



Tarım Bilimleri Dergisi

Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Priming Uygulamasının Biber Tohumlarının Stres Sıcaklıklarında Çimlenme, Yağ Asitleri, Şeker Kapsamı ve Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

Gamze KAYA^a, İbrahim DEMİR^b, Aziz TEKİN^c, Fikret YAŞAR^d, Köksal DEMİR^b

^a T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yenimahalle, Ankara, TÜRKİYE

^b Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Dışkapı, Ankara, TÜRKİYE

^c Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Dışkapı, Ankara, TÜRKİYE

^d Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi — Bitkisel Üretim

Sorumlu Yazar: Gamze KAYA, e-posta: pascalcik@hotmail.com, Tel: +90(312) 343 10 50

Geliş tarihi: 07 Mayıs 2009, Düzeltmelerin gelişi: 28 Ocak 2010, Kabul: 02 Şubat 2010

ÖZET

Bu araştırma, biber (*Capsicum annuum* L.) tohumlarında priming (kontrollü nemlendirme, 48 saat, 25°C) uygulamasının stres sıcaklıklarında (düşük 15°C ve yüksek 35°C) çimlenme, tohumun şeker, toplam yağ, yağ asitleri ve enzim aktivitesindeki değişimlere etkisini incelemek amacıyla iki tekrarlı olarak yürütülmüştür. Araştırmada Çorbacı, Sera Demre 8 ve Yalova Yağlık çeşitleri kullanılmıştır. Priming ile çimlenme oranında kontrole göre en yüksek artış Çorbacı çeşidinde %12 ile 35°C'de, %21 ile de 15°C'de belirlenmiştir. Priming uygulaması biber tohumlarında toplam yağ oranını çeşitlere bağlı olarak farklı seviyelerde azaltmış, uygulama ile yağ oranında gözlenen en fazla düşüş Demre çeşidinde %2.5-3.5 olarak belirlenmiştir. Yağ asitleri kompozisyonu uygulamaya bağlı olarak değişmemiştir. Biber tohumlarının çeşit ve yıllara bağlı olarak %78.9 ile en yüksek düzeyde linoleik asit, %9.1-11.7 ile palmitik ve %7.2-11.4 ile de oleik asit kapsadığı saptanmıştır. Uygulama sakaroz oranını azaltmış ve %0.599' dan %0.390'a düşürerek en önemli değişimi Yalova Yağlık çeşidinde göstermiştir. Glukoz ise uygulama ve kontrolde çok düşük seviyelerde bulunmuştur. Uygulamanın enzimatik değişimler bakımından en önemli etkisi, katalaz'da gözlenen, her iki tekrarda da uygulanmış tohumlarda bu enzim kapsamı kontrole göre daha yüksek ve istatistiksel olarak farklı ($P<0.05$) bulunmuştur. Uygulanmış tohumlarda katalaz enzim aktivitesi birinci tekrarda 11.2 iken, kontrolde 9.2 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. İkinci tekrar için bu değerler, 14.9 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ ve 11.1 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Askorbat peroksidaz ve süperoksit dismutaz enzimlerinde de uygulama ile artış olduğu gözlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Biber; *Capsicum annuum* L.; Priming; Çimlenme; Yağ; Şeker; Enzim

Effect of Priming Treatment on Germination at Stressful Temperatures, Fatty Acid, Sugar Content and Enzymatic Activity of Pepper Seeds

ARTICLE INFO

Research Article — Crop Production

Corresponding author: Gamze KAYA, e-mail: pascalcik@hotmail.com, Tel: +90(312) 343 10 50

Received: 07 May 2009, Received in revised form: 28 January 2010, Accepted: 02 February 2010

ABSTRACT

This research was conducted to investigate the effects of priming (controlled hydration at 25°C for 48 h) on germination at stressful temperatures (low 15°C and high 35°C), sugar content, total oil, fatty acid composition and enzymatic activities of pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds in two consecutive runs. The experiments were conducted on pepper cultivars of Çorbacı, Sera Demre 8 and Yalova Yağlık. Results revealed that priming enhanced germination

of seeds of all cultivars at stressful temperatures. The highest increase in germination was determined in cv. Çorbacı at (15°C) with 12% and 35°C with 21%. Priming decreased total oil content dependent upon cultivars. The highest decrease in oil content by priming was determined in Demre with 2.5-3.5%. On the other hand, fatty acid composition was not changed and the highest fatty acid of the seeds was linoleic acid (78.9%) followed by palmitic (9.16-11.79%) and oleic (7.28-11.40%). Priming resulted in decrease in sucrose which declined from 0.599% to 0.390% in Yalova Yağlık. Glucose was detected as trace in both control and primed seeds. The most important effects of priming on enzymatic activities were recorded in catalase which increased remarkably with priming in both runs. Catalase activity was measured in primed seeds with $11.2 \mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ and in control with $9.3 \mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ in run 1. They were determined as $16.6 \mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ and $9.6 \mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ in run 2, respectively. Even though not the same extent, priming also increased ascorbate peroxidase and superoxide dismutase activities.

