

2008-197

**TÜBİTAK**

**TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU**  
THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

**Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Grubu**  
Agriculture, Forestry & Veterinary Sciences Research Grant Group



**TÜBİTAK**

**TÜRKİYE BİLİMSEL VE  
TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA  
KURUMU**

**THE SCIENTIFIC AND  
TECHNOLOGICAL  
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY**

94373

**Bazı kültür ve yabancı domates, biber ve patlıcan türlerinde antioksidant özelliği olan karakter için mevcut genetik varyasyonun tayin edilmesi ve bu karakterleri kontrol eden genlerin moleküler haritalanması**

**PROJE NO: 1030063**

**Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Grubu  
(TOVAG)**

**Agriculture, Forestry and Animal Sciences Research  
Grant Group**

**EK-1**

**Proje No: 103O063**

**Bazı kültür ve yabani domates, biber ve patlıcan türlerinde antioksidant özelliği olan karakter için mevcut genetik varyasyonun tayin edilmesi ve bu karakterleri kontrol eden genlerin moleküler haritalanması**

**DOÇ. DR. ANNE FRARY  
DOÇ. DR. SAMİ DOĞANLAR  
DOÇ. DR. AHMET YEMENİCİOĞLU  
DANE RUSÇUKLU  
BİLAL ÖKMEN  
HASAN ÖZGÜR SİĞVA  
YELİZ TÜMBİLEN  
MEHMET ALİ KEÇELİ  
DUYGU YÜCE  
DENİZ GÖL  
ÖYKÜM KIRSOY**

**NİSAN 2007  
İZMİR**

## ÖNSÖZ

Domates, biber ve patlıcan Türkiye’de en çok üretilen ve tüketilen sebzeler olup günlük diyetimizin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu projede bu üç sebze türüne ait sağlık ve besin değeri ile ilgili bazı karakterler çalışılmıştır. Domates’te C vitamini, toplam antioksidant aktivite, likopen içeriği ve fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Biber’de C vitamini, fenolik madde miktarı ve toplam antioksidant aktivite içeriği saptanmıştır. Patlıcan’da ise fenolik madde miktarı ve toplam antioksidant aktivite içeriği belirlenmiştir. Patlıcan ve biberde Türkiyede yetiştirilen bazı önemli çeşit ve hatlar karakterize edilirken, domates’te özel bir haritalama popülasyonu kullanılarak aynı zamanda sağlıkla ilgili karakterlerin genetik esasları da çalışılmıştır.

Bu proje TÜBİTAK tarafından Doç. Dr. Anne Frary’ye sağlanan destekle tamamlanmıştır (TUBİTAK 1030063).



# İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	7
2. GENEL BİLGİLER	9
2.1. ANTIOKSİDANTLARIN SINIFLANDIRILMASI	9
2.2. GIDALARDA DOĞAL OLARAK BULUNAN ANTIOKSİDANTLAR	9
2.2.1. Vitaminler	9
2.2.2. Karotenoidler	10
2.2.3. Fenolik bileşikler	10
2.3. ANTIOKSİDANT KARAKTERLERİN GELİŞTİRİLMESİYLE İLGİLİ MODERN VE GELENEKSEL ISLAH ÇALIŞMALARI VE BU ÇALIŞMALARDA DOMATESİN ÖNEMİ	11
3. GEREÇ VE YÖNTEM	13
3.1. BİTKİ MATERYALI	13
3.2. YÖNTEMLER	15
3.2.1. Antioksidant Aktivitenin Belirlenmesi	15
3.2.2. Diğer Antioksidant Karakterler	18
3.2.2.1. Likopen miktarının belirlenmesi	18
3.2.2.2. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi	18
3.2.2.3. C vitamini miktarının belirlenmesi	19
3.2.3. Antioksidant Karakterler İçin Genetik Haritalama	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	20
4.1. IBL DOMATES HATLARINDA ANTIOKSİDANT KARAKTERLERİN ANALİZİ	20
4.1.1. Antioksidant Aktivite Değerleri	20
4.1.2. C Vitamini Miktarları	26
4.1.3. Fenolik Madde Miktarları	27
4.1.4. Likopen Miktarları	27
4.1.5. Antioksidant Karakterler Arasındaki Korelasyonlar	32
4.1.6. Kantitatif Karakter Lokuslarının (QTL) Belirlenmesi ve Haritalanması	34
4.1.6.1. Hidrofilik Antioksidant Aktivitesi İçin QTL Analizi	39
4.1.6.2. Lipofilik Antioksidant Aktivitesi İçin QTL Analizi	39
4.1.6.3. C Vitamini İçin QTL Analizi	39
4.1.6.4. Fenolik Madde İçin QTL Analizi	39
4.1.6.5. Likopen İçin QTL Analizi	40
4.1.7. Muhtemel Korunmuş Kantitatif Karakter Lokusları	40
4.2. BAZI TÜRK BİBER ÇEŞİTLERİNDE ANTIOKSİDANT KARAKTERLERİN ANALİZİ	42

4.2.1. Antioksidant Aktivite Değerleri	42
4.2.2. Fenolik Madde Miktarları	46
4.2.3. C Vitamini Miktarları	46
4.2.4. Acılık ve Antioksidant Karakterlerin Düzeyi Arasındaki İlişki	47
4.2.5. Antioksidant Karakterler Arasındaki Korelasyonlar	49
4.3. TÜRK PATLICAN ÇEŞİTLERİNDE ANTIOKSİDANT KARAKTERLERİN ANALİZİ	49
4.3.1. Antioksidant Aktivite Değerleri	50
4.3.2. Fenolik Madde Miktarları	50
4.3.3. Antioksidant Karakterler Arasındaki Korelasyon	51
5. SONUÇLAR	53
EK-2: KAYNAKLAR	55

#### TABLO LİSTELERİ

Tablo 1. Antioksidant karakterlerin belirlenmesi için kullanılmış olan patlıcan çeşitleri	13
Tablo 2. Antioksidant karakterlerin belirlenmesi için kullanılmış olan biber çeşitleri	14
Tablo 3. IBL hatlarının antioksidant aktivite değerleri	21
Tablo 4. Antioksidant karakterler bakımından IBL hatlarının ve anaçların ortalama değerleri	25
Tablo 5. Domateste C Vitamini, Fenolik Madde ve Likopen Değerleri	28
Tablo 6. IBL populasyonu için antioksidant karakterler arasındaki korelasyonlar	34
Tablo 7. Antioksidant karakterler için belirlenen QTL'ler	34
Tablo 8. Renk ve olgunlaşma mutantları ve kromozom bölgeleri	41
Tablo 9. Biber çeşitlerinin antioksidant aktivite, fenolik madde ve C vitamini miktarları	44
Tablo 10. Tiplerine göre biber çeşitlerinin antioksidant karakterlerin ortalama değerleri	45
Tablo 11. Acılıklarına göre biber çeşitlerinin antioksidant karakterlerin ortalama değerleri	47
Tablo 12. Patlıcan çeşitleri için antioksidant aktiviteler ve fenolik madde miktarları	50
Tablo 13. Tiplerine göre patlıcan çeşitleri için antioksidant karakterlerin ortalama değerleri	51

#### ŞEKİL LİSTELERİ

Şekil 1. Bir <i>Solanum lycopersicum</i> örneğinde AUC değerinin hesabı	17
Şekil 2. Troloks standardı için AUC değerinin hesabı	18
Şekil 3. Hidrofilik ekstraktlarda antioksidant aktivitelerinin dağılım histogramı	24
Şekil 4. Lipofilik ekstraktlarda antioksidant aktivitelerinin dağılım histogramı	24
Şekil 5. C vitamini içeriği dağılım histogramı	31
Şekil 6. Fenolik madde içeriği dağılım histogramı	31
Şekil 7. Likopen içeriği dağılım histogramı	32
Şekil 8. IBL populasyonu domates genom haritası ve muhtemel QTL lokasyonları	36
Şekil 9. Tiplerine göre biber çeşitlerinin hidrofilik ekstraktlardaki antioksidant aktiviteleri	48
Şekil 10. Tiplerine göre biber çeşitlerinin toplam fenolik madde içerikleri	48
Şekil 11. Tiplerine göre gruplandırılan biber çeşitlerinin C vitamini içerikleri	49
Şekil 12. Tiplerine göre gruplandırılan patlıcan çeşitlerinin antioksidant aktiviteleri	52
Şekil 13. Tiplerine göre gruplandırılan patlıcan çeşitlerinin fenolik madde içerikleri	52

