

HASAT SONRASI HASTALIKLARA KARŞI SICAKLIK UYGULAMALARININ KULLANIMI

Özgür Akgün Karabulut Gül Kuruoğlu Kadir İlhan Ümit Arslan
Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 16384 Görükle-Bursa

Geliş Tarihi: 02.01.2004

ÖZET: Son yıllarda, hasat sonrası hastalıklar ile savaşımında depolamadan önce yapılan sıcaklık uygulamalarının başarılı bir şekilde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Sıcaklık uygulamaları hasat edilmiş ürünlere sıcak su, sıcak buhar, sıcak kuru hava ve mikrodalga ile ısıtma şeklinde uygulanabilmektedir. Sıcaklık uygulamaları çimlenmekte olan sporların çimlenme hızlarının yavaşlatılması, aktivitelerinin kaybolması veya doğrudan öldürülmesi gibi etkileri ile hasat edilen ürünün taşıdığı inokulum miktarını azaltmakta ve çürümeleri en alt düzeye indirmektedir. Sıcaklık uygulamalarının konukçu dokusunda meydana getirdikleri fizyolojik değişimler sonucu çürümeler üzerinde dolaylı bir etkisi de vardır. Uygulamalardan sonra konukçu dokusunun fizyolojisinde ortaya çıkan değişimler sonucu oluşan antifungal bileşiklerin üretiminin uyarılması ve patojenlerin penetrasyonda kullandıkları yaralı alanların iyileşmesi sonucu dolaylı olarak hasat sonrası hastalıklar engellenmektedir. Sıcaklık uygulamaları patojenisite ile ilişkili olan kitinaz ve glukanaaz gibi proteinlerin üretimini uyarmakta, hücre duvarını hidrolize eden enzimlerin (poligalakturonaz) sentezini engellemekte ve konukçu dokusunda enfeksiyondan önce oluşmuş olan antifungal bileşiklerin parçalanma hızını yavaşlatmaktadır. Sıcaklık uygulaması sonucu konukçu yüzeyindeki mumsu tabaka eriyerek kutikulada oluşan çatlakları, mikro düzeydeki yaraları ve stomaları kapatarak patojenin bu alanlardan penetrasyonunu engellemektedir.

Anahtar Kelimeler: sıcaklık uygulaması, hasat sonu hastalıklar, patojenler, çürüme

THE USE OF HEAT TREATMENTS AGAINST POSTHARVEST DISEASES

ABSTRACT: Recently, prestorage heat treatments have proven to be a successful control method of postharvest diseases. Heat treatments may be applied to harvested commodities by hot water, vapor heat, hot dry air and by microwave heating. The direct effect of heat treatments on reducing the inoculum size and minimizing the rots includes slowing germ tube elongation or inactivation and outright killing of germinating spores. Heat treatments have also indirect effects on rots by means of physiological responses of host tissue. The physiological responses of host tissue following treatments include induction of the production of antifungal substances and healing of wounds that serve as the penetration points of pathogens, thus indirect inhibition of postharvest diseases. Heat treatments induce the production of pathogenesis related proteins such as chitinase and glucanase, inhibit the synthesis of cell wall hydrolytic enzymes (polygalacturonases) and delay the reduction of preformed antifungal compounds within host tissue. Melting the wax layer of host surface following the heat treatments fills cuticular fractures, microwounds, and stomata, and inhibits the penetration points of pathogens.

Keywords: heat treatments, postharvest diseases, pathogens, decay

1.GİRİŞ

Taze meyve ve sebzelerin hasat sonrası hastalıklar, depo ömrünü kısaltan en önemli sorunlardan biridir. Bu hastalıklar depolanan ürünün çeşidi ve depolama koşullarına bağlı olarak % 20-50 düzeyinde kayıplara neden olmaktadır (Klein ve Lurie, 1991). Yurtiçi ve yurtdışı pazarlarda tüketime sunulmak üzere yetiştirilen meyve ve sebzelerin paketlenmesinden önce mutlaka toz, kir ve sentetik kökenli pestisitleri içermediğinden emin olunmalıdır. Hasat edilen ürünlerde depolama süresince meydana gelen fizyolojik değişimlere bağlı olarak hasat sonrası hastalıklara karşı duyarlılık depolama süresince artış göstermektedir (Eckert ve Ogawa, 1988). Sentetik kökenli fungusitlerin hasat edilen ürünlerde kullanımını sınırlandıran önemli bazı faktörler vardır. Bu faktörlerden biri patojenlerin fungusitlere karşı geliştirdikleri dayanıklılık mekanizması sonucu yaygın olarak kullanılan fungusitlerin etkilerini kaybetmeleri bir diğeri de özellikle son yıllarda gelişmiş ülkelerde tüketim

aşamasındaki ürünlerde bulunan fungusit kalıntıları ve bu kalıntıların insan sağlığı üzerinde oluşturduğu risklere karşı oluşan kamuoyu baskısıdır (Klein ve Lurie, 1991; How, 1991; Wilson ve ark., 1994). Bu gelişmelerden dolayı hasat sonrası hastalıkların engellenmesinde kimyasal savaşıma alternatif bulma arayışları hız kazanmıştır. Alternatif savaşım yöntemlerinin geliştirilmesi ile ilgili olarak yürütülen araştırmaların, genellikle fiziksel ve biyolojik savaşım yöntemlerinin kullanımı ile patojenlere karşı konukçu dayanıklılığını arttırmaya yönelik olduğu görülmektedir (Ben-Yehoshua ve ark., 1988; Wilson ve ark., 1994; Ben-Yehoshua ve ark., 1997).