Keywords: Pepper, *Capsicum annuum* L.; Priming; Germination; Fat; Sugar content; Enzyme

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Giriş

Biber sıcak iklim sebzesi olup, yüksek verim ve kaliteli tohum üretimi için uzun bir vejetasyon süresine gereksinim duymaktadır. Kuvvetli bitki gelişimi ve yeterli miktarda ürün için erken dönemde çimlenme ve çıkış hızı önem taşır. Biber tohumlarının soğuk topraklarda çimlenme hızı yavaşlar, 24-30°C arasındaki sıcaklıklarda ise çıkış hızı ideal düzeydedir. Biber tohumlarının toprak sıcaklığının düşük (erken ilkbahar, açıkta yetiştiricilik) ya da yüksek (yaz sonu sera üretimi) olduğu dönemlerde doğrudan toprağa ya da fide üretim alanlarına ekildiklerinde çimlenme, çıkış ve fide gelişimi olumsuz yönde etkilenir. Yavaş gerçekleşen çıkış süresince tohumlar böcek, hastalık, toprak tuzluluğu gibi çeşitli olumsuz etmenlere maruz kalır; gelişmiş bitkiler oluşturamaz ve sonuç olarak olgunlaşma gecikir. Bu nedenle, özellikle düşük ve yüksek sıcaklık stresi altında çimlenmenin hızlandırılması, fide üretiminin zamanında yapılması ve gelişmiş bitki elde edilmesinde önem taşımaktadır (Demir & van De Venter 1999; Demir & Okçu 2004; Kenanoğlu et al 2007).

Tohum ekimi ve fide çıkışı arasındaki dönemde karşılaşılan problemleri ortadan kaldırmak, ekim ile çıkışı arasındaki zamanı kısaltmak, fide çıkışını uniform olarak sağlamak, çimlenme ve çıkış sorunlarını minimuma indirmek için ekim öncesi yapılan uygulamalardan biri de priming'tir. En yaygın priming teknikleri arasında, kontrollü su alımının sadece su ile sağlandığı hydropriming, osmotik çözeltilerin (PEG, KNO_3 , KH_2PO_4) kullanıldığı osmopriming ve vermikülit gibi katı ortamların kullanıldığı matrispriming gelmektedir (Heydecker 1973; McDonald 1999). Bu uygulamalar tohum neminin çimlenme eşiğine kadar artırılarak bazı biyokimyasal olayların tetiklenmesi ve ekimden sonra çıkışın

hızlandırılması esasına dayanmaktadır (Heydecker 1973). Bu periyotta çimlenmede hızlandırma sağlanırken tohumda yağ asitleri, şekerler ve enzimatik değişimler gibi biyokimyasal değişimler de meydana gelmektedir (Bailly et al 2004; Basay et al 2006; Buitink et al 2000). Örneğin yaşlanmış ayçiçeği tohumlarında osmopriming uygulaması çimlenme yüzdesini ve antioksidant enzim aktivitesini kontrole göre artırmış (Bailly et al 1998) biber tohumlarında ise ortalama çimlenme zamanını kısaltmakla kalmamış depolama boyunca toplam yağ miktarında da bir yükselme sağlamıştır (Basay et al 2006). Yine biber tohumlarında farklı sürelerde yapılan priming uygulaması, hidrasyon sırasında oligosakkarit içeriğinde azalmaya neden olmuştur (Buitink et al 2000).

Bu çalışmanın amacı; priming uygulamasının olumlu etkisinin tohumdaki yağ, şeker ve enzim aktivitesi ile ilişkisini ortaya koymak ve uygulama ile biber tohumlarındaki bazı biyokimyasal (enzim, toplam yağ, yağ asitleri, şeker) değişimleri incelemektir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma iki ardışık yılda, 2005 (1. tekrar) ve 2006 (2. tekrar) 'da yürütülmüştür. 1. tekrar tohumları 2005 yılına, 2. tekrar tohumları ise 2006 yılına ait tohumlardır. Çalışmada Çorbacı, Sera Demre 8 ve Yalova Yağlık biber (*Capsicum annuum* L.) çeşitlerine ait tohumlar kullanılmış ve tohumlar İstanbul Tohumculuk Tarım San. ve Tic. Ltd. Şti.'den temin edilmiştir.

2.1. Priming uygulaması

Priming uygulaması Demir & Okcu (2004)'de belirtildiği şekilde 25°C'de 48 saat süreyle yapılmıştır. Uygulama sonrası tohumlar başlangıç nem değerlerine kadar 25°C'de kurutulmuştur. Denemeler başlayana kadar tohumlar hava

geçirimsiz kaplarda 5°C'de tutulmuştur. Uygulanmayan tohumlar kontrol olarak kullanılmıştır.

2.2. Stres sıcaklıklarında çimlenme testi

Stres sıcaklık testi, uygulanmış ve kontrol grubu tohumlarda 50x4 tohum/tekerrür bazında 15°C ve 35°C'de yürütülmüştür. Uygulamalar elli tohumun 20x20 cm ebadında distile su ile ıslatılmış filtre kağıtları arasında 14 gün karanlıkta tutulmasıyla gerçekleştirilmiştir. Kağıtlar aralıklı olarak nemlendirilmiş ve plastik torbalarda tutularak nem kaybı önlenmiştir. Çimlendirme süresi sonunda normal fide gelişimi gösteren tohumlar sayılarak % olarak ifade edilmiştir.

2.3. Ortalama çimlenme zamanı (MGT)

Ortalama çimlenme zamanı çimlenme testlerinin günlük sayım değerleri üzerinden Demir & Venter (1999)'e göre hesaplanmıştır.