## ÖZET

Diyet ve sağlık konularındaki bilinçlenme fonksiyonel gıdalara büyük bir ilgi uyandırmıştır. Fonksiyonel gıdalar besin değerleri yanında direkt olarak sağlık üzerinde olumlu etkilere sahiptirler. Gıdaların antioksidant aktiviteleri sağlık açısından önemli başlıca karakterler arasındadır. Bu araştırmada domates, biber ve patlıcanlarda bazı çeşit ve yabancı türlerde antioksidant aktiviteler ölçülmüştür. Ayrıca, domateslerde toplam fenolik madde, C vitamini ve likopen miktarları; biberlerde toplam fenolik madde ve C vitamini miktarları; patlıcanlarda ise toplam fenolik madde miktarları belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılmış olan domates hatları *Solanum lycopersicum* cv. E6203 ve *Solanum pimpinellifolium* LA1589 melezlemesinden türetilen kendilenmiş geri melez hatlarıdır (IBL, yaklaşık 145 hat). Elde edilmiş olan sonuçlar domates IBL hatlarının birçoğunun antioksidant kapasitelerinin *S. lycopersicum* ebeveyni ile benzer olduğunu göstermiştir. Ancak, bazı IBL hatları aktarılmış bölgelerdeki *S. pimpinellifolium* allellerinin etkisinin sonucu olarak yüksek antioksidant kapasitesine sahiptirler. Elde edilmiş olan korelasyondan domateslerde antioksidant aktivitenin özellikle fenolik bileşiklerden kaynaklandığı anlaşılmıştır ( $r=0.66$ ). C vitamini miktarı da antioksidant aktiviteyle ilişkili bulunmuştur ( $r=0.51$ ), ancak antioksidant aktivite ve likopen miktarı arasındaki korelasyon beklenenin altındadır ( $r=0.23$ ). Antioksidant aktivite haritalama sonuçları daha önceki çalışmalarla karşılaştırıldığı zaman çeşitli QTL'lerin türler arasında korunduğu belirlenmiştir. Buna göre bu çalışma ile elde edilen verilerin gelecekte sağlık açısından yararlılığı yüksek yeni domates çeşitlerinin ıslahı amacıyla kullanılabilmesi görülmüştür. Bu amaçla yüksek antioksidant kapasiteye sahip hatlar seçilmeli ve bu hatlar *S. lycopersicum* ile geriye melezlenmelidir. Diğer yandan çalışmada bazı Türk biber (43 çeşit) ve patlıcan (26 çeşit) çeşitlerinin antioksidant aktiviteleriyle ilgili sonuçlara göre her iki üründe de toplam antioksidant aktivite bakımından yüksek seviyede varyasyon tesbit edilmiştir. Biberlerde antioksidant aktivite ile fenolik madde miktarı arasında önemli bir korelasyon bulunmuştur ( $r=0.71$ ). Bu üründe beklendiği gibi C vitamini miktarı ile antioksidant aktivite arasında da belirli bir korelasyon vardır ( $r=0.51$ ). Patlıcanlarda ise antioksidant aktivite ile belirlenmiş olan tek antioksidant karakter olan fenolik madde miktarı arasında kayda değer bir korelasyon bulunmuştur ( $r=0.51$ ). Gerek biberlerde gerekse patlıcanlarda gerçekleştirilen ölçümlerde antioksidant aktivite değerleri arasında ciddi bir varyasyonun belirlenmiş olması, Türk germplazmalarında bu karakter için çeşitliliğin korunması açısından önemlidir. Bu çalışmada incelenmiş bitki türlerine ait meyveler ülkemizdeki çoğu insanın günlük diyetinde önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye bu bitkilerin üretimi bakımından da dünyada önemli bir yere sahiptir. Buna göre bu çalışmanın gelecekte sağlık açısından yararlılığı daha yüksek Türk çeşiti ürünler elde edilmesinde kullanılabilmesi açıktır. Bu sayede ülkemizde insan sağlığının artırılması ve sağlık giderlerinin azaltılması sağlanabileceği gibi, üstün özellikli ürünlerin ihracatıyla daha fazla döviz girdisi elde edilmesi de mümkün olacaktır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Domates, Biber, Patlıcan, Antioksidant karakterler, IBL populasyonu, QTL

## ABSTRACT

An increased awareness of the relationship between diet and health has stimulated an interest in functional foods, food products that provide health benefits in addition to those provided by their nutritional quality. Antioxidant activity of food has been associated with improved health. In this research, antioxidant activities of pepper, tomato and eggplant cultivars were measured. In addition, total phenolics, vitamin C and lycopene contents were determined in tomato, total phenolics and vitamin C content were determined in pepper and total phenolics content was determined in eggplant. A total of 145 inbred backcross lines (IBL) obtained from a cross between *Solanum lycopersicum* cv E6203 and *S. pimpinellifolium* LA1589 were used in this work to identify and map genes controlling antioxidant traits in tomato. The antioxidant activities of most of the IBLs were similar to the *S. lycopersicum* parent. However, some of the IBLs had higher antioxidant content due to alleles introgressed from *S. pimpinellifolium*. Based on correlation analysis in tomato, higher antioxidant activity was primarily due to increased phenolics content ( $r=0.66$ ). There was also a significant correlation between vitamin C content and total antioxidant activity ( $r=0.51$ ). However, the correlation between lycopene content and total antioxidant activity was lower than expected ( $r=0.23$ ). Comparison of the QTL mapping results from this research with previously published work indicate that some of the loci have been conserved among wild species. Based on the data obtained in this research, it will be possible to develop new tomato cultivars with improved nutritional characteristics. This can be done by selecting the IBLs with highest antioxidant activity and backcrossing them to *S. lycopersicum*. In another part of the research, Turkish pepper (43 cultivars) and eggplant (26 cultivars) lines were characterized for total antioxidant activity, vitamin C (pepper only) and phenolics content. High variation for these traits was found in the plant material. In pepper, there was a significant positive correlation between total antioxidant activity and phenolics content ( $r=0.71$ ). As expected, there was also a significant correlation between total antioxidant activity and vitamin C content ( $r=0.51$ ). In eggplant, there was a significant positive correlation between total antioxidant activity and phenolics content ( $r=0.51$ ). In both pepper and eggplant, the presence of great diversity for antioxidant traits will allow the development of improved cultivars for these traits. Tomato, eggplant and pepper are both economically important and important parts of the daily diet in Turkey. The results of this research show that it will be possible to improve the nutritional value of these crops in Turkey.