Hasat sonunda uygulanan sıcaklık uygulamaları 20. yüzyılın ilk çeyreğinde fungal hastalıkların engellenmesi ve zararlı böceklerin öldürülmesi amacıyla ticari olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte, sentetik kökenli fungusitlerin keşfedilmesi ve bu fungusitlerin hastalıklara karşı yüksek düzeyde olan etkileri, düşük maliyetleri ve uygulamadaki kolaylıkları gibi avantajları

nedeniyle sıcaklık uygulamalarının kullanımından vazgeçilmiştir (Holmes ve Eckert, 1992; Eckert, 1995). Ancak, 1990'lı yıllardan itibaren kimyasal savaşımın yarattığı sakıncalar nedeniyle sıcaklık uygulamalarının tekrar kullanımına ilişkin araştırmalar yoğunlaşmıştır (Paull, 1990; Barkai-Golan ve Phillips, 1991; Lurie, 1998; Schirra ve Ben-Yehoshua, 1999; Porat ve ark., 2000a, Karabulut ve ark., 2002, Plaza ve ark., 2003).

Bu derlemede, hasat sonrası hastalıklara karşı sıcak su, sıcak hava ve mikrodalga gibi ısıl işlemlerin hasat sonrasında kullanıma olanakları ve etki mekanizmaları konukçu bitki patojen ilişkileri çerçevesinde ayrıntılı olarak ortaya konmaktadır.

2. HASAT SONRASI SICAKLIK UYGULAMALARI

Hasat edilen ürünlere sıcaklık uygulanmasında genellikle sıcak hava ve sıcak sudan yararlanıldığı dikkat çekmektedir. Sıcak hava uygulamaları sıcak su uygulamalarına göre daha uzun süreli (38-46 °C'de 12 saat-4 gün) uygulamalar olup, literatürde tedavi edici uygulama olarak isimlendirilmektedir. Tedavi edici uygulama olarak kabul edilmesinin nedeni, hasat sırasında meydana gelen ve patojenlerin

ürüne penetrasyonunda faydalandıkları yaraları birtakım fiziksel ve biyokimyasal savunma mekanizmaları yardımı ile tedavi etmesinden kaynaklanmaktadır. Sıcak su uygulamaları ise, daha kısa süreli (45-60 °C'de 30 saniye-5 dakika) uygulamalardır (Paull ve McDonald, 1994). Özellikle son yıllarda hasat edilen ürünlere sıcaklık uygulamasında mikrodalga teknolojilerinden de yararlanılmaktadır (Ikedia ve ark., 1999).

2.1. Sıcak Hava Uygulaması

Hasat edilen ürünlere sıcak hava uygulamasının kullanımı ile hastalıkların engellenmesine ilişkin ilk kayıt 1936 yılına dayanmaktadır (Brooks ve McCulloch, 1936). Sıcak hava uygulaması ile farklı meyve ve sebzelerde hasat sonrası hastalıkların engellenmesine ilişkin örnekler Çizelge 1'de verilmiştir.

Sıcak hava uygulamalarının entegre savaşım anlayışı içerisinde diğer savaşım yöntemleri ile birlikte kullanılarak tek başlarına kullanıldıkları duruma oranla patojenleri daha başarılı bir şekilde engellemelerine yönelik olarak yürütülen araştırmalar Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı Ürünlerde Sıcak Hava Uygulamalarının Hasat Sonrası Hastalıklara Etkileri

Uygulama Sıcaklığı (°C) ve Süresi	Uygulanan Ürün	Engellenen Patojen	Referans
27-35 °C'de 7 gün	Elma	Hiçbir patojen engellenememiştir.	Naik ve Joshi, 1973
5 °C'de 38 gün, 20 °C'de 14 gün	Elma	<i>Botrytis cinerea</i> Pers: Fr, <i>Penicillium expansum</i> Link	Lakshminarayana ve ark., 1987
36 °C'de 3 gün	Farklı Turunçgil çeşitleri	<i>Penicillium digitatum</i> Sacc., <i>P. italicum</i> Wehmer, <i>Geotrichum candida</i> Lk.ex Pers	Ben-Yehoshua ve ark., 1987a, b
46-48 °C'de 8-24 saat	Mango	<i>Colletotrichum gleosporioides</i> (Penz.) Penz. & Sacc.	Coates ve ark., 1993
38 °C'de 3 gün	Domates	<i>B. cinerea</i>	Fallik ve ark., 1993
9 °C'de 28 gün	Domates	<i>B. cinerea</i> ve <i>Alternaria</i> spp.	Artes ve Escriche, 1994
38 °C'de 96 saat, 42 °C'de 24 saat, 46 °C'de 12 saat	Elma	<i>P. expansum</i>	Fallik ve ark., 1995
32 °C'de 3 gün	Limon, Portakal	<i>P. digitatum</i>	Lanza ve Di Martino Aleppo, 1996
10 °C'de 3 gün	Kivi	<i>B. cinerea</i>	Bautista-Banos ve ark., 1997
37 °C'de 72 saat	Altıntop	<i>P. digitatum</i>	D'hallewin ve ark., 1997
30 °C'de 72 saat 33 °C'de 24 saat	Portakal	<i>P. digitatum</i>	Plaza ve ark., 2003
38 °C'de 4 gün	Elma	<i>P. expansum</i>	Leverentz ve ark., 2003
53 °C'de 21 dakika	Üzüm	<i>B. cinerea</i>	Lydakakis ve Aked, 2003
45 °C'de 3 saat	Çilek	<i>B. cinerea</i>	Vicente ve ark., 2003

Çizelge 2. Sıcak Hava Uygulamalarının Hasat Sonrası Hastalıklara Karşı Diğer Savaşım Yöntemleri İle Beraber Kullanımı