2.4. Şeker analizi

Uygulanmış ve kontrol grubu tohumlardan 1'er gram, 5 ml %80'lik etil alkolde parçalandıktan sonra 80°C'lik su banyosunda 15 dk bekletilmiştir. 3000 g' de 10 dk santrifüjlenen ekstrakt 2 ml %80'lik etil alkol ile yıkanmıştır. 80°C'de 15 dk ısıtılarak yıkanma tekrarlanmıştır. Her iki santrifüjden alınan ekstraktlar birleştirilmiş ve 40°C'de alkol buharlaşınca kadar bekletilmiştir. Kalıntı 8 ml taşıyıcı fazda eritildikten sonra solüsyondan alınan numune 10 dk santrifüjlenmiştir. HPLC analizi 5 mM H₂SO₄ taşıyıcı fazda 0.6 ml min⁻¹ akış hızı ve 60°C'de yapılmıştır. Elde edilen pikler baz alınarak sakaroz, glukoz ve fruktoz miktarı saptanmıştır (Bailly et al 2001).

2.5. Toplam yağ ve yağ asitleri kompozisyonu analizleri

Uygulanmış ve kontrol tohumlarındaki yağ miktarı soxhelet yöntemiyle belirlenmiş ve çözücü olarak hekzan kullanılmıştır. Sonuçlar kuru madde üzerinden % olarak belirlenmiştir (IUPAC 1987). Tohumların yağ asitleri kompozisyonu AOCS Ce2-66'ya göre esterleştirildikten sonra elde edilen yağ asitlerinin metil esterleri kapilar kolon kullanılarak GC'de analiz edilmiştir. Sonuçlar % metil esterleri olarak verilmiştir (AOCS 1989).

2.6. Enzim analizleri

Priming uygulamasının enzim aktiviteleri üzerine etkilerini incelemek için yaklaşık 2 g tohum örneği sıvı azot içerisinde porselen havanlarda ezildikten sonra içinde 0.1 mM Na-EDTA bulunan 50 mM'lık 10 ml'lik fosfor tampon çözeltisi (pH:7.6) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 15 dk süresince 15000 g'de santrifüj edildikten sonra elde edilen süzükler enzim analizlerinde kullanılmıştır. Enzim aktivitelerinin belirleneceği örnekler, ölçüm yapıncaya kadar +4°C sıcaklıkta tutulmuştur. Ölçümler Analytic Jena 40 model spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir. Enzim ölçümünde son hacimler, tampon çözeltisiyle tamamlanmıştır. SOD aktivitesi, NBT'nin (nitro blue tetrazolium kloridin) ışık altında O₂ tarafından indirgenmesi yöntemine göre, APX aktivitesi, 290 nm'de (E=2.8 mM cm⁻¹) askorbatın oksidasyonu, CAT, H₂O₂'nin 240 nm'de (E=39.4 mM cm⁻¹) parçalanma oranı ölçülerek yapılmıştır (Çakmak & Marschner 1992).

Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenmiş, yüzde değerler açı transformasyonundan sonra SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Biber çeşitlerinin 25°C'deki başlangıç canlılıkları (çimlenme yüzdeleri) 1. tekrar kontrol ve uygulamada sırasıyla Çorbacı çeşidinde %92 ve %94, Demre çeşidinde %95 ve %95, Yalova çeşidinde ise %94 ve %95 olarak belirlenmiştir. Kontrol ve uygulanmış tohumların 2. tekrarda ise Çorbacı çeşidinde %92 ve %92, Demre'de %89 ve %92, Yalova çeşidinde ise %95 ve %94 olarak belirlenmiştir. Her iki tekrarda da çimlenme yüzdeleri bakımından istatistiksel bir farklılık belirlenmemiştir. Priming her üç çeşitte de stres sıcaklıklarında çimlenmeyi artırmıştır. Ortalama çimlenme zamanı her üç çeşitte ve her iki tekrarda uygulamayla birlikte azalmıştır (Çizelge 1). Çorbacı çeşidinde 1. tekrarda düşük sıcaklıkta gerçekleşen toplam çimlenme oranı diğer çeşitlere göre uygulamadan daha çok etkilenmiştir. Priming uygulamalarının stres faktörlerinin etkisini azaltmaya yönelik özelliği karpuz (Demir & Venter 1999), kereviz (Khan et al 1980) ve domates (Odell & Cantliffe 1986) ve biber tohumlarında çimlenme yüzdesini artırdığı, çıkış zamanını kısalttığı ve serada fide çıkışını artırdığı belirlenmiştir (Demir & Okçu 2004).