**KEYWORDS:** Tomato, Pepper, Eggplant, Antioxidant Traits, IBL population, QTL



## 1. GİRİŞ

Amerikan Beslenme Kurumunun tanımına göre; fonksiyonel besinler insanlar için faydalı bileşikleri yüksek oranda içeren besinlerdir (BLOCH ve Thomson, 1995). Domates, biber ve patlıcan sağlık açısından önemli ve çeşitli faydalı bileşikleri içermeleri nedeniyle fonksiyonel besinler olarak değerlendirilebilirler. Domates, fenolik bileşikler ve likopen içeriği bakımından zengindir (USDA Nutrient Data Laboratory, <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search>). Biberler kayda değer miktarlarda C ve E vitaminleri, karotenoidler, fenolik bileşikler ve kapsaisin içermektedirler. Patlıcanların ise özellikle fenolik bileşikler açısından oldukça zengin olduğu bilinmektedir. Bu fitokimyasalların antioksidant, antikarsinojenik, antimutajenik, antiaging (yaşlanma karşıtı) ve antibakteriyel özellikleri nedeniyle insan sağlığı açısından çok sayıda faydalı etkileri olduğu belirtilmiştir (CHU ve ark., 2002; FERRARI ve Torres, 2003; SURH ve Seoul, 2002). İnsan hastalıklarının birçoğu, vücuttaki Reaktif Oksijen Türleri (ROS) nedeniyle meydana gelen oksidatif stresin direkt ya da dolaylı yoldan oluşturduğu zararlardan kaynaklanmakta ve bu zararların azaltılması amacıyla özellikle antioksidant etkisi olan fenolik maddeler, likopen ve C vitamini gibi bileşenlerce zengin olan gıdaların tüketilmesi önerilmektedir.

ROS ve diğer serbest radikaller, normal hücrel metabolizmanın bir parçası olarak ve UV ışınları, hava kirliliği, sigara dumanı ve toksinlere maruz kalma gibi çevresel faktörlere yanıt olarak oluşurlar (PERCIVAL, 1998). ROS'un, özellikle de hidroksil radikallerin yüksek kimyasal reaktivitesi olup bunlar DNA, protein ve lipidler gibi biyolojik olarak hayati öneme sahip moleküllere saldırarak onları şiddetle okside etmektedirler. Oksidatif stres, aşırı miktarda ROS'un metabolizmada bulunmasıyla oluşur ve insanlarda yaşlanma, kardiyovasküler hastalıklar, arterosklerozis ve kanseri de içeren birçok anomalilere öncülük edebilir (PERCIVAL, 1998). Antioksidantlar, ROS'u çeşitli mekanizmalarla inhibe ederek ve oksidatif zincir reaksiyonlarını kırarak organizmayı oksijen zehirlenmesinden korurlar (VICHNEVETSKAIA ve Roy, 1999). Organizmada çeşitli tiplerde antioksidantlar vardır ve farklı antioksidantlar, hücrenin farklı kısımlarındaki ROS'un çeşitli tiplerine karşı koruyucu etki sağlayabilmektedirler. Örneğin karotenoidler, bazı hidrofobik fenolik bileşikler ve E vitamini gibi antioksidantlar yağda çözündüklerinden bu bileşiklerin ve diğer hidrofobik unsurların yoğun olduğu dokularda ve ortamlarda ROS'a karşı korunmalarında rol oynarlarken, hidrofilik fenolik bileşikler ve C vitamini gibi suda çözünen antioksidantlar oksidasyona duyarlı hidrofilik bileşiklerin ROS'a karşı korunmasında rol oynamaktadırlar. Fenolik bileşikler, karotenoidler ve C vitamini gibi birçok önemli antioksidantlar insan vücudu tarafından sentezlenemediği için insan beslenmesinin oksidatif strese karşı mücadelede önemli bir rolü vardır. Bu nedenle bilinçli olarak antioksidantlarca zengin gıdaların tüketilmesi sağlık açısından büyük bir önem taşımaktadır.

İnsan beslenmesinde, taze meyve ve sebzeler antioksidantların ana kaynaklarıdır. Dolayısıyla özellikle son zamanlarda sık tüketilen meyve ve sebzelerin antioksidant aktivitesini belirlemek için yapılan birçok çalışma vardır. Örneğin, gerçekleştirilen farklı çalışmalarda özellikle biber, brokoli, havuç, ıspanak, karalahana gibi ürünlerde toplam antioksidant aktivitenin oldukça yüksek olduğu ve bu ürünler arasında biberlerin ilk sırada geldiği belirlenmiştir (CHU ve ark., 2002, HALVORSEN ve ark., 2002, OU ve ark., 2002). PELLEGRINI ve ark (2003) biberin antioksidant aktivitesini sebzeler arasından sadece ıspanağın geçtiğini bildirmektedirler. Domates ve patlıcan gibi ürünlerde ise antioksidant aktivite biberlerin altında kalmakla birlikte bu ürünlerin özellikle de domateslerin sık ve daha büyük miktarda tüketilmesi onları antioksidantların ciddi kaynağı haline getirmektedir (CAO ve ark., 1996, CHU ve ark., 2002, HALVORSEN ve ark., 2002, OU ve ark., 2002).

Geçmişte, bitki yetiştiricileri daha çok hastalığa dayanıklılık ve verim gibi üretimle ilgili karakterler üzerinde durmuşlar ve bu konularda adeta sayısız çalışma gerçekleştirmişlerdir. Ancak, tüketicilerin giderek bilinçlenmesi ve beslenme ve sağlık açısından yarayışlılığı daha yüksek ürünler talep etmesiyle yetiştiriciler ilgilerini bu yönde değiştirmişler ve bitkilerin belirtilen bu hususlarla ilgili karakterleri üzerinde yoğunlaşmışlardır. Ancak, bitkilerde insan beslenme ve sağlığı ile ilgili karakterlerin geliştirilebilmesi çalışmalarının istenilen düzeyde başarıya ulaşabilmesi için ilgili türde bu özellikler için genetik varyasyonların önceden belirlenmiş olması gerekmektedir. Örneğin antioksidant aktivitenin geliştirilmesi doğrultusundaki çalışmalarda ilk aşama; bu karakter bakımından bitki türlerini sistematik olarak taramaktır. Öncelikle yüksek antioksidant aktiviteye sahip olan genotipler belirlenmeli, bu hatlar melezleme çalışmalarında kullanılarak haritalama populasyonu geliştirilmeli ve en sonunda ilgili karakteri kontrol eden genler haritalanmalıdır. Bu tip çalışmalardan elde edilen bilgiler kullanarak sağlıkla ilgili karakterleri iyileştirilmiş olan yeni çeşitler geliştirilebilir. Antioksidantlar gerek bitkilerin varlığını devam ettirebilmeleri gerekse bunları tüketen insanların yaşamlarını daha sağlıklı sürdürebilmeleri açısından büyük önem taşımaktadırlar. Ancak, buna rağmen literatürde antioksidant aktivite ve bunu oluşturan çeşitli maddelerin genetik esaslarının ortaya konduğu çok az sayıda çalışma yapılmıştır. Nitekim, bu konuda gerçekleştirilmiş oldukça az sayıdaki çalışma içerisinde en önemlisi, domateste antioksidantlarla ilişkili kantitatif karakter lokuslarını haritalayan ROUSSEAU ve ark. (2005)'nin çalışmasıdır. Bu araştırmacılar çalışmalarında *Solanum pennellii* ve *S. lycopersicum* melezlemesinden türetilmiş IL hatlarını kullanmışlardır. İşte tarafımızdan gerçekleştirilmiş olan bu çalışmanın esas amacı, *Solanum lycopersicum* cv. E6203 x *Solanum pimpinellifolium* LA1589 melezlemesinden geliştirilmiş IBL domates hatlarında antioksidant aktivite ve bunu oluşturan çeşitli karakterleri (fenolik madde, C vitamini, likopen) belirlemek ve bunları kontrol eden kantitatif karakter lokusları haritalamaktır. Çalışmada ayrıca geleceğe yönelik benzer çalışmalara ışık tutmak amacıyla ülkemizde yetiştirilmekte olan başlıca biber ve patlıcan türlerinde antioksidant aktivite, fenolik madde miktarı ve/veya C

vitamini miktarları belirlenmiştir. Gerçekleştirilmiş olan bu çalışmayla Türk tarımı ve ekonomisine ciddi katkılar yapabilecek veriler elde edildiği düşünülmektedir.