Uygulama Sıcaklığı (°C) ve Süresi	Uygulanan Ürün	Engellenen Patojen	Referans
52 °C'de 15 dakika + Modifiye atmosfer uygulaması	Nektarin	<i>Monilinia fructicola</i> (G. Wint) Honey	Anthony ve ark., 1989
38 °C'de 4 gün + % 2 ve 4'lük kalsiyum uygulaması	Elma	<i>B. cinerea</i>	Conway ve ark., 1994
38 °C'de 48 saat + dodecylbenzenesulfonate	Limon	<i>P. digitatum</i>	Stange ve Eckert, 1994
38 °C'de 4 gün + % 2 CaCl ₂ + Antagonist bakteri	Elma	<i>P. expansum</i>	Conway ve ark., 1999
10 °C'de 96 saat + Antagonist mayalar	Kivi	<i>B. cinerea</i>	Cook ve ark., 1999
38 °C'de 4 gün + Antagonist bakteri ve mayalar	Elma	<i>P. expansum</i>	Leverentz ve ark., 2000

2.2. Sıcak Su Uygulaması

Sıcak suyun meyvelere uygulanması daldırma, püskürtme ve fırçalar yardımıyla durulama şeklinde yapılmaktadır (Schirra ve ark., 2000). Hasat edilen ürünlerde sıcak su uygulamasının kullanımı ile hastalıkların engellenmesine ilişkin yapılan çalışmalar Çizelge 3'de özetlenmiştir.

Sıcak su uygulamalarının entegre savaşım anlayışı içerisinde diğer savaşım yöntemleri ile birlikte kullanımına yönelik olarak yürütülen araştırmalar Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 3. Farklı Ürünlerde Sıcak Su Uygulamalarının Hasat Sonrası Hastalıklara Etkileri

Uygulama Sıcaklığı (°C) ve Süresi	Uygulanan Ürün	Engellenen Patojen	Referans
50 °C'de 2-4 dakika süre ile daldırma	Domates	<i>Alternaria tenuis</i> Auct.	Barkai-Golan, 1974
52 °C'de 2 dakika süre ile daldırma	Kavun	Patojen ismi belirtilmemiştir	Teitel ve ark., 1989
55 °C'de 15 dakika süre ile daldırma	Çilek	<i>B. cinerea</i>	Garcia ve ark., 1995
52 °C'de 3 dakika süre ile daldırma	Mandarin	<i>P. digitatum</i>	Schirra ve Mulas, 1995a
50 °C'de 3 dakika süre ile daldırma	Biber	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler ve <i>B. cinerea</i>	Fallik ve ark., 1996
55 °C'de 12 saniye süre ile su ve fırça ile durulama	Biber	<i>B. cinerea</i>	Fallik ve ark., 1999
59 °C'de 15 saniye süre ile su ve fırça ile durulama	Kavun	<i>A. alternata</i> ve <i>Fusarium solani</i>	Fallik ve ark., 2000
56 °C'de 20 saniye süre ile su ve fırça ile durulama	Mandarin, Portakal ve Altıntop	<i>P. digitatum</i>	Porat ve ark., 2000a
59 °C'de 20 saniye süre ile su ve fırça ile durulama	Mandarin, Portakal ve Altıntop	<i>P. digitatum</i>	Porat ve ark., 2000b
60 °C'de 10 saniye süre ile su ve fırça ile durulama	Turunçgil türleri	<i>Penicillium</i> spp.	Rodov ve ark., 2000
60 °C'de 10 saniye süre ile su ve fırça ile durulama	Şeftali ve nektarin	<i>M. fructicola</i> , <i>P. expansum</i>	Karabulut ve ark., 2002
46.5 °C'de 2 dakika	Üzüm	<i>B. cinerea</i>	Lichter ve ark., 2003

Çizelge 4. Sıcak Su Uygulamalarının Hasat Sonrası Hastalıklara Karşı Diğer Savaşım Yöntemleri İle Beraber Kullanımı

Uygulama Sıcaklığı (°C) ve Süresi	Uygulanan Ürün	Engellenen Patojen	Referans
45 °C'de 3 dakika süre ile sodyum o-phenyl phenate çözeltisine daldırma	Turunçgil türleri	<i>P. digitatum</i> , <i>P. italicum</i>	Barkai-Golan ve Apelbaum, 1991
55 °C'de 1-2 dakika süre ile daldırma + Modifiye Atmosfer Uygulaması	Kavun	<i>B. cinerea</i>	Teitel ve ark., 1991
50 °C'de 2 dakika süre ile daldırma + 1 Kgy dozunda gamma radyasyonu	Domates	<i>B. cinerea</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb.:Fr)	Barkai-Golan ve ark., 1993
45° C'de 4 dakika süre ile % 10'luk ethanol çözeltisine daldırma	Çilek	<i>B. cinerea</i> , <i>R. stolonifer</i>	Margosan ve ark., 1993
52 °C'de 2 dakika süre ile thiabendazole çözeltisine daldırma	Portakal	<i>P. digitatum</i> , <i>P. italicum</i>	Schirra ve Mulas, 1995b
50 °C'de 3 dakika süre ile ethanol çözeltisine daldırma	Şeftali ve nektarin	<i>M. fructicola</i> , <i>R. stolonifer</i>	Margosan ve ark., 1997
55 °C'de 20 saniye süre ile imazalil çözeltisi ile fırçalama ve durulama	Turunçgil türleri	<i>P. digitatum</i> , <i>P. italicum</i>	Ben-Yehoshua ve ark., 2000
63 °C'de 12 saniye süre sıcak su uygulaması + <i>Pichia guilliermondii</i> (antagonist maya) + kontrollü atmosfer uygulaması	Çilek	<i>B. cinerea</i>	Wszelaki ve Mitcham, 2003
40-45 °C'de 3-15 dakika sıcak su uygulaması + UV-C ışık uygulaması + beyaz ışık uygulaması	Çilek	<i>B. cinerea</i>	Marquenie ve ark., 2003

2.3. Sıcak Buhar ve Mikrodalga Uygulamaları

Hasat edilen ürünlere sıcaklık uygulanmasında sıcak buhar ve mikrodalga uygulamasından da yararlanılmaktadır. Sıcak buhar uygulaması genellikle patates ve havuç gibi yumrulu bitkilerde başarılı sonuçlar vermiştir (Afek ve ark., 1999). Mikrodalga uygulamaları ise, genellikle hasat edilen ürünlerde karantinaya tabii zararlı böcekleri engellemeye yönelik olarak kullanılmaktadır (Ikediala ve ark., 1999; Ikediala ve ark., 2000; Tang ve ark., 2000; Ikediala ve ark., 2002). Bununla birlikte, mikrodalga uygulamasının şeftalinin hasat sonrası hastalıklarını engellemede başarılı bir şekilde kullanılabilceği de ortaya konmuştur (Karabulut ve Baykal, 2002).

