalilerin hasattan sonra 24-48 saat 20°C'de bekletildikten sonra 0°C'de depolanması sırasında iç kararmasının daha az geliştiği ve meyve kalitesinin daha uzun süre korunduğu bildirilmiştir (Crisosto ve ark., 2004). Şeftali ve nektarinlerde soğutmanın geciktirilmesi ile üşüme zararına bağlı bozulmaların azaltıldığı, fakat meyvelerde yumuşamanın arttığı bildirilmiştir (Pintado ve ark., 2009; Zhou ve ark., 2000). Honeycrisp elmalarında 7 gün 20°C bekletme sonrasında 3-5°C'de 6 aylık depolamada üşüme zararı belirtileri azaltılmış ve sertlik de dahil kalite kriterleri bakımından farklılık görülmemiştir (DeLong ve ark., 2004).

Çizelge 2. Çeşitli meyvelerde üşüme zararını azaltmak için ön koşullandırmada kullanılan sıcaklık değerleri ve süreleri (Wang, 1993).

Table 2. Temperature and duration used in preconditioning treatment to reduce chilling injury in various fruits (Wang, 1993).

Meyveler <i>Fruits</i>	Ön koşullandırma sıcaklığı (°C) <i>Preconditioning temperature (°C)</i>	Ön koşullandırma süresi (gün) <i>Preconditioning duration (day)</i>	Depolama sıcaklığı (°C) <i>Storage temperature (°C)</i>	Kaynaklar <i>References</i>
Nektarin <i>(nectarine)</i>	20	2	0	Zhou ve ark., 2000
Şeftali <i>(peach)</i>	20	1-2	0	Crisosto ve ark., 2004
	37	12-16 h	2.3-4	Zhou ve ark., 2002
	38	12 h	0	Jin ve ark., 2009
Elma <i>(apple)</i>	20	7	3-5	DeLong ve ark., 2004
	10 veya 15	7	0-1	Hatton ve Cubbedge, 1980
Altıntop <i>(grapefruit)</i>	17	6	0	Chalutz ve ark., 1985
	38	17-22 h	2-4.5	Brooks ve McColloch, 1936
	34.5	3	10	Chun ve ark., 1988
Limon <i>(lemon)</i>	5 veya 15	7	0-2	Houck ve ark., 1990
	21	3	1	McDonald, 1986
Misket limonu <i>(lime)</i>	10	7	1.6 veya 4.4	Spalding ve Reeder, 1983
Mango <i>(mango)</i>	20-15	1-2	10	Thomas ve Oke, 1983
	20	12	5-10	Thomas ve Joshi, 1988
Papaya <i>(papaya)</i>	12.5	4	2	Chen ve Paull, 1986
Yenidünya <i>(loquat)</i>	10	6	1	Jin ve ark., 2015
	38	5 h	1	Rui ve ark., 2010
Avokado <i>(avocado)</i>	38	3-10 h	2	Woolf ve ark., 1995
	40	0.5 h		
	38	6-12 h	0	Florissen ve ark., 1996

Serin ortamda sıcaklık koşullandırması

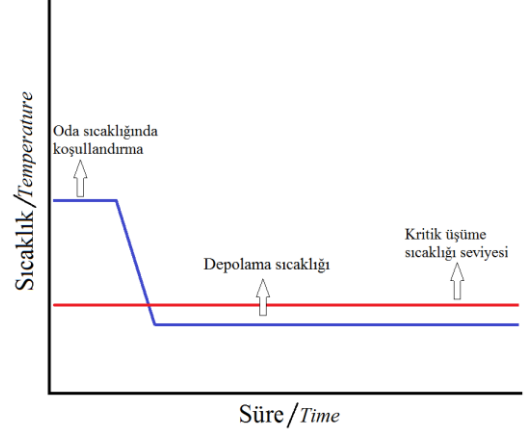
Meyvelerin üşümeden hemen önce maruz kaldığı sıcaklıklar, üşümeye toleransını önemli derecede etkiler (Saltveit ve Cabrera, 1987). Kritik üşüme bandının hafif

üzerindeki sıcaklıklarda koşullandırma sonrasında düşük sıcaklıklarda depolama, ürünlerin üşümeye toleransını arttırmakta ve üşüme belirtilerinin gelişimini geciktirmektedir (Şekil 4).

Jiefangzhong yenidünya çeşidinde meyveler hasattan sonra 6 gün 10°C sıcaklıkta bekletildikten sonra 1°C'de 5 hafta depolandığında, serin ortamda sıcaklık koşullandırması uygulanmayanlara kıyasla üşüme zararının hafiflediği ve meyvelerin üşüme zararına toleranslarının arttığı bildirilmiştir (Jin ve ark., 2015). Papayalar 7.5°C'nin altındaki sıcaklıklara uzun süre maruz kaldıklarında kabuk yanıklıkları, iletim demetleri çevresinde sert bölgeler, sulanmış alanlar ve tat bozulmaları gelişir (Chen ve Paull, 1986). Papayalar 4 gün 12.5°C'de ön koşullandırmaya tabi tutulduklarında üşüme zararına hassasiyetleri azalmaktadır (Chen ve Paull, 1986). Ananas ve limon meyvelerinde böcek karantina gereksinimlerini karşılamak için soğuk uygulama (0°C-2.2°C) sık sık üşüme zararına sebep olmaktadır (Chalutz ve ark., 1985). Soğuk uygulama sırasında veya sonrasında üşüme zararının şiddetini azaltmak için en önemli uygulamalardan biri serin ortamda sıcaklık koşullandırmasıdır. Hatton ve Cubbedge (1980) ananaslarda 7 gün 10°C, 15°C veya 16°C'de sıcaklık koşullandırmasının, 0°C veya 1°C'deki üşüme zararını azalttığını bulmuşlardır. Chalutz ve ark. (1985) altıntopların hasattan hemen sonra soğuk depolama öncesinde 6 gün 17°C'de tutulmalarının üşüme zararını azalttığını bildirmişlerdir. Limonlarda 0°C veya 2.2°C'de soğuk depolamadan önce 1 hafta 5°C veya 15°C'de koşullandırma yapıldığında, koşullandırma yapmadan soğuk depolamadan sonra 4 hafta 10°C'de bekletilenlere göre soğuk depolamada daha az üşüme zararı gelişmiştir (Houck ve ark., 1990). Misket limonlarında 1 hafta 7°C ve 20°C'de koşullandırma sonrasında meyveler 2 hafta 1.5°C'de depolandığında daha az üşüme zararı gelişmiştir (Spalding ve Reeder, 1983).