Çorbacı ve Demre çeşitlerinde sakaroz oranı uygulama ile önemli bir değişiklik göstermemiştir (Çizelge 2). Yalova çeşidinde uygulama ile tohumdaki sakaroz oranı her iki yılda da yaklaşık %40 oranında azalmıştır. Glikoz oranı üç biber çeşidinde de çok düşük düzeyde bulunmuştur. Fruktoz oranı bakımından özellikle Çorbacı çeşidinin 1 ve 2. tekrar tohumlarında belirgin farklılıklar olduğu görülmektedir. Çorbacı çeşidinde 1. tekrarda uygulama ile fruktoz oranı azalırken, 2. tekrarda arttığı gözlenmiştir. Demre çeşidinde ise her iki tekrarda da fruktoz oranı uygulama ile artmış, Yalova çeşidinde önemli bir değişiklik belirlenmemiştir. Priming uygulamalarıyla

tohumdaki şeker miktarının değiştiği birçok türde saptanmıştır (Gurusinghe & Bradford 2001; Buitink et al 2000; Sivritepe et al 2003). Priming etkisinin özellikle oligosakkarit içeriğinde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (Buitink et al 2000). Bu çalışmanın sonuçları tohumların şeker oranlarının çeşitlere göre değiştiğini göstermiştir. 1. tekrarda kullanılan tohumlar 2. tekrara göre şeker oranı yönünden daha düşük değerler göstermiştir. Şeker oranındaki bu değişimin kullanılan tohum partisi içinde mevcut tohumların olgunluk dönemine, kurutma özelliklerine göre değişebildiği Demir et al (2008) tarafından saptanmıştır.

Çizelge 1-Priming uygulamasının biber tohumlarında stres sıcaklıklarında çimlenme (%) ve ortalama çimlenme zamanı (gün) üzerine etkisi

Table 1-The effects of priming treatment on germination (%) and mean germination time (day) of pepper seeds

Muameleler	Çeşit	35°C				15°C			
		1. tekrar		2.tekrar		1. tekrar		2. tekrar	
Uygulama		Çimlenme %	MGT gün	Çimlenme %	MGT gün	Çimlenme %	MGT gün	Çimlenme %	MGT gün
Kontrol	Çorbacı	74	3.8 ^b	90	3.8	72	9.7	96	10.9 ^b
	Demre	66	4.3 ^b	94	3.5	88	10.8	98	11.8 ^b
	Yalova	69	5.6 ^a	87	4.3	91	9.4	97	13.3 ^a
Priming	Çorbacı	86	2.3 ^c	93	2.6	93	7.8	98	8.3 ^c
	Demre	90	2.5 ^c	92	2.5	96	8.4	93	7.1 ^d
	Yalova	92	2.3 ^c	91	2.8	93	7.1	99	8.8 ^c
Uygulama etkisi									
	Kontrol	70 ^b	4.6 ^a	90	3.9 ^a	84 ^b	9.9 ^a	97	11.9 ^a
	Priming	89 ^a	2.4 ^b	92	2.7 ^b	94 ^a	7.8 ^b	97	8.1 ^b
Çeşit etkisi									
	Çorbacı	80	3.1 ^b	92	3.2 ^b	83	8.7 ^b	97	9.6 ^b
	Demre	78	3.4 ^b	93	3.1 ^b	92	9.6 ^a	96	9.4 ^b
	Yalova	81	3.9 ^a	89	3.5 ^a	92	8.2 ^c	98	11.0 ^a
P değerleri									
	Uygulama (U)	0.0001	0.00001	0.5511	0.0001	0.0027	0.0001	0.7291	0.0001
	Çeşit (Ç)	0.6529	0.0005	0.5679	0.0137	0.1179	0.0001	0.3840	0.0003
	U x Ç	0.2470	0.0002	0.3538	0.3683	0.3731	0.3435	0.0543	0.0111

a-d: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar LSD testine göre önemsizdir ($P < 0.05$)

Çizelge 2-Priming uygulamasının biber tohumlarında sakaroz, glikoz ve fruktoz oranı (%) üzerine etkisi

Table 2-The effects of priming on saccharose, glucose and fructose content (%) of pepper seeds

Çeşit		Sakaroz		Glikoz		Fruktoz		Toplam	
		1. tekrar	2. tekrar	1. tekrar	2. tekrar	1. tekrar	2. tekrar	1. tekrar	2. tekrar
Çorbacı	Kontrol	0.487	0.685	*	*	1.487	3.913	1.974	4.598
	Priming	0.549	0.662	*	*	0.527	4.917	1.076	5.579
Demre	Kontrol	0.567	0.567	*	*	0.070	0.070	0.637	0.637
	Priming	0.436	0.453	*	*	0.167	1.088	0.603	1.541
Yalova	Kontrol	0.476	0.722	0.087	0.087	0.148	0.138	0.711	0.947
	Priming	0.286	0.495	*	*	0.125	0.116	0.411	0.611

* : Herhangi bir değer saptanmamıştır

Çorbacı çeşidi hariç, Demre ve Yalova'da uygulamayla sakaroz oranı azalmıştır. Benzer sonuç, Gurusinghe & Bradford (2001) tarafından marul tohumlarında da belirlenmiştir. Bunun en temel nedeni priming uygulaması ile tohumun çimlenme sürecinin başlatılmış olması ve bu sebeple de disakkaritlerden monosakkaritlere parçalanmanın gerçekleşmesi olabilir. Ancak domates tohumlarında sakaroz uygulama etkisi ile artmıştır. Üç gün uygulanmış tohumlar hızlı kurutmada yavaş kurutmaya göre yüksek sakaroz oranına sahip olmuş, 6 gün uygulananlar ise hızlı kurutmada daha düşük sakaroz kapsamı göstermiştir (Gurusinghe & Bradford 2001). Bu sonuç, şekerlerdeki değişimin sadece uygulama ile değil uygulama sonrası kurutma hızı ile ve süresi ile bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır. Kurutma süresinin uzun olması şekerlerin parçalanması ve basit şekerlere dönüşümünün nedenlerinden biri olabilir. Çeşitlerin sakaroz ve fruktoz kapsamının yıllar itibarıyla farklılık göstermesi ve özellikle Çorbacı çeşidinde 1. tekrar'da uygulamayla azalan fruktozun, 2. tekrar'da artması, biber tohumlarındaki şeker miktarının yıllara göre yetiştirme koşulları nedeniyle, farklı olması yanında, şeker miktarının çeşitler arasında değişkenlik göstermesinden kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Nitekim, Buitink et al (2000) biber tohumlarında uygulama süresinin artmasıyla sakaroz miktarının arttığını ve bu değişimin embriyoda daha belirgin olduğunu bulmuşlardır. Koster & Leopold (1988) mısır, Gurusinghe & Bradford (2001) ise marul tohumlarında su alımı sırasında sakaroz miktarının azaldığını bildirmişlerdir.