3. SICAKLIK UYGULAMALARININ ETKİ MEKANİZMASI

Çürümeye neden olan patojenlerin sıcaklık uygulamasına olan tepkisini etkileyen bazı faktörler mevcuttur. Bunlar, sporların su içeriği, inokulumun yaşı, inokulumun konsantrasyonu ve konukçu bitkinin sıcaklığa olan tepkisi şeklinde gruplandırılabilir. Bu faktörlere bağlı olarak sıcaklık uygulamalarının etki mekanizması, patojen üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkisi olmak üzere iki başlık altında incelenebilir.

3.1. Sıcaklık Uygulamalarının Patojen Üzerine Doğrudan Etkileri

Her fungusun yüksek sıcaklıklara karşı gösterdiği tepki birbirinden farklıdır. *In vitro*

denemeler, *B. cinerea*'nın *Alternaria alternata*'ya oranla yüksek sıcaklıklara daha duyarlı olduğunu göstermektedir (Fallik ve ark., 2000). Diğer çalışmalarda da, *A. alternata*'nın *Fusarium solani*'ye, *M. fructicola*'nın da *P. expansum*'a oranla daha duyarlı olduğu ortaya konmuştur (Fallik ve ark., 2000; Karabulut ve ark., 2002). Fungus sporlarının % 50'sini öldüren sıcaklık zaman rejimi ET₅₀ değeri ile ölçülmektedir. Fallik ve ark., (2000), *Alternaria* spp. için ET₅₀ değerini 55 °C'de 25 saniye veya 65 °C'de 16 saniye olarak tespit etmişken, *Fusarium* spp. için bu değerini 60 °C'de 18 saniye olduğunu bulmuşlardır. Çimlenen sporların gelişmekte olan misellere oranla sıcaklık uygulamalarına daha duyarlı oldukları bilinmektedir. Diğer bir çalışmada, elmanın en önemli hasat sonrası hastalıklarından olan *P. expansum*'un misel formunun yüksek sıcaklıklara oldukça dayanıklı olduğu bulunmuştur. *P. expansum*'un spor çimlenmesini yarı yarıya azaltmak (ET₅₀) için gerekli olan zaman, misel gelişimini 38, 42 ve 45 °C'de azaltmak için gerekli olan zamandan sırasıyla % 12, 23 ve 45 düzeyinde daha kısa bulunmuştur (Fallik ve ark., 1995). Benzer bir çalışmada da, *P. expansum* ve *M. fructicola*'nın çimlenmemiş sporlarının çimlenmiş sporlara oranla sıcaklık uygulamalarına daha dayanıklı oldukları tespit edilmiştir (Karabulut ve ark., 2002). Bu örneklerin hepsi sıcaklık uygulamalarının patojenler üzerindeki doğrudan etkisini gösteren örneklerdir.

Meyvelerde çürümenin başlayabilmesi için inokulum miktarının belli bir eşiğin üzerinde olması gerekir. Buradan hareketle, fungusların enfeksiyon birimlerinin canlılığını azaltan sıcaklık uygulamaları, çürümeye neden fungusun inokulum yoğunluğunu azaltmakta ve böylece çürümeyi engellemektedir. Kısa süreli olarak sıcak su ile durulama ve fırçalama (SSDF) şeklinde taze meyve ve sebzelere uygulanan sıcaklık, çürümeleri azaltmada oldukça başarılı sonuçlar vermiştir (Fallik ve ark., 1999; Prusky ve ark., 1999; Porat ve ark., 2000b). SSDF uygulaması sonucu epifitik mikroorganizma popülasyonunda logaritmik olarak 3-4 kat azalma olduğu belirlenmiştir. Bu sonucu diğer bir şekilde ifade etmek gerekirse, çürümeye neden olan patojenlerin sporlarının canlılığının sıcaklık uygulaması sonucu azalmasıyla inokulum yoğunluğu enfeksiyonun başlaması için gerekli olan eşiğin altına inmekte ve buna bağlı olarak çürük meyve yüzdesi de azalmaktadır.

Sıcaklık uygulamalarının nükleus ve hücre duvarının işleyişine zarar verdiği, proteinlerin yapısını bozduğu, mitokondri ve koful membranının fonksiyonunu bozduğu ve spor sitoplazmasında boşluklar oluşturduğu belirlenmiştir (Barkai-Golan, 2001).