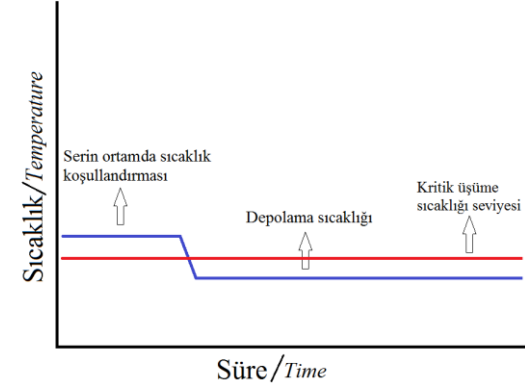
Adım adım (kademeli) sıcaklık koşullandırması

Ön koşullandırmada sıcaklığın kademe kademe indirilmesi şeklinde yapılan uygulamadır (Şekil 5). Kademeli sıcaklık koşullandırmasının tek aşamalı sıcaklık koşullandırmasına göre çok daha etkin olduğu bilinmektedir.



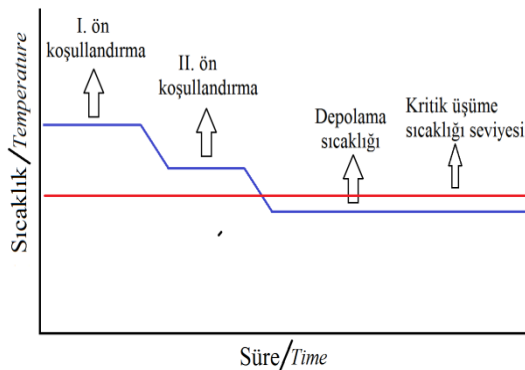
Şekil 3. Ürünlerde oda sıcaklığında koşullandırmanın grafiksel gösterimi.

Figure 3. The graphical representation of room temperature conditioning.



Şekil 4. Ürünlerde serin ortamda sıcaklık koşullandırmasının grafiksel gösterimi.

Figure 4. The graphical representation of cool temperature conditioning.



Şekil 5. Ürünlerde adım adım sıcaklık koşullandırmasının grafiksel gösterimi.

Figure 5. The graphical representation of step-wise temperature conditioning.

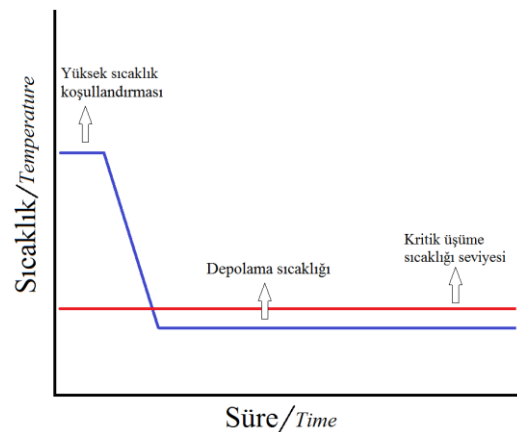
Nitekim Thomas ve Oke (1983) klimakteriyum öncesi mangoların 1 gün 20°C ve 2 günde 15°C'de kademeli sıcaklık koşullandırmasına tabi tutulduğunda, tek aşamalı sıcaklık koşullandırmasına kıyasla 10°C'de daha uzun süre depolanabildiğini ayrıca meyvelerin et rengi ve organoleptik özelliklerinin daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Muzlarda, sıcaklığın 21°C'den 5°C'ye 12 saat aralıklarla 3°C kademeli düşürülmesi, diğer uygulamalar olan 24 saat aralıklarla 5°C düşürülmesi, 36 saat aralıklarla 8°C düşürülmesi ve 21°C'den 5°C'ye doğrudan düşürülmesine göre en az üşüme zararı görülen uygulama olmuştur (Pantastico ve ark., 1967). Sıcaklığın kademeli olarak düşürülmesi bazı armut çeşitlerinde depolama sırasında görülen siyah öz bozukluğunun meydana gelmesini engellemiştir. Bu armutlarda başlangıçta depolama sıcaklığının 10-15 gün boyunca 10-12°C'de tutulması, sonra her 3 günde 1°C azaltarak düşürülmesi tavsiye edilmektedir (Wang ve Zhu, 1981).