Demre ve Yalova çeşitlerinde uygulamayla birlikte toplam yağ miktarında azalma belirlenirken, Çorbacı çeşidinde uygulama sonrası toplam yağ miktarı değişmemiştir. İkinci tekrarda ise tüm çeşitlerde uygulama sonrası toplam yağ miktarında azalma olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

Biber tohumlarında yağ oranları çeşitlere göre değişmekle beraber %13-19 civarında olmuştur. Yalova çeşidi yağ oranı bakımından en yüksek değerleri vermiştir. 1. tekrar'da Çorbacı ve Yalova çeşidinde uygulamayla yağ oranında kontrole yakın değerler vermesine rağmen, 2. tekrar'daki örneklerde uygulamayla Çorbacı çeşidinde %1, Demre ve Yalova çeşitlerinde %3 oranında azalma belirlenmiştir. Bu durum, Kacar (1989)'ın da belirttiği gibi, çimlenmenin ilk aşamasında yağların hidrolize olduğunu, uygulamada artan solunumla

daha fazla yağ parçalandığını düşündürmektedir. Ancak Basay et al (2006) %2'lik KNO₃ ile 4 gün 20°C'de yapılan uygulamayla biber tohumundaki yağ oranının arttığını bildirmiştir. Mevcut sonuçlarla uyuşmayan bu bulgu, uygulamada kullanılan KNO₃'den, uygulama süresindeki fazlalıktan veya uygulama sıcaklığının daha düşük olmasından kaynaklanabilir. Zira Cantarelli et al (1993) düşük ve yüksek sıcaklık uygulamasından sonra tohumdaki yağ asitlerinin ve yağ miktarının farklı olduğunu bildirmiştir. Yağ asitleri dağılımı bakımından uygulama ve kontrol tohumları benzer sonuçlar vermiştir. Biber tohumlarında en yüksek oranda bulunan yağ asitlerinin linoleik, oleik ve palmitik asitler olduğu saptanmıştır (Çizelge 4). En düşük seviyede saptanan yağ asidinin ise miristik asit olduğu belirlenmiştir. Biber çeşitlerinin tohumlarındaki yağ asitleri kompozisyonunda uygulamayla oluşan değişimler 1. ve 2. tekrarda farklı olmuştur. Çorbacı çeşidinde 1. tekrarda, uygulanmış tohumlarda miristik, palmitik ve palmitoleik asit kontrole göre artarken, linoleik, araşidik ve behenik asit miktarının azaldığı gözlenmiştir. Demre çeşidinde uygulanmış tohumlarda palmitik, palmitoleik, stearik ve oleik asit miktarı artarken, linoleik, linolenik, araşidik ve behenik asit miktarı azalmıştır. Yalova çeşidinde ise 1. tekrarda uygulamayla miristik ve linoleik asit miktarı kontrole göre artarken, palmitik, palmitoleik, sterik, oleik, araşidik ve behenik asit miktarının azaldığı görülmektedir. Demre ve Yalova çeşitlerinde kontrol ve uygulanmış tohumlarda yağ asitleri bakımından meydana gelen değişimler birbirine yakın değerler göstermiştir. Bu sonuçlar özellikle yağ oranı yüksek olan ayçiçeği tohumlarında yağ asitlerinin osmo-priming (-2 MPa PEG 8000) uygulamasıyla değişmediğini bildiren Walters et al (2005) ve Corbineau et al (2002)'ın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 3-Uygulamanın biber tohumlarında toplam yağ oranına (%) etkisi

Table 3-The effects of priming treatments on total oil content (%) of pepper seeds

Yıl	Uygulama	Çorbacı	Demre	Yalova
1.	Kontrol	13.42	15.96	18.64
	Priming	13.64	13.46	18.41
	Ortalama	13.53	14.71	18.53
2.	Kontrol	14.04	22.44	19.11
	Priming	13.02	18.91	16.80
	Ortalama	13.53	20.68	17.96
Uygulama etkisi				
	Kontrol	13.73	19.20	18.88
	Priming	13.33	16.19	17.61

Çizelge 4-Priming uygulamasının biber tohumlarında yağ asitleri kompozisyonuna (%) etkisi

Table 4-The effects of priming treatments on fatty acid composition (%) of pepper seeds