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. ANTIOKSİDANTLARIN SINIFLANDIRILMASI**

Antioksidantlar bir organizmanın serbest radikallere karşı savunmada rol oynayan en önemli bileşikleridir ve insan sağlığında çok önemli rol oynarlar. Antioksidantlar bir çok kritere göre sınıflandırılırlar. Sınıflandırmadaki ilk kriter çözücü ortam olup bu kritere göre lipofilik ve hidrofilik olmak üzere ikiye ayrılırlar. Örneğin C vitamini hidrofilik bir antioksidantken E vitamini hidrofobik bir antioksidanttır. Antioksidantların sınıflandırılmasındaki ikinci kriter bu bileşiklerin orijinleridir. Bu kritere göre antioksidantlar eksojen ve endojen olmak üzere sınıflandırılırlar. Eksojen olanlar organizmaya dışarıdan alınırlar. Endojen olan antioksidant bileşikler ise organizmada sentezlenirler ve kullanılacakları yerlere taşınırlar. Üçüncü kriter antioksidant bileşiklerin etki şeklidir: Antioksidantlar ya oksidasyon zincirini kırarlar ya da oksidasyona karşı koruyucu veya önleyici etki gösterirler. Oksidasyon zincirini kıran antioksidantlar serbest radikalleri veya peroksi radikalleri inhibe etmek suretiyle yağların oksidasyonunu önlerler. Koruyucu veya önleyici antioksidantların fonksiyonu ise lipid peroksidlerini parçalamak, oksidasyonu başlatan metalleri ve oksijeni bağlamaktır. En son olarak antioksidantlar doğal ve sentetik olarak iki gruba ayrılabilirler. Bu projede, sadece doğal antioksidantlar çalışılmıştır. Doğal antioksidantlar bitki ve hayvan hücrelerinde oluşurlar ve bunların tüketimiyle insanlarca alınırlar (VICHNEVETSKAIA ve ROY, 1999). Bazı doğal olarak oluşan antioksidantlar arasında vitaminler, karotenoidler, amino asitler ve fenolik bileşikler yer almaktadır (MADHAVI ve ark., 1996).

### **2.2. GIDALARDA DOĞAL OLARAK BULUNAN ANTIOKSİDANTLAR**

#### **2.2.1. Vitaminler**

Antioksidant aktiviteye sahip en önemli vitamin askorbik asittir (C vitamini). C vitamini insan, primat ve gine domuzu hariç çoğu memelilerin ciğerlerinde glukoz'dan sentezlenir (PADAYATTY ve ark., 2003). Bu türler C vitamini sentezinde kullanılan izyolunda gerekli olan özel bir enzim bakımından eksiktirler. Bu nedenle, insanlar hayatlarını devam ettirebilmek için C vitamini içeren ürünleri tüketmek zorundadırlar. Elektron verici indirgen bir madde olduğu için C vitamini bir antioksidanttır. Aslında, C vitamini suda çözünebilen en önemli antioksidantlardandır ve bu özelliği ile yağ peroksidasyonu başlamadan önce su fazında bulunan reaktif oksijen türlerini nötralize edebilir (PERCIVAL, 1998). C vitamini, diğer adıyla askorbat, elektron verdiği zaman serbest bir radikal olur. Askorbil radikalleri nisbi olarak daha sağlamdır ve pek de reaktif değildirler. İşte daha az reaktif bileşiklerin oluşumu ile yüksek reaktiviteye sahip serbest radikallerin azaltılması serbest radikallerin tutulması (quenching) olarak tanımlanır. Askorbil radikal bir kez oluştuğunda askorbik

asite tekrar indirgenebilir. İnsanlarda, askorbil radikali kısmen geri dönüştürülebilir. Ancak, geri dönüşüm oranına bağlı olarak bazı insanlarda birtakım reaksiyonları tetikleyerek böbrek taşı oluşumuna sebep olabilir. C vitamini ayrıca protein veya amino asit oksidasyonunu da önleyebilir. Proteinler bütün organizmaların yapı taşlarını oluştururlar, ancak oksidasyona karşı oldukça duyarlı olup birçok mekanizma ile bu etkiye maruz kalırlar (PADAYATTY ve ark., 2003). C vitamini yanında antioksidant aktiviteye sahip diğer bir vitamin ise E vitaminidir (SINGH ve ark., 2004). E vitamini yağda çözünebilir önemli bir antioksidanttır ve oksidasyon zincirlerini kıran en etkili antioksidant olarak bilinmektedir. Bu özelliğiyle hücre zarı yağ asitlerini yağ peroksidasyonundan korur. Bitkisel yağlar E vitamininin en önemli kaynaklarıdır.

### 2.2.2. Karotenoidler

Bitkisel ürünlerde bulunan bir diğer antioksidant gurubu da karotenoidlerdir. Bu bileşikler bitkilerin rengini veren ve onları adeta süsleyen pigmentlerdir. Çift bağlarla konjuge olmuş karotenoidler "singlet oksijen" gibi reaktif oksijen bileşiklerini tutarlar ve bunların neden olabileceği oksidatif değişimleri önlerler (SIMONNE ve ark., 1997). Lipofilik yani yağda çözünen antioksidantlar sınıfına dahildirler. Dolayısıyla karotenoidler özellikle yağca zengin dokularda koruyucu bir rol oynarlar. En çok bilinen karotenoid A vitamini öncül maddesi olan  $\beta$ -karoten dir.  $\beta$ -karoten insanlarca alındığı zaman yalnızca A vitaminine dönüşmekle kalmaz reaktif oksijen bileşiklerini tutarak antioksidant olarak da görev yapar. Bu özelliği ile immün sistemin düzenli çalışması için gereklidir.  $\beta$ -karoten, E vitamini ile sinerjetik olarak etki gösterir. Hepsi trans konfigürasyonda olan 11 adet çift bağla konjuge olmuş ve asiklik yapıdaki likopen insanlarda diyetle alınan önemli bir karotenoiddir (YAPING ve ark., 2002) ve domates, karpuz ve üzüm gibi olgun taze meyvelerde oldukça yüksek miktarda bulunur. Likopen serbest radikalleri tutma yeteneğinde olan bir antioksidant olup bu özelliği ile hücre komponentlerini oksidatif zarara karşı korur. Likopen diğer karotenoidler gibi "singlet oksijen" tutma yeteneği de yüksek olan bir doğal pigmenttir (YAPING ve ark., 2002). Meyveler içerisindeki likopenin yeri meyve tipine göre değişmektedir. Örneğin, likopen domates meyvesinin deri ve dış perikarpında bulunmakta ve bu meyvenin herkesçe çok iyi bilinen parlak kırmızı rengini vermektedir (DEWANTO ve ark., 2002; ANDREWS ve ark., 2004).

### 2.2.3. Fenolik bileşikler

Yukarıda belirtilmiş olan çeşitli antioksidantların canlılarda oksidatif değişimlerin önlenmesinde çok büyük rolleri olduğu tartışılmaz bir gerçek olarak kabul edilmektedir. Ancak, belirtilen tüm bu bileşikler yanında canlılarda bulunan diğer bir antioksidant gurubu olan fenolik bileşikler özel bir öneme sahiptirler (CHU ve ark., 2002). Bu bileşiklerin hidroksil grupları peroksit radikalleri ile kolayca reaksiyona giren ve onları inhibe ederek oksidasyon zincir reaksiyonlarını engelleyen oldukça oynak hidrojen atomları içermektedir (ERMILOVA ve ark., 2000). Fenolik bileşikler fenolik asitler