Yüksek sıcaklık koşullandırması

Üşüme zararını azaltmak için depolama öncesi yüksek sıcaklık koşullandırması ilk defa 1936 yılında Brooks ve McCulloch tarafından dile getirilmiştir (Şekil 6). Yüksek sıcaklık koşullandırmasında sıcak hava, sıcak buhar ve sıcak su kullanılabilir. Bu yöntem üşüme zararının azaltılması yanında meyvelerde hastalık ve zararlılarla mücadele ve dolayısıyla kalitenin korunması bakımından da olumlu sonuçlar verebilmektedir (Lurie, 2002). Üşüme zararının azaltılmasında yüksek sıcaklık koşullandırması avokadolarda (Woolf ve ark., 1995), elmalarda (Lidster ve Porritt, 1978) turuncgillerde (Wild, 1993; Rodov ve ark., 1995), mangolarda (McCullum ve ark., 1995) ve papayalarda (Paull, 1994) kullanılmaktadır.

Altıntop meyveleri depolama öncesi 17-22 saat 38°C'de tutulduktan sonra 2 veya 4.5°C'de depolama sırasında beneklenmenin (pitting) önemli derecede azaldığı, ancak 0°C'de depolanan meyvelerde ise kabuk yanıklığının arttığı bulunmuştur (Brooks ve McCulloch, 1936). Ben-Yehoshua ve ark. (1987b) turuncgil meyvelerinde depolama

öncesi ısı uygulamasının, perikarpın dış kısımlarında bulunan antifungal maddelerin seviyesini arttırdığını ve *Penicillium*'dan kaynaklanan çürümelere azalttığını bulmuşlardır. Turuncgillerde depolama öncesi yüksek sıcaklık koşullandırması lignin oluşumunu desteklemekte ve hasat-taşıma sırasında meydana gelen yaralanmaların iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır (Brown ve ark., 1978). Sıcaklık koşullandırma uygulamasından arzu edilen sonuçların elde edilmesi için yüksek nem seviyesinin korunması önemlidir. Limon meyvelerinin yüksek yoğunluklu polietilenle kapatılarak kürlenmesi, kapatılmayanlara göre çürümelere azaltılmasında daha etkilidir (Ben-Yehoshua ve ark., 1987a). Chun ve ark. (1988) bireysel olarak plastik film ile kaplanan veya mumlanan altıntopların, 34.5°C'de %95 nispi nemde 3 gün koşullandırıldığında koşullandırma yapılmayan veya düşük nemde koşullandırılanlara göre soğuk depolama sırasında *Penicillium*'a bağlı çürümelere daha az gösterdiklerini bildirmişlerdir. Frangi papaya çeşidinde, kademeli sıcak suya (42°C'ye 30 sn ve 49°C'ye 20 sn) daldırma işlemi yapıldıktan sonra meyvelerin 6°C'de depolanması sırasında kontrol grubuna kıyasla üşüme zararının azaldığı bulunmuştur (Shadmani ve ark., 2015).

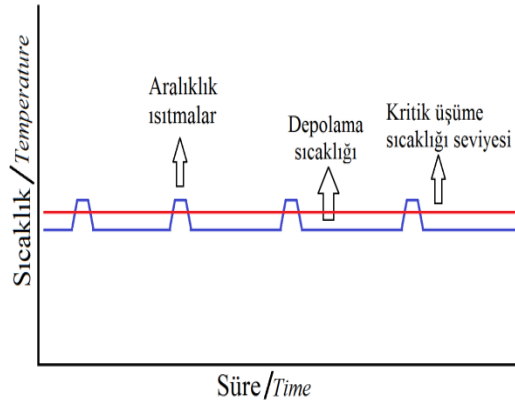


Şekil 6. Ürünlerde yüksek sıcaklık koşullandırmasının grafiksel gösterimi.

Figure 6. The graphical representation of high temperature conditioning.

Aralıklı ısıtma

Düşük sıcaklıkta depolama sırasında soğutmaya ara verilerek bir veya daha fazla sayıda kısa süreli ısı uygulaması, bazı üşümeye hassas ürünlerde üşüme zararı derecesini azaltmaktadır (Biswas ve ark., 2016) (Şekil 7). Aralıklı ısıtma uygulaması şeftali ve nektarinlerde içsel bozulmaları ve yünlüleşmeleri (Lill, 1985; Fernández-Trujillo ve ark., 1998; Zhou ve ark., 2001), eriklerde iç kararmalarını (Wang ve ark., 2009), elmalarda kabuk yanıklığını (Alwan ve Watkins, 1999), narlarda beneklenme ve kabuk yanıklığını (Artés ve ark., 2000), turunçgillerde *Alternaria* çürümelerini, beneklenmeyi ve kırmızı lekelenmeleri (Cohen ve ark., 1983; Artés ve ark., 1993) azaltır veya engeller.



Şekil 7. Ürünlerde aralıklı ısıtma yönteminin grafiksel gösterimi.

Figure 7. The graphical representation of intermittent warming technique.

Depolama sırasında kısa süreli ısı uygulamaları, ürünlerde geri dönüşü olmayan üşüme zararı gelişmeden önce yapılarak meyve kalitesinin korunması sağlanmalıdır. Eğer üşüme sıcaklığında kritik süre geçilir ve geri dönüşü olmayan üşüme zararı gelişirse, ondan sonra ısı yükseltildiğinde sadece meyvedeki bozulma süreçleri hızlanır ve zararlanma belirtileri daha erken ortaya çıkar. Öte yandan, eğer ısı uygulaması çok erken dönemde veya çok sık uygulanırsa, dokular aşırı derecede dirençsiz hale gelebilir, ürün yaralanma ve mikroorganizma saldırılarına daha dayanıksız hale gelir. Bu yüzden doğru zaman ve süre seçimi, aralıklı ısıtma uygulaması için son derece önemlidir

(Wang, 1993). Optimum zaman-süre seçimi farklı ürünler ve çeşitlere göre değişmektedir (Çizelge 3).