Yağ Asitleri	Çorbacı			
	1. Tekrar		2. Tekrar	
	K	P	K	P
Miristik	0.11±0.07	0.12±0.04	0.07±0.01	0.09±0.00
Palmitik	9.18±0.20	9.79±1.19	10.40±0.33	10.46±0.07
Palmitoleik	0.16±0.01	0.18±0.02	0.14±0.00	0.14±0.01
Stearik	3.08±0.08	3.09±0.20	2.24±0.03	2.33±0.06
Oleik	10.18±0.15	10.27±0.03	7.29±0.11	7.28±0.11
Linoleik	76.41±0.12	75.70±0.92	78.98±0.36	78.82±0.00
Linolenik	0.26±0.01	0.27±0.00	0.29±0.00	0.27±0.00
Araşidik	0.35±0.00	0.33±0.04	0.29±0.02	0.29±0.01
Behenik	0.24±0.01	0.21±0.06	0.25±0.04	0.27±0.04
TOPLAM	99.9	98.9	99.9	99.9

Yağ Asitleri	Demre			
	1. Tekrar		2. Tekrar	
	K	P	K	P
Miristik	0.11±0.02	0.11±0.00	0.12±0.03	0.10±0.00
Palmitik	9.79±0.83	11.79±0.36	9.58±1.03	9.16±0.16
Palmitoleik	0.15±0.01	0.30±0.00	0.17±0.01	0.18±0.01
Stearik	3.16±0.13	3.27±0.00	3.04±0.12	2.98±0.02
Oleik	9.60±0.00	11.09±0.02	10.29±0.10	10.31±0.03
Linoleik	76.20±0.65	72.53±0.30	75.90±0.81	76.41±0.10
Linolenik	0.27±0.01	0.24±0.00	0.27±0.01	0.27±0.00
Araşidik	0.38±0.04	0.36±0.01	0.33±0.02	0.33±0.01
Behenik	0.30±0.05	0.27±0.04	0.25±0.01	0.21±0.03
TOPLAM	99.9	99.9	99.9	99.9

Yağ Asitleri	Yalova			
	1. Tekrar		2. Tekrar	
	K	P	K	P
Miristik	0.10±0.01	0.14±0.02	0.10±0.00	0.10±0.00
Palmitik	11.34±0.46	10.61±0.81	11.10±0.36	10.99±0.03
Palmitoleik	0.29±0.025	0.15±0.01	0.26±0.00	0.25±0.00
Stearik	3.36±0.04	3.23±0.11	3.16±0.02	3.37±0.04
Oleik	10.75±0.01	9.40±0.12	11.40±0.09	11.45±0.07
Linoleik	73.48±0.38	75.60±0.52	73.02±0.22	72.71±0.11
Linolenik	0.25±0.01	0.24±0.02	0.25±0.01	0.26±0.00
Araşidik	0.40±0.02	0.36±0.04	0.39±0.03	0.45±0.02
Behenik	0.25±0.05	0.23±0.04	0.27±0.01	0.37±0.02
TOPLAM	97.2	99.9	99.9	99.9

Katalaz ve askorbat peroksidaz enzim aktivitesi açısından 1. ve 2. tekrarda uygulama x çeşit etkisi önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 5). Süperoksit dismutaz enzim aktivitesinde ise sadece 2. tekrarda uygulama x çeşit etkisi önemli olmuştur. 1. tekrarda Çorbacı ve Demre çeşitlerinde katalaz aktivitesi uygulamayla önemli bir farklılık oluşturmazken, Yalova çeşidinde katalaz aktivitesi önemli şekilde artmıştır. 2. tekrarda priming yapılan tüm çeşitlerin tohumlarında katalaz aktivitesi belirgin bir şekilde artmıştır. Süperoksit dismutaz enzim aktivitesi incelendiğinde, 1. tekrarda priming Çorbacı çeşidi tohumlarında belirgin bir artışa neden olmuş, ancak bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. 2.

tekrarda ise üç biber çeşidinde de süperoksit dismutaz enzim aktivitesinin priming uygulamasıyla artış gösterdiği saptanmıştır. Priming uygulamalarıyla sağlanan çimlenme oranındaki artış ve çimlenme süresindeki kısalmanın, katalaz aktivitesiyle yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir (Bailly et al 1998, 2000, 2004; Srinivasan et al 1999). Katalaz'ın yanı sıra, tohumdaki süperoksit dismutaz ve askorbat peroksidaz gibi diğer bazı antioksidant enzim aktivitesinin de hidrasyon uygulamaları ile arttığı tespit edilmiştir (Chiu et al 2005). Bu çalışma sonuçları da daha önceki bulgularla uyumlu niteliktedir. Priming uygulamasıyla sağlanan çimlenme oranındaki artışın tohumdaki bu üç enzim aktivitesindeki artışla ilgili olabileceği söylenebilir. Ayrıca sonuçlarımız, hızlı yaşlandırma sonunda priming uygulamasıyla su kabağı tohumlarındaki katalaz, askorbat peroksidaz ve süperoksit dismutaz aktivitesinin arttığını saptayan Hsu et al (2003) ile soğan tohumlarında humidifikasyon süreleriyle tohumdaki katalaz aktivitesinin arttığını belirleyen Demirkaya (2006)'nın sonuçlarıyla da desteklenmektedir. Bununla birlikte biber tohumlarında NaCl solüsyonunda yapılan uygulama-kurutma ile aldolaz ve isositrat liyaz enzim aktivitesinin ve solunum oranının da arttığı Smith & Cobb (1992) tarafından da tespit edilmiştir.