ve flavonoidler olarak başlıca iki guruba ayrılmaktadırlar. Fenol karbon asitleri olarak da adlandırılan fenolik asitler yapıları C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub> iskeletine dayanan sinamik asitler ve C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub> iskeletine dayanan benzoik asitlerden oluşmaktadır (CEMEROĞLU ve ark., 2001). Flavonoidler ise C<sub>6</sub>C<sub>3</sub>C<sub>6</sub> yapısına dayanan ve bitkisel ürünlerdeki fenolik bileşiklerin büyük bir bölümünü oluşturan bileşiklerdir. Başlıca flavonoidler flavon ve flavonoller, flavononlar, kateşinler ve lökoantosiyeninler, antosiyeninler ve proantosiyeninlerden oluşmaktadır (CEMEROĞLU ve ark., 2001). Özellikle taze meyveler ve sebzeler fenolik bileşiklerce oldukça zengin olup bu ürünlerdeki antioksidant aktivitenin temel kaynağı bu maddelerce oluşturulmaktadır. Fenolik bileşiklerin bazıları suda çözünür formda yani hidrofilik yapıda olup bir kısmı da az veya çok hidrofobik yapıda olup alkoller veya apolar çözümler içerisinde çözünebilmektedirler. Fenolik bileşikler bitkilerde meyveler yanında yapraklar, çiçekler ve tohumlarda da bulunmakta ve çoğunlukla alkoller, şekerler veya diğer fenollerle glikozile olmaktadır. Bu bileşikler bitkilerde metabolik aktivitenin bir ara ürünü olarak oluşmakta ve vakuollerde birikmektedirler (CHU ve ark., 2002). Fenolik bileşikler antioksidant etkileri yanında antiinflamatuvar, antiallerjik, antiviral, antiyaşlanma ve antikanserojenik etkileriyle de bilinmekte olup bu bileşiklerin etkilerinin daha ayrıntılı ve kesin olarak ortaya konmasıyla ilgili sayısız çalışmalar yürütülmektedir (PERCIVAL ve ark., 1998). Özellikle fenolik bileşiklerce zengin olan meyve ve sebzelerle beslenen kişilerde oksidatif stresin azaldığı ve dolayısıyla buna bağlı olarak oluşan sağlık sorunlarının kontrol edilebileceği belirlenmiştir (CHU ve ark., 2002). Taze meyve ve sebzelerin yüksek miktarda fenolik madde içermesi onların antioksidant aktivitelerinin temelini oluştursa da askorbik asit ve diğer antioksidantların da bu aktiviteye belli oranda katkıları bulunmaktadır. Dolayısıyla gerçekte her ürünün toplam antioksidant aktivitesi içerdiği antioksidantın türü ve miktarlarına göre önemli değişimler gösterebilmektedir.

### **2.3. ANTIOKSIDANT KARAKTERLERİN GELİŞTİRİLMESİYLE İLGİLİ MODERN VE GELENEKSEL İSLAH ÇALIŞMALARI VE BU ÇALIŞMALARDA DOMATESİN ÖNEMİ**

Meyve ve sebzeler içerisinde, domates önemli bir yere sahiptir. FAOSTAT verilerine göre 2004 yılı içerisinde dünya'da toplam 116 milyon ton domates üretilmiştir. Türkiye 8 milyon tonluk üretim miktarı ile Çin ve ABD'den sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Domates günlük diyetimizde likopenin ana kaynağı durumundadır. Buna ilaveten, domatesler farklı fenolik bileşikler (klorojenik asit, quercetin, keampferol ve naringenin) ve C vitamini de içermektedir. Domates ve domates ürünlerinin tüketiminin insanlarda kan plazmasının antioksidant aktivitesini iyileştirdiği ve LDL oksidasyonunu azalttığı rapor edilmektedir (NGUYEN ve ark., 1999). Ayrıca, çeşitli epidemiyolojik çalışmalar likopen bakımından zengin diyetlerin kanser ve kalp hastalıkları gibi kronik birçok hastalığın ortaya çıkma riskini azalttığını göstermiştir (PODSEDEK ve ark., 2003).

Antioksidant aktivitesi ile ilgili karakterler poligenik (birden çok sayıda genle kontrol edilirler) olup klasik ıslah yöntemleri ile bu karakterleri istenilen çeşitlere aktarılması çok zordur. Bu zorluklara rağmen, ıslahçılar besin değeri daha yüksek ürünleri klasik ıslah metodları kullanarak geliştirmişlerdir (VERHOEYEN ve ark., 2002). WILLITS ve ark. (2005) *Solanum lycopersicum* and *S. pennellii* v. *puberulum* türlerini melezlemiş ve elde edilen F1 hibritlerde flavonoid birikiminin arttığını göstermiştir. Elde edilen meyveler tohumuz oldukları için gelecek generasyona bu karakterleri aktarmak mümkün olmamıştır. Ancak, bu araştırma, transgenik olmayan ve yüksek flavonoid içeriğine sahip domates geliştirme için yabancı türlerin genetik kaynak olarak kullanılabilceğini göstermiştir. JONES ve ark. (2003) *Solanum chilense*'den *S. lycopersicum*'a antosiyanin fenotipini aktarmışlardır. Bu durum antosiyanince zengin yeni çeşitlerin geliştirilmesinde fayda sağlayacaktır.

Domates besin değerinin artırılmasını amaçlayan çalışmalarda en çok kullanılan üründür. Domatesin günlük beslenmemizde gerekli bir sebze bitkisi ve likopenin ana kaynağı olması gerçeğine ilaveten, domatesin genetik model bir sistem olması da bu tip çalışmalar için domates bitkisini önemli bir model bitki türü yapmaktadır. Fonksiyonel gıdaların üretiminde transgenik veya ıslah yaklaşımlarının hangisi kullanılırsa kullanılsın antioksidant içeriğinin genetik kontrolünün bilinmesi gereklidir. Belirtildiği gibi domates önemli bir model sistemdir ve günümüze kadar çok sayıda çalışmaya konu teşkil etmiştir. Bitkiler arasında DNA'ya dayalı yüksek çözünürlükte moleküler genetik bağlantı haritası ilk kez domates bitkisi için geliştirilmiştir (TANKSLEY ve ark., 1992). RFLP işaretleyicileri kullanılarak oluşturulan bu harita daha sonra kantitatif karakterleri kontrol eden genlerin belirlenmesinde de kullanılmıştır. Genetik haritalar, ıslahçılara MAS (işaretleyiciye dayalı seleksiyon yöntemi) yardımı ile yeni ve daha iyi çeşit geliştirmelerinde yardımcı olmaktadır. Bütün domates genomunu içeren kantitatif karakter lokus haritası ilk kez PATERSON ve ark. (1988) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu araştırma genetik olarak sabitlenmiş (homozigot) hatlarda yapılmıştır. İlk bitki hastalığa dayanıklılık geni domatesten klonlanmış (MARTIN ve ark., 1993) ve yine ilk bitki kantitatif karakter lokusu domates bitkisinden izole edilmiştir (FRARY ve ark., 2000).

Yukarıda sözü edilen araştırmalar besin değeri daha iyi olan yeni domates çeşitlerinin geliştirilmesiyle ilgili çalışmalara ışık tutmuştur. Nitekim, literatürde bazı domates hatlarının antioksidant aktiviteleri ve C vitamini, likopen ve fenolik maddeler gibi antioksidant bileşiklerini ölçmeye yönelik olan çalışmalar da mevcuttur. Örneğin, SCALFI ve ark. (2000) küçük domates çeşiti olan Corbarini'de antioksidant aktivitesini çalışmıştır. LEONARDI ve ark. (2000) farklı domates tiplerinde karotenoid ve tomatine içeriklerine ilaveten antioksidant aktivitelerini de incelemiştir. RAFFO ve ark. (2002) farklı olgunlaşma dönemlerinde domateslerin antioksidant aktivitesi, fenoloik bileşikler ve karotenoid içeriğini araştırmıştır. GEORGE ve ark. (2004) farklı domates genotiplerinin antioksidant aktivitelerini çalışmış ve cherry çeşitlerinin yüksek seviyelerde antioksidant içerdiklerini

belirlemişlerdir. Bu karakterizasyon çalışmalarına rağmen, bu karakterlerin genetik esaslarının konu edildiği çok az çalışma yapılmıştır. ROUSSEAU ve ark. (2005) bu konudaki ilk çalışmayı yapmıştır. *Solanum pennellii* ve *S. lycopersicum* melezlemesinden türetilmiş IL hatlarının besinsel ve antioksidant içerikleri karakterize edilmiş ve bu karakterleri kontrol eden kantitatif karakter lokusları (QTL) belirlenmiştir. Bu çalışmada besinsel ve antioksidant içerik için toplam 20 QTL saptanmıştır.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. BİTKİ MATERYALİ