Narlar özellikle 5°C'nin altında sıcaklıklarda depolandıklarında sıcaklığa ve süreye bağlı olarak farklı şiddette üşüme zararı belirtileri gösterir (Elyatem ve Kader, 1984). Mollar nar çeşidinde meyveler soğukta depolama sırasında (0°C'de 80 gün) her 6 günde 1 gün 20°C'de tutularak aralıklı ısıtma uygulaması yapılmış ve üşüme zararının gelişimi büyük oranda hafifletilmiştir (Artes ve ark., 1998). Buescher ve Furmanski (1978) üşümeye uğramış şeftali meyvelerinde olgunlaşma sonrasında yünlüleşme ve düşük meyve suyu içeriğinin pektinesteraz ve poligalakturonaz aktivitesinin azalmasıyla ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Ancak, şeftaliler 1°C'de depolama sırasında her 2 haftada 1-2 gün 20°C'de tutulduğunda enzimlerin aktivitesi korunmuş ve yünlüleşme görülmemiştir. Bu durum 5.5 hafta depolama sonrasında bile korunabilmiştir. Eğer, soğuk depolama sırasında meyvelerin ısıtma aralıkları 2 haftadan daha sık veya ısıtma periyodu 24 saatten daha az ise uygulamanın yünlüleşmenin gelişimini önlemedeki etkisi daha az olabilmektedir (Ben-Arie ve ark., 1970; Buescher ve Furmanski, 1978). Anderson ve ark. (1975; 1982) şeftali ve nektarinlerde aralıklı ısıtma uygulamasıyla meyvenin iç bozulmasının azaltıldığını, solunum hızındaki artışın baskılandığını, asitlik ve bazı kalite parametrelerinin daha iyi korunabileceğini bildirmişlerdir. Marsh altıntopları için 2 haftalık aralıklarla ısıtma uygulamalarının haftalık yapılanlara göre daha az etkili olduğu bulunmuştur (Davis ve Hofmann, 1973). Bu meyvelerde depolama boyunca her hafta depo sıcaklığını 8 saat 21°C'ye yükseltmek üşüme zararını önlemek için büyük oranda yeterli olmuştur (Hatton ve ark., 1981). Aralıklı ısıtma uygulamasının diğer faydalarından biri de çürümelerin azaltılmasıdır. Limonlarda üşüme zararı gelişimi 2°C'de depolama sırasında her 21 günde bir meyvelerin 13°C'de 7 gün ısıtılması ile önlenir (Cohen ve ark., 1983). Eureka ve Villa Franca limonlarının bu şekilde kaliteli olarak 6 ay depolanabileceği bildirilmiştir (Cohen, 1988). Smith (1947) Victoria eriklerinde -

1°C’de depolama sırasında 15. ve 20. günler arasında 2 gün sıcaklığın 18°C’ye yükseltilerek iç kahverengileşmesi olarak ortaya çıkan üşüme zararının önemli ölçüde geciktirilebileceğini bildirmiştir. Olında portakal çeşidinde meyvelerin 3 hafta

3°C’de depolandıktan sonra 2 hafta 15°C’de bekletme işleminin, sürekli 3°C’de depolamaya göre üşüme zararı belirtilerini 10 hafta boyunca geciktirdiği saptanmıştır (Schirra ve Cohen, 1999).

Çizelge 3. Çeşitli meyvelerde üşüme zararının azaltılması için kullanılan aralıklı ısıtma yöntemindeki sıcaklık dereceleri, uygulama sıklığı ve süreleri (Wang, 1993; Biswas ve ark., 2016).

Table 3. Frequency, duration and warm temperatures used for intermittent warming to reduce chilling injury in various fruits (Wang, 1993; Biswas et al., 2016).

Meyveler Fruits	Depolama sıcaklığı (°C) Storage temperature (°C)	Uygulama sıklığı Treatment frequency	Kullanılan sıcaklık (°C) temperature (°C)	Isıtma periyodu Warming duration	Kaynaklar References
Elma (apple)	0	6 veya 8 hafta sonra bir kez (once 6 or 8 weeks later)	15	5 gün (5 days)	Smith, 1958
	0	Her 1, 2 veya 4 hafta (every 1, 2, or 4 weeks)	20	1 gün (1 day)	Alwan ve Watkins, 1999
	1	10, 17, 31 veya 58 gün sonra (10, 17, 31 or 58 days later)	20	7 gün (7 days)	Rudell ve ark., 2011
	0	1-4 hafta sonra (1-4 weeks later)	20	3-5 gün (3-5 days)	Watkins ve ark., 1995
Yaban mersini (cranberry)	0.5	Her 4 haftada (every 4 weeks)	21	1 gün (1 day)	Hruschka, 1970
Altıntop (grapefruit)	4	Haftada bir (once a week)	21	8 h (8 hours)	Hatton ve ark., 1981
	2	Haftada bir (once a week)	21	1 gün (1 day)	Brooks ve McCulloch, 1936
	1	Haftada bir (once a week)	21	1 gün (1 day)	Davis ve Hofmann, 1973
Limon (lemon)	2	Her 21 günde (every 21 days)	13	7 gün (7 days)	Cohen ve ark., 1983
	2	Her 2 haftada (every 2 weeks)	13	2 hafta (2 weeks)	Artes ve ark., 1993
Nektarin (nectarine)	0	Her 3 veya 4 haftada (every 3 or 4 weeks)	18	2 gün (2 days)	Anderson ve Penney, 1975
	0	Her 2 haftada (every 2 weeks)	20	2 gün (2 days)	Lill, 1985
	1	Her 2 haftada (every 2 weeks)	20	2 gün (2 days)	Dawson ve ark., 1995
Şeftali (peach)	0	Her 4 haftada (every 4 weeks)	18	2 gün (2 days)	Anderson, 1982
	0	Her 2 haftada (every 2 weeks)	23-25	2 gün (2 days)	Ben-Arie ve ark., 1970
	1	Her 2 haftada (every 2 weeks)	20	1 veya 2 gün (1 or 2 days)	Buescher ve Furmanski, 1978
	1	Her 2 haftada (every 2 weeks)	20	3 gün (3 days)	Wade, 1981
Erik (plum)	-1	Her 15-20 günde (every 15-20 days)	18	2 gün (2 days)	Smith, 1947
	0	Her 15 veya 20 günde (every 15-20 days)	20	1 gün (1 day)	Ding ve ark., 2010
Nar (pomegranate)	0, 2 veya 5	Her 6 günde (every 6 days)	20	1 gün (1 day)	Artes ve ark., 2000