CAT, APX ve SOD enzimleri ile 25°C'deki çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme zamanı arasında yapılan korelasyon analizi sonucunda, çimlenme yüzdesi ile APX arasında negatif ve önemli ($P<0.05$) bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 6). 15°C'de ise çimlenme yüzdesi ile SOD arasında olumlu ve önemli ($P<0.05$), ortalama çimlenme zamanı ile CAT, APX ve SOD arasında negatif ve önemli ($P<0.01$) ilişki tespit edilmiştir. 35°C'deki çimlenme yüzdesi ile APX arasında ($P<0.05$), çimlenme yüzdesi ile CAT ve SOD arasında ($P<0.01$) pozitif önemli ilişki belirlenmiştir. Ortalama çimlenme zamanı ile CAT, APX ve SOD arasında ise negatif ve önemli ($P<0.01$) ilişkiler saptanmıştır. Genel olarak enzim aktivitesindeki farklılıkla optimum (25°C) sıcaklıkta çimlenme bakımından önemli korelasyonlar belirlenmezken, stres sıcaklıklarındaki korelasyonlar önemli bulunmuştur.

4. Sonuçlar

İki yıl süreyle yürütülen araştırma sonuçları değerlendirildiğinde, priming uygulamasıyla stres

Çizelge 5-Priming uygulaması sonrası katalaz (CAT) $\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$, askorbat peroksidaz (APX) $\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ ve süperoksit dismutaz (SOD) U/g aktivitelerindeki değişim

Table 5-The effects of priming treatments on catalase ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$), ascorbat peroksidase ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$) and superoksit dismutates (U/g) activities of pepper seeds

Muameleler		1. Tekrar			2. Tekrar		
Uygulama	Çeşit	CAT	APX	SOD	CAT	APX	SOD
Kontrol	Çorbacı	11.3 ^{ab}	74.9 ^{cd}	49.0	12.4 ^c	85.5 ^{de}	45.0 ^c
	Demre	8.3 ^c	69.6 ^d	51.7	7.3 ^d	101.2 ^c	53.3 ^c
	Yalova	8.4 ^c	64.4 ^d	50.3	9.0 ^d	72.1 ^e	47.7 ^c
Priming	Çorbacı	11.1 ^b	186.5 ^a	65.0	20.4 ^a	115.8 ^b	72.7 ^{ab}
	Demre	8.8 ^c	161.8 ^b	55.7	12.1 ^c	139.7 ^a	80.0 ^a
	Yalova	13.7 ^a	84.9 ^c	56.0	17.2 ^b	99.1 ^{cd}	65.7 ^b
Uygulama etkisi							
	Kontrol	9.2 ^b	76.5 ^b	50.3 ^b	11.1 ^b	86.2 ^b	48.7 ^b
	Priming	11.2 ^a	137.5 ^a	58.9 ^a	14.9 ^a	118.2 ^a	72.8 ^a
Çeşit etkisi							
	Çorbacı	11.2 ^a	130.7 ^a	57.0	16.3 ^a	100.7 ^a	58.9 ^b
	Demre	8.5 ^b	115.7 ^b	53.7	9.7 ^c	120.5 ^b	66.9 ^a
	Yalova	11.0 ^a	74.6 ^c	53.2	13.1 ^b	85.6 ^c	56.7 ^b
P değerleri							
	Uygulama (U)	0.0071	0.00001	0.0113	0.00001	0.0035	0.0225
	Çeşit (Ç)	0.0066	0.00001	0.5124	0.00001	0.00001	0.0108
	U x Ç	0.0097	0.00001	0.2202	0.00001	0.00001	0.00001

a-e: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar LSD testine göre önemsizdir

Çizelge 6-Çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme zamanı ile enzim aktivitesi arasındaki korelasyon katsayıları (r)

Table 6-Correlation coefficient (r) between germination percentage, mean germination time and enzymatic activities

	CAT	APX	SOD
25°C			
Çimlenme	-0.078	-0.399*	-0.156
Ortalama çimlenme zamanı	-0.033	0.249	-0.205
15°C			
Çimlenme	0.296	0.300	0.320*
Ortalama çimlenme zamanı	-0.519**	-0.527**	-0.588**
35°C			
Çimlenme	0.502**	0.344*	0.420**
Ortalama çimlenme zamanı	-0.576**	-0.688**	-0.624**

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$

sıcaklıklarında çimlenmenin teşvik edildiğini, bu uygulamaların biyokimyasal değişimler olarak tohumda enzim aktivasyonunu fazlasıyla artırdığı, sakarozda kısmi azalma olsa da, yağ asitleri, toplam yağ ve şeker oranında öne çıkan bir değişim sağlamadığı belirlenmiştir. Dolayısıyla, uygulamaların çimlenme üzerine olumlu etkisinin incelenen parametrelerden enzim aktivitesi ile açıklanabileceği belirtilebilir.