Bu çalışmada üç ürüne ait değişik yapıda populasyonlar ve genotipler kullanılmıştır. Domates'te çalışma antioksidant karakterleri kontrol eden genlerin belirlenmesi olduğu için özel olarak geliştirilmiş bir haritalama populasyonu kullanılmıştır. Bu projenin domates kısmında kullanılan bitki materyali kendilenmiş geri melez hatlarıdır (IBL – Inbred Backcross Lines). Bu hatlar *Solanum lycopersicum* cv. E6203 x *Solanum pimpinellifolium* LA1589 melezlemesinden geliştirilmiştir (DOĞANLAR ve ark., 2001). Bu melezlemeden elde edilen F1 bitkisi tekrarlanan ebeveyn E6203'ye geriye mezlenerek BC1F1 populasyonu oluşturulmuştur. BC1F1 populasyonu *S. lycopersicum* genomunu geriye kazanmak için tekrar tekrarlanan ebeveyne geriye melezlenmiş ve BC2F1 generasyonu oluşturulmuştur. BC2F1 generasyonuna ait bitkiler popülasyonda homozigotluğu arttırmak için altı generasyon kendilenmiştir. Çalışmada her genotipi en az 15 bitki temsil etmiştir. Meyveler tam olgunlaşma dönemlerinde topluca hasat edilmiş, tartılmış ve plastik torbalara bölüştürülmüştür. Daha sonra bu torbalar -20 °C derin dondurucu içerisinde depolanmıştır. Domateslerde antioksidant aktivite, toplam fenolik madde miktarı, C vitamini miktarı ve likopen miktarı analiz edilmiştir.

Patlıcanda planlanan çalışma antioksidant karakterleri bakımından Türkiye'de yetiştirilen çeşitler arasındaki farklılıkları araştırmak olduğu için ülkemizde genel olarak yetiştirilen 25 adet patlıcan çeşiti ve bir yabancı orijinli çeşit olmak üzere toplam 26 değişik patlıcan çeşiti deneme materyali olarak kullanılmıştır. Patlıcan örneklerine ait tohumlar Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü (ETAE) tarafından sağlanmıştır (Tablo 1). Patlıcan genotipleri ETAE tarlalarında her bir hattan beş adet tekrerrör olacak şekilde yetiştirilmiştir. Meyveler patlıcanın normal Pazar için seçilen olgunluk döneminde hasat edilmiş ve analiz edilinceye kadar -20°C'de muhafaza edilmişlerdir. Bu üründe antioksidant aktivite ve toplam fenolik madde miktarı analiz edilmiştir.

**Tablo 1.** Antioksidant karakterlerin belirlenmesi için kullanılmış olan patlıcan çeşitleri (TR: Örnek numarasıdır)

Çeşit İsmi	Tohum örneği Numarası (TR)	Meyve Tipi
Çamlıca	-	Uzun
Giresun	TR55678	Uzun

Eskişehir Tombul	TR66012	Beyli
TR55976	TR55976	Beyli
Manisa Uzun	TR62668	Uzun
Kastamonu Uzun	TR37266	Uzun
Çanakkale Kıır	TR43010	Beyli
TR66009	TR66009	Uzun
Zonguldak	TR68530	Uzun
Gaziantep Mor	TR40300	Beyli
Topan-374	TR70635	Topan
Burdur Yerli	TR66688	Beyli
TR61986	TR61986	Topan
Kütahya	TR66559	Uzun
Kemer-27	TR70633	Uzun
Isparta	TR66667	Uzun
Trabzon	TR55995	Topan
Edirne Kırmızı	TR43306	Uzun
Bilecik Kemer	TR66017	Uzun
Uşak	TR66572	Uzun
İzmir	TR50591	Uzun
İzmir	TR50592	Uzun
Bursa Topan	TR66013	Topan
TR61892	TR61892	Uzun
Rize	TR55811	Tomato
MM738	-	Beyli

Biber çalışması için toplam 43 biber örneği sera koşullarında yetiştirilmiştir. Her bir tohum örneği için beş tekerrür bitki yetiştirilmiş ve meyveler yeşil olgun dönemde (Pazar için gereken olgunluk devresi) hasat edilmiştir. Meyve örnekleri analizler yapılincaya kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir. Biber örnekleri arasında Türk çeşitleri (örneğin; Ayaş, Kale, Çarliston), F1 çeşitler (Örneğin; Cecil RZ F1, Raspires) ve dünyada yetiştirilen bazı standart çeşitler (örneğin; California Wonder, Sweet Long Slim Red) yer almıştır (Tablo 2). Biber örnekleri C vitamini, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidant aktivitesi bakımından karakterize edilmiştir. Sonuçlar irdelenirken biber örnekleri farklı şekilde sınıflandırılmışlardır. Örneğin, istatistik analizler için biber çeşitleri beş tip halinde sınıflandırılmıştır: Dolmalık, Salçalık, Çarliston, Sivri ve Süs. Biber örnekleri ayrıca acı ve tatlı olmak üzere de kendi içerisinde iki gruba da ayrılmıştır. Bu gruplamaya göre 15 örnek acı ve 28 örnek tatlı olarak değerlendirilmiştir. Son olarak biber örnekleri Türk çeşiti (29 adet) ve yabancı orijinli çeşit (14 adet) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

**Tablo 2.** Antioksidant karakterlerin belirlenmesi için kullanılmış olan biber çeşitleri. (TR: örnek numarasıdır).

Çeşit / Lokasyon	Tohum örneği Numarası (TR)	Meyve Tip	Acı/Tatlı
333 Biber	-	Çarliston	Tatlı
Acı Biber (Gaziantep)	TR47780	Dolmalık	Acı
Acı Sivri Biber (Bursa)	TR66271	Sivri	Acı

Apollo F1	-	Dolmalık	Tatlı
Arnavut Biber, Acı	TR66272	Süs	Acı
Arnavut Biber, Acı, sivri	TR66299	Süs	Acı
Ayaş	-	Sivri	Tatlı
California Wonder	-	Dolmalık	Tatlı
Çarliston Biber (Bursa)	TR66275	Çarliston	Tatlı
Carolina Wonder	-	Dolmalık	Tatlı
Cecil RZ F1	-	Dolmalık	Tatlı
Charleston Belle	-	Dolmalık	Tatlı
Cherry Pick	-	Süs	Tatlı
Chile Negro	-	Süs	Acı
Cuma Ovasi, Acı	-	Sivri	Acı
Dolmalık	TR70630	Dolmalık	Acı
Dolmalık Yesil (Bursa)	TR66270	Dolmalık	Tatlı
Domat Biberi (Bursa)	TR66393	Dolmalık	Acı
Dugme Biber (Bursa)	TR66316	Süs	Acı
Edison	-	Dolmalık	Tatlı
Ege-91, Tatlı, sivri	-	Sivri	Tatlı
Farya	-	Çarliston	Tatlı
Fiesta	-	Dolmalık	Tatlı
Finli Biber	TR66380	Sivri	Acı
Kale	-	Dolmalık	Acı
Kandil Dolma Biber	-	Dolmalık	Tatlı
Menderes, Acı	-	Sivri	Acı
Raspires F1	-	Çarliston	Acı
Sahnali Biber	-	Sivri	Acı
Salçalık Biber	TR66259	Salçalık	Tatlı
Salçalık Biber (Bursa)	TR66389	Salçalık	Tatlı
Salçalık Biber (G. Antep)	TR48614	Salçalık	Tatlı
Sera Demre	-	Sivri	Tatlı
Sweet Long Slim Red	-	Sivri	Tatlı
Tatlı Kivircik Biber	TR66305	Sivri	Tatlı
Variegated Flash	-	Süs	Acı
Yağlık Biber	TR66378	Salçalık	Tatlı
Yağlık Biber (Bursa)	TR66384	Salçalık	Tatlı
Yalova Biber	-	Sivri	Tatlı
Yalova Çarliston 341	-	Çarliston	Tatlı
Yalova Tatlı Sivri Biber	-	Sivri	Tatlı
Yalova Yağlık	-	Salçalık	Tatlı
Yolo Wonder 31-22	-	Dolmalık	Tatlı