3.2. Sıcaklık Uygulamalarının Patojen Üzerindeki Dolaylı Etkisi

Fiziksel savaşım yöntemlerinden olan sıcak su ve sıcak hava uygulamaları doğrudan patojenleri engelleme özelliklerinin yanı sıra bazı konukçu dayanıklılık mekanizmalarını uyarmaları sonucu patojenleri dolaylı bir şekilde de etkileyebilirler. Yürütülen bir çalışmada, sıcaklık uygulamasından sonra elma dokusuna inokule edilen *P. expansum*'un çürüklük oluşturmadığı tespit edilmiştir. Dokudan reizole edilen *P. expansum* sporlarının PDA ortamında gelişmekle birlikte, gelişme hızlarının yavaşladığı ve gelişen hiflerinin de kısa ve kalın olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, konukçu bitki dokusunda kalıcı şok etkisinin varlığını göstermektedir. Bu fizyolojik fenomen, ısıtılan bitki dokusundan ekstrakte edilen sıvının PDA ortamına karıştırılması sonucu, besiyerine inokule edilen fungusun gelişiminin engellenmesi ile daha da kuvvetlenmiştir (Fallik ve ark., 1995). Isıtılmış bitki dokusundan ekstrakte edilen sıvının PDA ortamında *P. expansum*'un gelişimini yavaşlatması, bitki dokusunda dayanıklılıkta rol oynayan antifungal maddelerin sıcaklık uygulaması sonucu aktivite kazandığı hipotezini doğrulamaktadır. Turunçgil meyveleri ile yapılan çalışmalarda, ısıtılan dokudan elde edilen ve bir fitoaleksinin olan scoparone miktarının ısıtılmayan dokudan elde edilene oranla çok daha fazla

olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık uygulamalarının dormant sporları öldürmemekle birlikte onların çimlenmesini geciktirmesi de sıcaklık uygulaması sonucu dayanıklılık mekanizmasının uyarılması ile açıklanmaktadır (Ben-Yehoshua ve ark., 1997; Ben-Yehoshua ve ark., 1998).

Konukçu bitkinin sıcaklık uygulamasına karşı gösterdiği tepki sonucu hasat edilen meyve ve sebzelerin patojenlere karşı geliştirdikleri dayanıklılık mekanizmaları antimikrobiyal bileşiklerin oluşumunun yanı sıra fiziksel engeller ve patojenite ile ilişkili proteinlerin oluşumunu da içeren karmaşık bir olaydır (Couey, 1989). Yeşil renkli domateslerin patojen enfeksiyonlarına karşı dayanıklılıkları bilinmektedir. Olgunlaşma süresince enfeksiyonlara karşı duyarlılıktaki artış anionic peroxidase'ı kodlayan mRNA'nın azalması veya kaybolması ile açıklanmaktadır. Yeşil renkli domateslere sıcaklık uygulanması sonucu mRNA'nın parçalanma sürecinin yavaşlatılması ile konukçu bitki dokusunda olgunlaşma süresince patojenleri engelleyen antifungal dayanıklılığın korunması yapılan bir çalışma ile ispatlanmıştır (Lurie ve ark., 1997). Patojen hifini parçalama yeteneğindeki kitinaz gibi patojenite ile ilişkili proteinlerin miktarının sıcaklık uygulaması sonucu arttığı portakal meyvesi üzerinde ispatlanmıştır (Rodov ve ark., 1996a).

Sıcaklık uygulamalarının, turunçgil meyvesinin kabuğunda yaralı dokuların etrafındaki hücrelerin duvarlarına bağlanan lignin benzeri polimerlerin biyosentezini de teşvik ettiği belirlenmiştir. Turunçgillerde patojenlerin penetrasyonda kullandıkları yaralı turunçgil dokusu üzerinde yürütülen bir çalışmada, 32 °C'de 2 günlük sıcaklık uygulaması sonucu, yaralı bölgenin iyileşmesini sağlayan lignin benzeri bileşiklerin biyosentezini katalize eden ve phenylpropanoid döngüsünün temel enzimlerinden phenyl ammoniyase'nin (PAL) aktivitesinin uyarıldığı tespit edilmiştir (Ben-Yehoshua ve ark., 1987a). Lignin benzeri bileşikler yaralı bölgede patojenin penetrasyonunu engelleyen fiziksel bir bariyer olarak görev yapmaktadır. Hasat edilen meyvenin epikutikulasında göz ile görünmeyen ve patojenlerin penetrasyonda kullandıkları çatlaklar mevcuttur. Sıcaklık uygulaması sonucu bu çatlakların epikutikuladaki mumsu tabakanın erimesi sonucu kapandığı elektron mikroskop çalışmaları ile ortaya konmuştur (Rodov ve ark., 1996b; Roy ve ark., 1999).

4. SONUÇ

Hasat sonrası hastalıklara karşı kimyasal savaşıma alternatif yöntemler bulma arayışları özellikle son on yılda hız kazanmıştır. Bunda

sentetik kökenli kimyasal maddelere karşı gelişmiş ülkelerde ortaya çıkan kamuoyu baskısı oldukça etkili olmuştur. Bununla birlikte, patojenlerin kimyasal maddelere karşı hızla dayanıklılık kazanması, kimyasal madde üreten pestisit sanayisinin yeni aktif madde üretimi için gerekli araştırma geliştirme masraflarını pestisit pazarında meydana gelen daralma nedeniyle karşılayamaz duruma gelmesinin de rolü büyüktür. Bütün gelişmeler bitki patolojilerini kimyasal savaşıma alternatif yöntemler bulma konusunda araştırmalar yapmaya yöneltmektedir (Schirra ve ark., 2000).

Hasat sonrası hastalıklar konusunda kimyasal savaşıma alternatif olabilecek yöntemlerden birisi de fiziksel savaşım yöntemleridir. Bu yöntem içerisinde gerek pratikte kullanılma olanağının bulunması nedeniyle gerekse de oldukça geniş konukçu dizisinde başarı şansı bulunması açısından ön plana çıkan uygulamalardan bir tanesi de sıcaklık uygulamalarıdır.

Sıcaklık uygulamalarının patojen üzerindeki doğrudan etkisinin yanı sıra, konukçu bitkide biyokimyasal ve yapısal savunma mekanizmalarını uyararak sağladığı dolaylı etki, bu uygulamanın depolanacak ürünün özelliklerine bağlı olarak bir entegre savaşım programı içinde diğer savaşım yöntemleri ile beraber kullanma olanağı vermektedir.