Teşekkür

Tohum çalışmalarını farklı projelerle destek sağlayan Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma

Projeleri Koordinatörlüğü (BAPRO) ve TÜBİTAK'a, tohum temininde gösterdikleri ilgiden dolayı da İstanbul Tohumculuk A.Ş.'ne teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- AOCS (1989). Official Methods and Recommended Protection of The American Oil Chemist Society, Fourth Ed. Method Cd 8-53, Ce 2-66
- Bailly C, Auidigier C, Fabienne L, Wagner M H, Coste F, Corbinau F & Come D (2001). Changes in oligosaccharides content and antioxidant enzyme activities in developing bean seeds as related to

- acquisition of drying tolerance and seed quality. *Journal of Experimental Botany* **52**(357): 701-708
- Bailly C, Benamar A, Corbineau F & Come D (1998). Free radical scavenging as affected by accelerated ageing and subsequent priming in sunflower seeds. *Physiologia Plantarum* **104**: 646-652
- Bailly C, Leymarie J, Lehner A, Rousseau S, Come D & Corbineau F (2004). Catalase activity and expression in developing sunflower seeds as related to drying. *Journal of Experimental Botany* **55**(396): 475-483
- Bailly C, Benamar A, Corbineau F & Come D (2000). Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. *Seed Science Research* **10**(2): 35-42
- Basay S, Sürmeli N, Okçu G & Demir İ (2006). Changes in germination percentages, protein and lipid contents of primed pepper seeds during storage. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* **56**(2): 138-142
- Buitink M A & Hoekstra F A (2000). Is there a role for oligosaccharides in seed longevity? An assessment of intracellular glass stability. *Plant Physiology* **122**(4): 1217-1224
- Çakmak I & Marschner H (1992). Magnesium deficiency and highlight intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiology* **98**(4): 1222-1226
- Cantarelli P R, Regitano-d'Arce M A B & Palma E R (1993). Physicochemical characteristics and fatty acid composition of tomato seed oils from processing wastes. *Scientia Agricola* **50**(1): 117-120
- Chiu K Y, Chen C L & Sung J M (2005). Why 10°C-primed sh-2 sweet corn seeds were of higher quality than 20°C-primed seeds: some physiological clues. *Seed Science and Technology* **33**(1): 199-213
- Corbineau F, Gay-Mathieu C, Vinel D & Come D (2002). Decrease in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed viability caused by high temperature as related to energy metabolism, membrane damage and lipid composition. *Physiologia Plantarum* **116**(4): 489-496
- Demir I, Tekin A, Ökmen Z A, Okçu G & Kenanoğlu B (2008). Seed quality and fatty acid and sugar content of pepper seeds (*Capsicum annuum* L.) in relation to seed development and drying temperatures. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **32**: 529-536
- Demir I & Okcu G (2004). Aerated hydration treatment for improved germination and seedling growth in aubergine (*Solanum melongena*) and pepper (*Capsicum annuum*). *Annals of Applied Biology* **144**(1): 121-123
- Demir I & Van de Venter H A (1999). The effect of priming treatments on the performance of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) seeds under temperature and osmotic stress. *Seed Science and Technology* **27**(3): 871-875
- Demirkaya M (2006). Soğan (*Allium cepa* L.) tohumlarında canlılık kaybı ve onarım aşamasındameydana gelen fizyolojik değişimler. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilimdalı Doktora Tezi, Bursa. (Basılmamış), 106 s
- Gurusinghe S & Bradford K J (2001). Galactosyl-sucrose oligosaccharides and potential longevity of primed seeds. *Seed Science Research* **11**: 121-134
- Heydecker W (1973). Germination of an idea: The priming of seeds. University of Nottingham School of Agriculture Report, 1973/1974, 50-67
- Hsu C C, Chen C L, Chen J J & Sung J M (2003). Accelerated aging-enhanced lipid peroxidation in bitter gourd seeds and effects of priming and hot water soaking treatments. *Scientia Horticulturae* **98**(3): 201-212
- IUPAC, 1987. Standard Methods for Analyses of Oils, Fats and Derivates, International Union of Pure and Applied Chemistry, 7th edn., Blackwell Scientific Publications, IUPAC Method. Vol. 2, pp. 301
- Kacar B (1989). Bitki Fizyolojisi. A.Ü. Ziraat fakültesi Yayınları:1153, 424s. Ankara
- Kenanoğlu B B, Demir I, Mavi K, Yetişir H & Keleş D (2007). Effect of priming on germination of *Lagenaria siceraria* genotypes at low temperatures. *Tarım Bilimleri Dergisi* **13**(3): 169-175
- Khan A A, Peck N H & Samimy C (1980). Seed osmoconditioning: physiological and biochemical changes. *Israel Journal of Botany* **29**(1): 133-144
- Koster K L & Leopold A C (1988). Sugars and desiccation tolerance in seeds. *Plant Physiology* **88**: 829-832
- McDonald M B (1999). Seed deterioration: physiology, repair and assesment. *Seed Science and Technology* **27**(1): 177-237
- Odell G B & Cantliffe D J (1986). Seed priming procedures and the effect of subsequent storage on the germination of fresh market tomato seeds. *Proceedings of Florida State Horticultural Society* **99**: 303-306
- Sivritepe N, Sivritepe H O & Eris A (2003). The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae* **97**(3-4): 229-237
- Smith P T & Cobb B G (1992). Physiological and enzymatic characteristics of primed, re-dried and germinated pepper seeds (*Capsicum annuum* L.). *Seed Science and Technology* **20**(3): 503-513
- Walters C, Landre P, Hill L, Corbineau F & Bailly C (2005). Organization of lipid reserves in cotyledons of primed and aged sunflower seeds. *Planta* **222**(3): 397-407