Depo sıcaklığı yükseldiğinde veya ürünler üşüme sıcaklığından üşüme olmayan

sıcaklıklara taşındığında, üşümenin uyardığı değişimler yavaşlamakta ya da ortadan

kalmaktadır. Aralıklı ısıtma ile üşüme sırasında biriken toksik maddelerin uzaklaştırılması şeklinde bir hipotez de bulunmaktadır (Pentzer ve Heinze, 1954). Meyvelerde aralıklı ısıtma uygulamasının hücrelerin metabolik aktivitelerini hızlandırarak, üşüme zararı sırasında oluşan zararlı maddelerin uzaklaştırılmasına katkı sağladığı bildirilmektedir. Üşüyen dokuların kısa sürelerle ısıtılması zarar gören zararlı organellerin ve metabolik süreçlerin onarılmasına yardımcı olmaktadır (Lyons ve Breidenbach, 1987).

Sonuç

Yıllardır hasat sonrası fizyolojisi alanında çalışan uzmanlar bahçe ürünlerinde üşüme zararını hafifletmek veya ortadan kaldırmak için metotlar bulmaya çaba harcamaktadırlar. Geçen 60 yıl süresince bu konu ile ilgili oldukça çok sayıda ortaya konan raporlar veya yayınlar bunun kanıtıdır. Bu konunun bu kadar çok dikkat çekmesi sadece problemin önemini göstermemekte aynı zamanda bu problemin çözümünün zorluğunu da göstermektedir. Meyvelerin şekilleri, boyutları ve fizyolojilerindeki farklılıktan dolayı üşüme zararına toleransları birbirlerinden oldukça değişiklik göstermektedir. Ürünün türü, çeşidi ve yetiştirildiği ekolojik koşullar da üşüme zararı üzerine etkili olmaktadır. Bütün bu faktörler dikkate alındığında, tüm ürünlerde üşüme zararını azaltmada etkili olabilecek evrensel bir metodu hala niçin bulamadığımızı anlamak zor değildir. Üşüme zararını tamamen elimine edici bir metot olmamasına rağmen üşüme zararının etkilerini azaltmak için kullanılan çeşitli uygulamalar umut vaat etmektedir. Bu teknikler ya üşüme zararının gelişimini geciktirerek veya üşümeye karşı ürünün toleransını artırarak zararlanmanın boyutunu azaltmaktadır. Depolama öncesi veya sırasında sıcaklık koşullandırması ile birçok üründe üşüme zararının etkileri hafifletilebilmekte veya geciktirilebilmektedir. Hangi ürün çeşidinde bu sıcaklık koşullandırma uygulamalarından en uygun faydalar sağlanabileceği çeşit bazında detaylı çalışmalar sonucunda ortaya konulabilecektir. Bu sıcaklık

koşullandırma uygulamaları ile ürünlerde herhangi bir kimyasal uygulama yapılmadan hem daha düşük sıcaklıklarda depolama imkanı sağlanmakta hem de kayıpların azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

Kaynaklar

- Alwan, T.F. and Watkins, C.B. 1999. Intermittent Warming Effects on Superficial Scald Development of 'Cortland', 'Delicious' and 'Law Rome' Apple Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 1999, 16, 203-212.
- Anderson, R.E. and Penney, R.W. 1975. Intermittent Warming of Peaches and Nectarines Stored in A Controlled Atmosphere or Air. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1975, 100, 151-153.
- Anderson, R.E. 1982. Long-term Storage of Peaches and Nectarines Intermittently Warmed During Controlled-atmosphere Storage. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1982, 107, 214-216.
- Artés, F., Escriche, A.J. and Marin, J.G. 1993. Treating 'Primofiori' Lemons in Cold Storage with Intermittent Warming and Carbon Dioxide. *Hortscience*, 1993, 28, 819-821.
- Artes, F., Tudela, J.A. and Gil, M.I. 1998. Improving the Keeping Quality of Pomegranate Fruit by Intermittent Warming. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*. 1998, 207(4), 316-321.
- Artés, F., Tudela, A.J. and Villaescusa, R. 2000. Thermal Postharvest Treatments for Improving Pomegranate Quality and Shelf Life. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 18, 245-251.
- Ben-Arie, R, Lavee, S. and Guelfat-Reich, S. 1970. Control of Woolly Breakdown of 'Elberta' Peaches in Cold Storage by Intermittent Exposure to Room Temperature. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1970, 95, 801-803.
- Ben-Yehoshua, S., Barak, E. and Shapiro, B. 1987a. Postharvest Curing at High Temperatures Reduces Decay of Individually Sealed Lemons,