### 3.2. YÖNTEMLER

#### 3.2.1. Antioksidant Aktivitenin Belirlenmesi

Antioksidant aktivitenin ölçülmesi için gerekli ekstraktların hazırlama şartlarının belirlenmesi amacıyla ön çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla örnekler iki aşamalı bir homojenizasyona tabi tutulmuştur. Ön homojenizasyonda Waring blender, ileri düzeyde homojenizasyonda ise Yellowline mikro homojenizatör (Model DI 18) kullanılmıştır. Ön denemelerde her iki aşamada kullanılan

ekstraksiyon ortamı (su, aseton, etanol, metanol) veya ürün/ekstraksiyon ortamı miktarlarının oranları değiştirilmiştir. Çalışmada ekstraksiyon ortamı olarak su yanında etanol (%25, 50, 75, 100), aseton (%25, 50, 75, 100) ve methanol (%100) kullanılması denenmiştir. Gerçekleştirilmiş olan ölçümler sonucunda en yüksek antioksidant aktiviteler genellikle ekstraksiyonda destile su kullanıldığı zaman ölçülmüştür. Solventlerde ise ölçümler arasında genellikle büyük farklılıklar bulunmamış olmasına rağmen çalışma güvenliği açısından (asetonun yanıcılığı, metanolün toksik etkisi düşünülmüştür) ve çok miktarda atık ortaya çıkacağından etanolün kullanılması daha uygun görülmüştür.

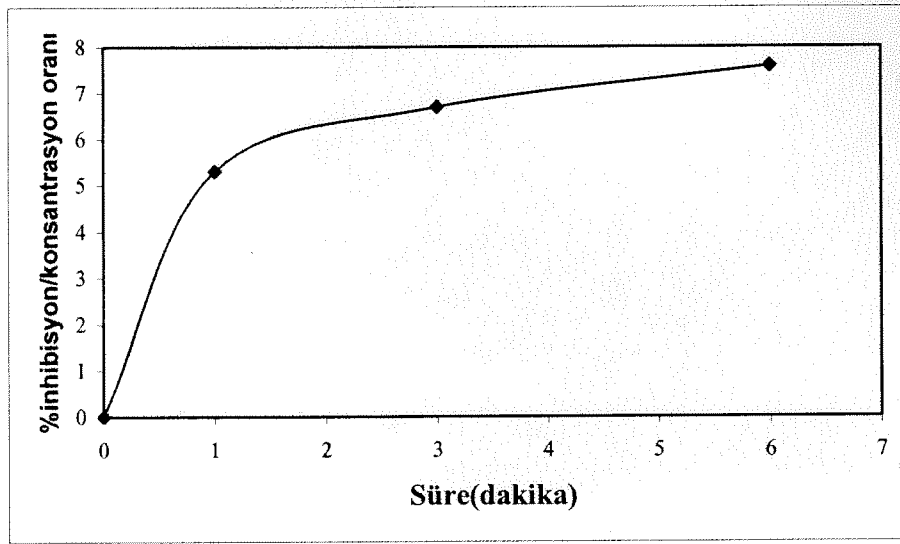
Ön denemelerden sonra antioksidant aktivitenin analizinde kullanılmış olan ekstraktlar metinde aksi belirtilmediği sürece şu şekilde hazırlanmıştır. Öncelikle 200 gr kadar ürün 100 ml destile suyla +4 °C'de (soğutma blenderin çift cıdarlı kavanozunda soğuk su sirküle ettirilerek sağlanmaktadır) Waring blenderde iki dakika süreyle parçalanmıştır. Daha sonra elde edilmiş olan homojenattan 10 gr alınmış ve bu ya 10 ml distile su ile (hidrofilik ekstrakt), ya da 10 ml HPLC saflığında etanolla (lipofilik ekstrakt) kalem tipi bir parçalayıcısı olan Yellowline mikro homojenizatörde bir kez daha 1 dakika homojenize edilerek iyice ekstrakte edilmiştir. Elde edilen homojenat 4 katlı bir naylon tülbenkten süzülüş ve ardından 3000 x g 'de ve +4 °C'de 10 dakika santrifüjlenerek berraklaştırılmıştır. Elde edilmiş olan destile su veya etanolla hazırlanmış olsn ekstrakt antioksidant aktivite ölçümlerinde kullanılmıştır. Burada bir husus özellikle belirtilmelidir. Gerçekleştirilmiş olan ön denemeler sonucunda suyla ekstrakte edilmiş olan örneklerden arda kalan tortulardan solventle elde edilen ekstraktlarda ölçülemeyecek düzeyde düşük antioksidant aktivite belirlenmiştir. Bu durum özellikle çalışılmış olan domates örneklerinde görülmüştür. Dolayısıyla bu çalışmada örnekten direkt olarak etanolla elde edilmiş olan ekstraktlar lipofilik ekstrakt olarak adlandırılmıştır. Bu ekstraktlar kuşkusuz lipofilik maddeler yanında bir miktar da hidrofilik madde içermektedir.

Antioksidant aktivite RE ve ark. (1999) tarafından verilmiş olan yöntemle ölçülmüştür. Bu yöntem, potasyum persülfatla okside edilerek elde edilen ABTS (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic Acid) radikalinin antioksidantlarca indirgenerek koyu mavi rengini kaybetmesine ve bu renk kaybının % miktarının 734 nm'de spektrofotometrik olarak ölçülmesine dayanmaktadır. Bu çalışmada spektrofotometre olarak SHIMADZU (UV-VIS Model 1700) marka bir cihaz kullanılmış olup cihazın sabit sıcaklıkta su sirküle eden küvet tutucusundan faydalanılarak tüm ölçümler 30°C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir.

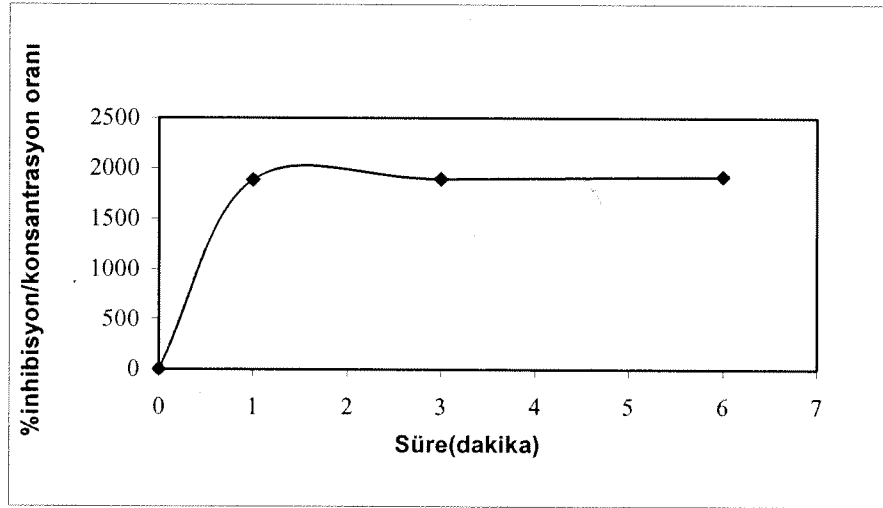
Suyla elde edilmiş olan hidrofilik ekstraktların antioksidant aktivitesini ölçmek için ABTS stok solüsyonu 734 nm'de 0.680-0.720 absorbans değeri verene kadar 150 mM NaCl içeren 5 mM, pH 7.4 Na-fosfat tamponu ile (PBS) seyreltilmiştir. Lipofilik ekstraktların antioksidant aktivitesini ölçmek için ABTS stok solüsyonu PBS yerine aynı absorbans değerini verecek şekilde HPLC saflığında