Hasat sonrası hastalıklara karşı başarıyla kullanılan sıcaklık uygulamalarının hasat edilen ürünlerde özellikle karantinaya tabii böcekler ile mücadelede de kullanıldığına ilişkin örneklerin bulunması konunun önemini daha da arttırmaktadır (Klein ve Lurie, 1991; Hara ve ark., 1996; Shellie ve Mangano, 1996).

Son derece ucuz ve basit teknolojiler kullanılarak pratiğe aktarılma şansı bulunan sıcaklık uygulamalarının şu anda Amerika Birleşik Devletleri ve İsrail'de pratikte kullanılıyor olması, bize bu yöntemin araştırma aşamasından çıkıp ihracat yapan endüstrinin hizmetine sunulduğunu göstermektedir (Fallik ve ark., 2000). Ülkemizden yapılan tarımsal ürünlerin ihracatında da bilim adamlarımızın yapacağı araştırmaların önderliğinde bu savaşım yönteminin yaygın olarak kullanılması zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

5. KAYNAKLAR

Afek, U., J. Orenstein, Nuriel, E., 1999. Steam treatment to prevent carrot decay during storage. *Crop Protection*. 18:639-642.
 Anthony, B.R., Phillips, D.J., Badr, S., Aharoni, Y., 1989. Decay control and quality maintenance after moist air heat treatment of individually plastic-wrapped nectarines. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 114:946-949.

Artes, F., Escriche, A.J., 1994. Intermittent warming reduces chilling injury and decay development of tomato fruit. *J. of Food Sci.* 59:1053-1056.
 Barkai-Golan, R., 1974. Postharvest heat treatment to control *Alternaria tenuis* Auct. rot in tomato. *Phytopath. Medit.* 7:108-111.
 Barkai-Golan, R., Apelbaum, A., 1991. Synergistic effects of heat and sodium o-phenylphosphate treatments to inactivate *Penicillium* spores and suppress decay in citrus fruits. *Trop. Sci.* 31:229-230.
 Barkai-Golan, R., Phillips, D.S., 1991. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. *Plant Dis.* 75:1085-1089.
 Barkai-Golan, R., Padora, R., Ross, I., Davidson, H., Copel, A., 1993. Combined hot water and radiation treatments to control decay of tomato fruits. *Scientia Hort.* 56:101-105.
 Barkai-Golan, R., 2001. Postharvest diseases of fruits and vegetables. Elsevier Science B.V. p.189-205.
 Bautista-Banos, S., Long, P.G., Ganesh, S., 1997. Curing of kiwifruit for control of postharvest infection by *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biol. Technol.* 12:137-145.
 Ben-Yehoshua, S., Barak, S., Shapiro, B., 1987a. Postharvest curing at high temperature reduces decay of individual sealed lemons, pomelos, and other citrus fruits. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 112:658-663.
 Ben-Yehoshua, S., Shapiro, B., Moran, R., 1987b. Individual seal packaging enables the use of curing at high temperatures to reduce decay and heal injury of citrus fruits. *Hort.Sci.* 22: 777-783.
 Ben-Yehoshua, S., Shapiro, B., Kim, J.J., Sharoni, J., Carmeli, S., Kashman, Y., 1988. Resistance of citrus fruit to pathogens and its enhancement by curing. In: Goren, R., Mendel, K. (Eds.) *Proc 6th Int. Citrus Congr.* Balaban Publishing, Rehovot, Israel, p.1371-1374.
 Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., Peretz, J., 1997. The constitutive and induced resistance of citrus fruit against pathogens. In: Johnson, G.L., Highly, E., Joyce, D.C. (Eds.), *Disease Resistance in Fruit*, ACIAR Proc. No. 80, Canberra, Australia, p.78-92.
 Ben-Yehoshua, S., Nafussi, B., Peretz, J., Rodov, V., 1998. Mode of action of heat treatments of citrus fruits in reducing decay. *COST 98 Meeting*, Madrid, Spain.
 Ben-Yehoshua, S., Peretz, J., Rodov, V., Nafussi, B., Yekutieli, O., Wiseblum, A., Regev, R., 2000. Postharvest application of hot water treatment in citrus fruits: The road from laboratory to the packing-house. *Acta Hort.* 518:19-28.
 Brooks, C., McColloch, C., 1936. Some storage diseases of grapefruit. *J. Agric. Res.* 52:319-351.
 Coates, L.M., Johnson, G.I., Cooke, A.W., 1993. Postharvest disease control in mangoes using high humidity hot air and fungicide treatments. *Ann. Appl. Biol.* 123:441-448.
 Conway, W.S., Sams, C.E., Wang, C.Yi., Abbott, J.A., 1994. Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining

- quality in apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119:49-53
- Conway, W.S., Janisiewicz, W.J., Klein, J.D., Sams, C.E., 1999. Strategy for combining heat treatment, calcium infiltration, and biological control to reduce postharvest decay of 'Gala' apples. Hort. Science. 34:700-704.
- Cook, D.W.M., Long, P.G., Ganesh, S., 1999. The combination effect of delayed application of yeast biocontrol agents and fruit curing for inhibition of the postharvest pathogen *Botrytis cinerea* in kiwifruit. Postharvest Biol. Technol. 16:233-243.
- Couey, H.M., 1989. Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. HortScience 24:198-202.
- D'hallewin, G., Dettori, A., Marceddu, S., Schirra, M., 1997. Evoluzione dei processi infettivi di *Penicillium digitatum* Sacc. in vivo e in vitro dopo immersione in acqua calda. Italus Hortus 4:23-26.
- Eckert, J.W., Ogawa, J.M., 1988. The chemical control of postharvest diseases: Deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops. Ann. Rev. Phytopathol. 26: 433-469.
- Eckert, J.W., 1995. Postharvest disease control: experience with citrus fruit. Tree Fruit Postharvest J. 6:9-12.
- Fallik, E., Klein, J., Grinberg, S., Lomaniec, E., Lurie, S., Lalazar, E., 1993. Effect of postharvest heat treatment of tomatoes on fruit ripening and decay caused by *Botrytis cinerea*. Plant Dis. 77:985-988.
- Fallik, E., Grinberg, S., Gambourg, M., Klein, J.D., Lurie, S., 1995. Prestorage heat treatment reduces pathogenicity of *Penicillium expansum* in apple fruit. Plant Pathol. 45:92-97.
- Fallik, E., Grinberg, S., Alkalai, S., Lurie, S., 1996. The effectiveness of postharvest hot water dips on the control of gray and black moulds in sweet red pepper (*Capsicum annuum*). Plant Pathol. 45:644-649.
- Fallik, E., Grinberg, S., Alkalai, S., Yekutieli, O., Wiseblum, A., Regev, R., Beres, H., Bar-Lev, E., 1999. A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet pepper. Postharvest Biol. Technol. 15:25-32.
- Fallik, E., Aharoni, Y., Copel, A., Rodov, R., Tuvia-Alkalai, S., Horev, B., Yekutieli, O., Wiseblum, A., Regev, R., 2000. A short hot water rinse reduces postharvest losses of Galia melon. Plant Pathol. 49:333-338.
- Garcia, J.M., Anguilera, C., Albi, M.A., 1995. Postharvest heat treatment on Spanish strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. Tudla). J. Agric. Food Chem. 43:1489-1492.
- Hara, A.H., Hata, T.Y., Tenbrink, V.L., Hu, B., Kanake, R.T., 1996. Postharvest heat treatment of red ginger flowers as a possible alternative to insecticidal dip. Postharvest Biol. Technol. 7:137-144.
- Holmes, G.H., Eckert J.W., 1992. Reduced sensitivity of *Penicillium digitatum* to imazalil, thiabendazole and ophenylphenol. Phytopathol. 82:1069 Abstr.
- How, R.B., 1991. Marketing Fresh Fruits and Vegetables. New-York: AVI Book by Van Nostrand Reinhold. p.336.
- Ikediala, J.N., Tang, J., Neven, L.G., Drake, S.R., 1999. Quarantine treatment of cherries using 915 mHz microwaves: temperature mapping, codling moth mortality and fruit quality. Postharvest Biol. Technol. 16:127-137.
- Ikediala, J.N., Tang, J., Drake, S.R., Neven, L.G., 2000. Dielectric properties of apple cultivars and codling moth larvae. Trans. ASAE 43:1175-1184.
- Ikediala, J.N., Hansen, J.D., Tang, J., Drake, S.R., Wang, S., 2002. Development of a saline water immersion technique with RF energy as a postharvest treatment against codling moth in cherries. Postharvest Biol. Technol. 24:25-37.
- Karabulut, O.A., Cohen, L., Wiess, B., Daus, A., Lurie, S., Droby, S., 2002. Control of brown rot and blue mold of peach and nectarine by short hot water brushing and yeast antagonists. Postharvest Biol. Technol. 24:103-111.
- Karabulut, O.A., Baykal, N., 2002. Evaluation of the use of microwave power for the control of postharvest diseases of peaches. Postharvest Biol. Technol. 26:237-240.
- Klein, J.D., Lurie, S., 1991. Postharvest heat treatment and fruit quality. Postharvest News Inf. 2:15-19.
- Lakshminaraya, S., Sommer, N.F., Polita, V., Fortlage, R.J., 1987. Development of resistance to infection by *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* on wounds of mature apple fruits. Phytopathology 77:1674-1678.
- Lanza, G., Di Martino Aleppo, E., 1996. Control of green mould of oranges and lemons by curing at high temperatures, Proc. VIII Int. Citrus Congress, 12-17 May, 1996. Sun City Resort, South Africa (2) p.1187-1191.
- Leverentz, B., Janisiewicz, W.J., Conway, W.S., Saftner, R.A., Fuchs, Y., Sams, C.E., Camp, M.J., 2000. Combining yeasts or a biocontrol agent and heat treatment to reduce postharvest decay of Gala apples. Postharvest Biol. Technol. 21:87-94.
- Leverentz, B., Conway, W.S., Janisiewicz, W.J., Saftner, R.A., Camp, M.J., 2003. Effect of combining MCP treatment, heat treatment and biocontrol on the reduction of postharvest decay of 'Golden Delicious' apple. Postharvest Biol. Technol. 27:221-233.
- Lichter, A., Zhou, H.-W., Vaknin, M., Dvir, O., Zutchi, Y., Kaplunov, T., Lurie, S., 2003. Survival and responses of *Botrytis cinerea* after exposure to ethanol and heat. J. Phytopathology. 151:553-563.
- Lurie, S., Fallik, E., Handros, A., Shapira, R., 1997. The involvement of peroxidase in resistance of *Botrytis cinerea* in heat treated fruit. Physiol. Molec. Plant Pathol. 50:141-149.
- Lurie, S., 1998. Postharvest heat treatments of horticultural crops. Hort. Rev. 22:91-121.
- Lydakis, D., Aked, J., 2003. Vapour heat treatment of Sultanina table grapes. I: control of *Botrytis cinerea*. Postharvest Biol. Technol. 27:109-116.
- Margosan, D.A., Smilanick, J.L., Simmons, G.F., Henson, D.J., 1993. Postharvest hot water and ethanol treatments to control postharvest brown rot on peaches and nectarines. Biol. Cult. Tests. 8:11.