- Pomelos, and Other Citrus Fruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1987, 112, 658-663.
- Ben-Yehoshua, S., Shapiro, B. and Moran, R. 1987b. Individual Seal-packaging Enables the Use of Curing at High Temperatures to Reduce Decay and Heal Injury of Citrus Fruits. *HortScience*, 1987, 22, 777-783.
- Biswas, P., East, A.R., Hewett, E.W. and Heyes, J.A. 2016. Intermittent Warming in Alleviating Chilling Injury-a Potential Technique with Commercial Constraint. *Food and Bioprocess Technology*, 2016, 9(1), 1-15.
- Brooks, C. and McColloch, L.P. 1936. Some Storage Diseases of Grapefruit. *J. Agr. Res.*, 1936, 52, 319-351.
- Brown, G.E., Ismail, M.A. and Barmore, C.R. 1978. Lignification of Injuries to Citrus Fruit and Susceptibility to Green Mold. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 91, 124-126.
- Buescher, R.W. and Furmanski, R.J. 1978. Role of Pectinesterase and Polygalacturonase in the Formation of Woolliness in Peaches. *J. Food Sci.*, 1978, 43, 264-266.
- Chalutz, E., Waks, J. and Schiffmann-Nadel, M. 1985. Reducing Susceptibility of Grapefruit to Chilling Injury during Cold Treatment. *HortScience*, 1985, 20, 226-228.
- Chen, N.M. and Paull, R.E. 1986. Development and Prevention of Chilling Injury in Papaya Fruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1986, 111, 639-643.
- Chun, D., Miller, W.R. and Risse, L.A. 1988. Grapefruit Storage Decay and Fruit Quality after High-temperature Prestorage Conditioning at High or Low Humidity. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1988, 113, 873-876.
- Cohen, E., Shuali, M. and Shalom, Y. 1983. Effect of Intermittent Warming on the Reduction of Chilling Injury of 'Villa franca' Lemon Fruit Stored at Cold Temperature. *J. Hort. Sci.*, 1983, 58, 593-598.
- Cohen, E., 1988. Commercial Use of Long Term Storage of Lemon with Intermittent Warming. *Hortscience*, 1988, 23, 400-401.
- Crisosto, C.H. 1997. Stone Fruit Ripening Protocol for Receivers. Slide set v98-c with Cassette, Univ. Calif. Div. Agr. Nat. Resour., Oakland, 1997.
- Crisosto, C.H., Garner, D., Andris, H.L. and Day, K.R. 2004. Controlled Delayed Cooling Extends Peach Market Life. *HortTechnology*, 2004, 14(1), 99-104.
- Davis, P.L. and Hofmann, R.C. 1973. Reduction of Chilling Injury of Citrus Fruits in Cold Storage by Intermittent Warming. *J. Food Sci.*, 1973, 38, 871-873.
- Dawson, D.M., Watkins, C.B. and Melton, L.D. 1995. Intermittent Warming Affects Cell Wall Composition of 'Fantasia' Nectarines during Ripening and Storage. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1995, 120, 1203-1210.
- DeLong, J.M., Prange, R.K. and Harrison, P.A. 2004. The Influence of Pre-storage Delayed Cooling on Quality and Disorder Incidence in 'Honeycrisp' Apple Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 2004, 33(2), 175-180.
- Ding, B., Li, Y.C., Li, Y. H., Liu, J. and Bi, Y. 2010. Effect of Intermittent Warming Combined with Modified Atmosphere Packaging on Chilling Injury of Plum. *Acta Horticulturae*, 2010, 877, 531-537.
- Elyatem, S.M. and Kader, A.A. 1984. Post-Harvest Physiology and Storage Behaviour of Pomegranate Fruits. *Scientia Horticulturae*, 1984, 24(3), 287-298.
- Fellows, P.J. 2000. *Food Processing Technology: Principles and Practice*. (2nd ed.), CRC Press, New York.
- Fernández-Trujillo, J.P., Cano, A. and Artés, F. 1998. Physiological Changes in Peaches Related to Chilling Injury and Ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 1998, 13, 109-119.
- Fidler, J.C. 1968. *Low Temperature Biology of Foodstuffs*, ed. Hawthorne, E.J. Rolfe. *Rec. Advan. Food Sci.*, 1968, 4, 271-83.
- Florissen, P., Ekman, J.S., Blumenthal, C., McGlasson, W.B., Conroy, J. and

- Holford, P. 1996. The Effects of Short Heat-treatments on the Induction of Chilling Injury in Avocado Fruit (*Persea americana* Mill). *Postharvest Biology and Technology*, 1996, 8(2), 129-141.
- Haard, N.F. and Chism, G.D. 1996. Characteristics of Edible Plant Tissues. In: *Food Chemistry*, 3rd ed. (Fennema, O.R.) CRC Press: Boca Raton, pp: 943-1011.
- Hatton, T.T. and Cubbedge, R.H. 1980. Preconditioning Florida Grapefruit to Prevent or Reduce Chilling Injury in Low-temperature Storage. *HortScience*, 1980, 15, 423.
- Hatton, T.T., Davis, P.L., Cubbedge, R.H. and Munroe, K.A. 1981. Temperature Management and Carbon Dioxide Treatments that Reduce Chilling Injury in Grapefruit Stored at low Temperatures. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 1981, 1, 728-731.
- Hatton, T.T. 1990. Reduction of Chilling Injury with Temperature Manipulation. In: *Chilling Injury of Horticultural Crops* (ed.-Wang, C.Y.), CRC Press, Boca Raton, p: 269-280.
- Houck, L.G., Jenner, J.F. and Bianchi, J. 1990. Holding Lemon Fruit at 5°C or 15°C Before Cold Treatment Reduces Chilling Injury. *HortScience*, 1990, 25, 1174.
- Hruschka, H.W. 1970. Physiological Breakdown in Cranberries-Inhibition by Intermittent Warming During Cold Storage. *Plant Dis. Rptr.*, 1970, 54, 219-222.
- Jin, P., Zheng, Y., Tang, S., Rui, H. and Wang, C.Y. 2009. A Combination of Hot Air and Methyl Jasmonate Vapor Treatment Alleviates Chilling Injury of Peach Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 2009, 52(1), 24-29.
- Jin, P., Zhang, Y., Shan, T., Huang, Y., Xu, J. and Zheng, Y. 2015. Low-Temperature Conditioning Alleviates Chilling Injury in Loquat Fruit and Regulates Glycine Betaine Content and Energy Status. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, 63(14), 3654-3659.
- KMUTT. 2007. *Post-harvest: a Technology for Living Produce*. multimedia Produced by the Division of Post-harvest Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Bangkok, Thailand.
- Kramer, G.F., Wang, C.Y. and Conway, W.C. 1991. Inhibition of Softening by Polyamine Application in 'Golden Delicious' and 'McIntosh' Apples. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1991, 116, 813-817.
- Levitt, J. 1972. *Response of Plants to Environmental Stresses*. Water, Radiation, Salt and Other Stresses, Academic Press, New York.
- Lidster, P.D. and Porritt, S.W. 1978. The Influence of Humidity upon the Response of Spartan Apples to Prestorage High Temperature Treatment. *Can. J. Plant Sci.*, 1978, 58, 1111-1113.
- Lill, R.E. 1985. Alleviation of Internal Breakdown of Nectarines During Cold Storage by Intermittent Warming. *Scientia Horticulturae*, 1985, 25, 241-246.
- Lipton, T.J. and Aharoni, Y. 1979. Chilling Injury and Ripening of 'Honey Dew' Muskmelons Stored at 2.5 or 5°C after Ethylene Treatment at 20°C. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1979, 104, 327-330.
- Lurie, S. 2002. Temperature Management (chapter 5). In: *Fruit Quality and Its Biological Basis*, 107-121. (ed- Knee, M.) CRC Press, pp.107-121.
- Lurie, S. and Crisosto, C.H. 2005. Chilling Injury in Peach and Nectarine. *Postharvest Biology and Technology*, 2005, 37: 195-208.
- Lyons, J.M. 1973. Chilling Injury in Plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 1973, 24, 445-466.
- Lyons, J.M. and Breidenbach, R.W. 1987. Chilling Injury, p. 305-326. In: J. Weichmann (ed.), *Postharvest Physiology of Vegetables*. Marcel Dekker, New York.
- McColloch, L.P. and Worthington, J.T. 1952. Low Temperature as a Factor in the Susceptibility of Mature-green

- Tomatoes to *Alternaria* rot. *Phytopathology*, 1952, 42, 425-427.
- McCollum, T.G., Doostdar, H., Mayer, R.T. and McDonald, R.E. 1995. Immersion of Cucumber Fruit in Heated Water Alters Chilling-Induced Physiological Changes. *Postharvest Biology and Technology*, 1995, 6, 55-64.
- McDonald, R.E. 1986. Effects of Vegetable Oils, CO₂, and Film Wrapping on Chilling Injury and Decay of Lemons. *HortScience*, 1986, 21, 476-477.
- Meir, S., Philosoph-Hadas, S., Lurie, S., Droby, S., Akerman, M., Zauberman, G., Shapiro, B., Cohen, E. and Fuchs, Y. 1996. Reduction of Chilling Injury in Stored Avocado, Grapefruit, and Bell Pepper by MJ. *Can. J. Bot.*, 1996, 74, 870-874.
- Molisch, H. 1896. Das Erfriern von Pflanzen bei Temperaturen über dem Eispunkt. *Sitzungsber. d. Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien. Bd. 105, Abth. I.*, 1896, 105, 82-95.
- Molisch, H. 1897. Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. G. Fischer.
- Pantastico, E.B., Grierson, W. and Soule, J. 1967. Chilling Injury in Tropical Fruits: I. Banana. *Proc. Trop. Reg. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1967, 11, 82-91.
- Paul, R.E. 1994. Response of Tropical Horticultural Commodities to Insect Disinfestations Treatments. *HortScience*, 1994, 29, 988-996.
- Pentzer, W.T. and Heinze, P.H. 1954. Postharvest Physiology of Fruits and Vegetables. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 1954, 5, 205-224.
- Pintado, C.J.M., Velardo, B., Lozano, M., González-Gómez, D., Hernández, T. and Tabla, R. 2009. Effect of Delayed Storage on Chilling Injury Incidence and Postharvest Quality Attributes of Peaches and Nectarines. VI International Postharvest Symposium, 2009, 877, pp. 513-521.
- Raison, J.K. and Orr, G.R. 1990. Proposals for a Better Understanding of the Molecular Basis of Chilling Injury. In: Wang, C.Y. (ed.) *Chilling Injury of Horticultural Crops*, pp. 145-164. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Albagli, R. and Fang, D.Q. 1995. Reducing Chilling Injury and Decay of Stored Citrus Fruit by Hot Water Dips. *Postharvest Biology and Technology*, 1995, 5, 119-127.
- Rudell, D.R., Buchanan, D.A., Leisso, R.S., Whitaker, B.D., Mattheis, J.P., Zhu, Y. and Varanasi, V. 2011. Ripening, Storage Temperature, Ethylene Action, and Oxidative Stress Alter Apple Peel Phytosterol Metabolism. *Phytochemistry*, 2011, 72(11), 1328-1340.
- Rui, H., Cao, S., Shang, H., Jin, P., Wang, K. and Zheng, Y. 2010. Effects of Heat Treatment on Internal Browning and Membrane Fatty Acid in Loquat Fruit in Response to Chilling Stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 90(9), 1557-1561.
- Ryall, A.L. and Lipton, W.J. 1979. *Handling, Transportation, and Storage of Fruits and Vegetables*, vol. 1, Vegetables and Melons, 2nd ed. AVI Publishing Company, Westport, CT.
- Saltveit, M.E. and Cabrera, R.M. 1987. Tomato Fruit Temperature before Chilling Influences Ripening after Chilling. *HortScience*, 1987, 22, 452-454.
- Saltveit, M.E. and Morris, L.L. 1990. Overview on Chilling Injury of Horticultural Crops. In: *Chilling Injury of Horticultural Crops* (ed.-Wang, C.Y.), pp. 3-15. CRC Press, Boca Raton.
- Schirra, M. and Cohen, E. 1999. Long-term Storage of Olinda Oranges under Chilling and Intermittent Warming Temperatures. *Postharvest Biology and Tech.*, 1999, 16(1), 63-69.
- Shadmani, N., Ahmad, S.H., Saari, N., Ding, P. and Tajidin, N.E. 2015. Chilling Injury Incidence and Antioxidant Enzyme Activities of *Carica papaya* L. 'Frangi' as Influenced by Postharvest Hot Water Treatment and Storage Temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 2015, 99, 114-119.