- Margosan, D.A., Smilanick, J.L., Simmons, G.F., Henson, D.J., 1997. Combination of hot water and ethanol to control postharvest decay of peaches and nectarines. *Plant Dis.* 81: 1405-1409.
- Marquenie, D., Michiels, C.W., Van Impe, J.F., Schrevens, E., Nicolai, B.N., 2003. Pulsed white light in combination with UV-C and heat to reduce storage rot of strawberry. *Postharvest Biol. Technol.* 28:455-461.
- Naik, S.L., Joshi, L.K., 1973. Effect of different relative humidity and temperature on the development of *Penicillium* rot of apple and its control. *Hindustan Antibiotics Bulletin.* 16:81-83.
- Paull, R.E., McDonald, R.E., 1994. Heat and cold treatments. In *Insect Pests and Fresh Horticultural Products: Treatments and Pest and Fresh Horticultural Products: Treatments and Responses.* In: R.E. Paull and J.W. Armstrong (Eds.), CAB Intl. Wallingford, UK, p. 191-222.
- Paull, R.E., 1990. Postharvest heat treatments and fruit ripening. *Postharvest News & Inf.* 1:355-363.
- Plaza, P., Usall, J., Torres, R., Lamarca, N., Asensio, A., Viñas, I., 2003. Control of green and blue mould by curing on oranges during ambient and cold storage. *Postharvest Biol. Technol.* 28:195-198.
- Porat, R., Daus, A., Weiss, B., Cohen, L., Fallik, E., Droby, S., 2000a. Reduction of postharvest decay in organic citrus fruit by a short hot water brushing treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 18:151-157.
- Porat, R., Pavoncello, D., Peretz, J., Weiss, B., Daus, A., Cohen, L., Ben-Yehoshua, S., Fallik, E., Droby, S., Lurie, S., 2000b. Induction of resistance to *Penicillium digitatum* and chilling injury in 'Star Ruby' grapefruit by a short hot water rinse and brushing treatment. *J. Hort. Sci. Biotech.* 75:428-432.
- Prusky, D., Fuchs, Y., Kobiler, I., Roth, I., Weksler, A., Shalom, Y., Fallik, E., Zaurberman, G., Pesis, E., Akerman, M., Yekutieli, O., Wiseblum, A., Regev, R., Artés, L., 1999. Effect of hot water brushing, prochloraz treatment and waxing on the incidence of black spot decay caused by *Alternaria alternata* in mango fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 15:165-174.
- Rodov, V., Burns, P., Ben-Yehoshua, S., Fluhr, R., Ben Shalom, N., 1996a. Induced local disease resistance in citrus mesocarp (albedo): accumulation of phytoalexins and PR proteins. *Proc. VIII Int. Citrus Congress, 12-17 May, 1996. Sun City Resort, South Africa.* (2) p.1101-1104.
- Rodov, V., Peretz, J., Agar, T., D'hallewin, G., Ben-Yehoshua, S., 1996b. Heat applications as complete or partial substitute of postharvest fungicide treatments of grapefruit and Oroblanco fruits. *Proc. VIII Int. Citrus Congress, 12-17 May, 1996. Sun City Resort, South Africa.*(2) p.1187-1191.
- Rodov, R., Agar, T., Peretz, J., Nafussi, B., Kim, J.J., Ben-Yehoshua, S., 2000. Effect of combined application of heat treatments and plastic packaging on keeping quality of Oroblanco fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 20:284-287.
- Roy, S., Conway, W.S., Watada, A.E., Sams, C.I., Erbe, E.F., Wergin, W.P., 1999. Changes in ultrastructure of the epicuticular wax and postharvest calcium uptake in apples. *HortScience* 34 :121-124.
- Schirra, M., Mulas, M., 1995a. 'Fortune' mandarin quality following prestorage water dips and intermittent warming during cold storage. *HortScience* 30:560-561.
- Schirra, M., Mulas, M., 1995b. Improving storability of 'Tarocco' oranges by postharvest hot-dip fungicide treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 6:129-138.
- Schirra, M., Ben-Yehoshua, S., 1999. Heat treatments: a possible new technology in citrus handling – Challenges and prospects. In: Schirra, M. (Ed.), *Advances in Postharvest Diseases and Disorders Control of Citrus Fruit.* Research Singpost Publisher, Trivandrum, India, p.133-147.
- Schirra, M., D'hallewin, G., Ben-Yehoshua, S., Fallik, E., 2000. Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 21:71-85.
- Shellie, K.C., Mangan, R.L., 1996. Tolerance of red fleshed grapefruit to a constant or stepped temperature, forced air quarantine heat treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 7: 151-159.
- Stange, R.R., Eckert, J.W., 1994. Influence of postharvest handling and surfactants on control of green mold of lemons by curing. *Phytopathology.* 84:612-616.
- Tang, J., Ikediala, J.N., Wang, S., Hansen, J.D., Cavalieri, R.P., 2000. High-temperature-short-time thermal quarantine methods. *Postharvest Biol. Technol.* 21:129-145.
- Teitel, D.C., Aharoni, Y., Barkai-Golan, R., 1989. The use of hot water to extend the shelf life of 'Galia' melons. *Journal of Horticultural Science.* 64:367-372.
- Teitel, D.C., Barkai-Golan, R., Aharoni, Y., Copel, Z., Davidson, H., 1991. Toward a practical, postharvest heat treatment for 'Galia' melons. *Journal of Horticultural Science.* 64:367-372.
- Vicente, A.R., Martinez, G.A., Chaves, A.R., Civello, P.M., 2003. Influence of self-produced CO₂ on postharvest life of heat-treated strawberries. *Postharvest Biol. Technol.* 29:129-143.
- Wilson, C. L., Ghaouth, A. El., Chalutz, E., Droby, S., Stevens, C., Lu, J.Y., Khan, V., Arul, J., 1994. Potential of induced resistance to control postharvest diseases of fruits and vegetables. *Plant Dis.* 78:837-844.
- Wszelaki, A.L., Mitcham, E.L., 2003. Effect of combinations of hot water dips, biological control and controlled atmospheres for control of gray mold on harvested strawberries. *Postharvest Biol. Technol.* 27:255-264.