- Smith, W.H. 1947. Control of Low-Temperature Injury in the Victoria Plum. *Nature*, 1947, 159, 541-542.
- Smith, W.H. 1958. Reduction of Low-temperature Injury to Stored Apples by Modulation of Environmental Conditions. *Nature*, 1958, 181, 275-276.
- Spalding, D.H. and Reeder, W.F. 1983. Conditioning Tahiti Limes to Reduce Chilling Injury. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 1983, 96, 231-232.
- Thomas, P. and Oke, M.S. 1983. Improvement in Quality and Storage of 'Alphonso' Mangos by Cold Adaptation. *Sci. Hort.*, 1983, 19, 257-262.
- Thomas, P. and Joshi, M.R. 1988. Reduction of Chilling Injury in Ripe Alphonso Mango Fruit in Cold Storage by Temperature Conditioning. *Int. J. Food Sci.Tech.*, 1988, 23, 447-455.
- Wade, N.L. 1981. Effects of Storage Atmosphere, Temperature and Calcium on Low Temperature Injury of Peach Fruit. *Sci. Hort.*, 1981, 15, 145-154.
- Wang, T. and Zhu, Z. 1981. The Prevention of Black Heart Disorder in Chinese Duck Pears. *Food Sci. (Chinese)*, 1981, 10, 39-43.
- Wang, C.Y. 1982. Physiological and Biochemical Responses of Plants to Chilling Stress. *HortScience*, 1982, 17, 173-186.
- Wang, C.Y. 1993. Approaches to Reduce Chilling Injury of Fruits and Vegetables. *Hort. Rev.* 1993, 15, 63-95.
- Wang, C.Y. and Wallace, H.A. 2004. Chilling and Freezing Injury. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. USDA Agric. Handbook*, (66), 2004.
- Wang, Y.Y., Hu, W.Z., Li, T.T., Tian, M.X. and Jiang, A.L. 2009. Effects of Intermittent Warming on Nutritional compositions of Plum Fruits During Storage. *Science and Technology of Food Industry*, 2009, 9, 073.
- Watkins, C.B., Bramlage, W.J. and Cregoe, B.A. 1995. Superficial Scald of Granny Smith' Apples is Expressed as a Typical Chilling Injury. *Journal of the J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1995, 120(1), 88-94.
- Weiser, C.J. 1970. Cold Resistance and Injury in Woody Plants Knowledge of Hardy Plant Adaptations to Freezing Stress May Help Us to Reduce Winter Damage. *Science*, 1970, 169(3952), 1269-1278.
- Wild, B.L. 1993. Reduction of Chilling Injury in Grapefruit and Oranges Stored at 1°C by Prestorage Hot Dip Treatments, Curing, and Wax Application. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 1993, 33, 495-498.
- Wilkinson, B.G. 1970. Physiological Disorders of Fruit After Harvesting. *Biochemistry of Fruits and Their Products*, 1970, 1, 534-554.
- Woolf, A.B., Watkins, C.B., Bowen, J.H., Lay-Yee, M., Maindonald, J.H. and Ferguson, I.B. 1995. Reducing External Chilling Injury in Stored 'Mass' Avocados with Dry Heat Treatments. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1995, 120, 1050-1056.
- Zhou, H.W., Lurie, S., Lers, A., Khatchitski, A., Sonogo, L. and Arie, R.B. 2000. Delayed Storage and Controlled Atmosphere Storage of Nectarines: Two Strategies to Prevent Woolliness. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 18(2), 133-141.
- Zhou, H., Lurie, S., Ben-Arie, R., Dong, L., Burd, S., Weksler, A. and Lers, A. 2001. Intermittent Warming of Peaches Reduces Chilling Injury by Enhancing Ethylene Production and Enzymes Mediated by Ethylene. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2001, 76, 620-628.
- Zhou, T., Xu, S., Sun, D.W. and Wang, Z. 2002. Effects of Heat Treatment on Postharvest Quality of Peaches. *Journal of Food Engineering*, 2002, 54(1), 17-22.