ethanol ile seyreltilmiştir. Ölçümler sırasında kullanılan rekasiyon karışımları sırasıyla 2,5, 5,0 ve 7,5 µl ekstraktın 2 ml ABTS serbest radikal çözeltisi ile karıştırılmasıyla oluşturulmuştur. Absorbans değerinde 734 nm'de gerçekleştirilen düşüşler 6 dakika süresince izlenmiş ve 1, 3 ve 6 dakikalardaki absorbans değerlerinde başlangıca göre elde edilen % inhibisyon değerleri belirlenmiştir. Her hacimde (2,5, 5 ve 7,5 µl) ölçümler 3 kez tekrar edilmiş dolayısıyla tek bir antioksidant aktivite ölçümü için 9 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Antioksidant aktivitelerin ifade edilmesi amacıyla Area Under the Curve (AUC) değeri hesaplanmıştır. AUC değerinin hesaplanması amacıyla belirtilmiş kaynakta verilmiş olan yöntem aynen kullanılmış olup bu yöntem kısaca şöyledir. Bu amaçla % inhibisyon / konsantrasyon (µl) değerleri test sürelerine karşı (1, 3, 6 dak) linear bir kurveye aktarılır (Şekil 1) ve bu kurvenin altında kalan alan hesaplanır. Aynı kurve bir kez de standart bir antioksidant olan Trolox için elde edilir (Şekil 2). Ancak bu kez konsantrasyon ifadesi hacim değil µmol'dür. Ayrıca ölçümler tek bir hacimde (örneğin 20 µl) ancak değişen konsantrasyonlarda (0.0045-0.03 µmol) gerçekleştirilir. Bu aşamadan sonra Troloks standardına ait kurvenin de alanı hesaplanır. AUC değeri örneğe ait alanın Troloksa ait alana olan oranından belirlenir ve µmol Trolox / kg taze örnek ağırlığı olarak ifade edilir.



**Şekil 1.** Bir *Solanum lycopersicum* örneğinde AUC değerinin hesabında kullanılacak alan değerinin belirlendiği kurve



**Şekil 2.** Troloks standardı için AUC değerinin hesabında kullanılacak alan değerinin belirlendiği kurve

### 3.2.2. Diğer Antioksidant Karakterler

Bu çalışmada antioksidant aktiviteler yanında her bir domates IBL hattı için C vitamini miktarı tayin edilmiştir. Ayrıca, likopen ve toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Diğer ürünlere ait genotipler için ise patlıcanlarda toplam fenolik madde miktarı, biberlerde ise C vitamini ve toplam fenolik madde miktarları belirlenmiştir.

#### 3.2.2.1. Likopen miktarının belirlenmesi

Likopen tayini VALVERDE ve ark.'da (2002) verilmiş olan aseton / hekzan / etanol karışımıyla ekstraksiyon ve 472 nm'de absorbans belirlemeye dayalı spektrofotometrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Örnek hazırlama işlemi, 100 gr kadar domatesin 200 ml kadar destile suyla +4°C'de Waring blenderde homojenize edilmesi ve bu homojenattan alınan 3 gr örneğin 50 ml ekstraksiyon solventiyle (2:2:1 oranında karıştırılmış hekzan / aseton / etanol) karıştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Karışım 150 d/d ve 25°C sıcaklıkta 30 dakika kadar sıcaklık kontrollü bir çalkalayıcıda tutulmuş ve ardından 10 ml destile su içeren ayırma hunisine aktarılarak bir süre çalkalandıktan sonra 4 saat 25°C 'de kendi haline bırakılmıştır. En sonunda örneğin 472 nm'deki absorbansı ölçülmüş ve likopen miktarı hesaplanmıştır. Standart kurve hazırlanması için saf likopen kullanılmıştır. Miktarlar mg/kg taze ağırlık olarak verilmiştir.

#### 3.2.2.2. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi

Toplam fenolik madde tayini SINGLETON ve ROSSI 'de (1965) belirtilen yönteme göre Folin ciocalteu ayırıcı ve gallik asit standardı kullanılarak belirlenmiştir. Örnek hazırlamak amacıyla



homojenat aynen likopen tayinindeki gibi 100 gr domates ve 200 ml destile su kullanılarak elde edilmiştir. Bu homojenattan 2.5 gr örnek alınmış ve 20 ml distile su ile kalem tipi bir parçalayıcısı olan Yellowline mikro homojenizatörde bir kez daha 1 dakika homojenize edilerek iyice ekstrakte edilmiştir. Bu aşamadan sonra örnek 4 katlı bir tülbentten süzölmüş ve ardından 3000 x g 'de ve +4 °C'de 10 dakika santriföjlenerek berraklaştırılmıştır. Elde edilmiş olan ekstrakt fenolik madde tayininde kullanılmıştır. Bu amaçla 2 ml ekstrakt 10 ml Folin-ciocalteu (% 10'luk) çözeltisi ile karıştırılmış ve 3 dakika sonra ortama 8 ml Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (% 7.5) çözeltisi eklenmiştir. Bu aşamadan sonra örnek 2 saat bekletilmiş ve 765 nm'deki absorbansı ölçölmüştür. Fenolik madde konsantrasyonunun hesaplanması amacıyla gallik asitle hazırlanmış standart kurve kullanılmıştır. Miktarlar mg/kg taze ağırlık olarak verilmiştir.

### **3.2.2.3. C vitamini miktarının belirlenmesi**

C vitamini tayini NIELSEN (1994) tarafından verilmiş olan AOAC 967.21 nolu metoda göre 2,6-dicloroindophenol reaktifi kullanılan titrimetrik yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde 100 gr kadar örnek 115 ml yöntemde belirtildiği şekilde hazırlanmış asetik asit-metafosforik asit çözeltisiyle +4 °C'de Waring blenderde 2 dakika homojenize edilir. Ardından buradan 25 gr kadar homojenat alınmış ve ekstaksiyonda kullanılan çözeltiyle hacmi 100 ml'ye tamalanmıştır. Buradan alınan 15 ml örnek 2,6-dicloroindophenol reaktifi ile titre edilmiş ve C vitamini miktarı belirlenmiştir. Boya çözeltisinin kalibrasyonunda saf C vitamini kullanılmıştır. Miktarlar mg/kg taze ağırlık olarak verilmiştir.

### **3.2.3. Antioksidant Karakterler İçin Genetik Haritalama**

Bitki DNA'ları BERNATZKY ve TANKSLEY (1986) ve FULTON ve ark. (1995)'de verilmiş olan yöntemlere göre ekstrakte edilmiştir. RFLP analizlerinde FEINBERG ve VOGELSTEIN'de (1983) verilmiş olan yöntem uygulanmıştır. Genotipik veriler DOGANLAR ve ark. (2001) tarafından sağlanmışdır. QTL analizleri için 127 RFLP işaretleyicisine ait genotipik veriler kullanılmıştır. Genetik haritalar LANDERS ve ark. (1987) tarafından geliştirilen Mapmaker programı kullanılarak oluşturulmuştur. Antioksidant karakterler için yapılan QTL analizlerinde NELSON (1997) tarafından geliştirilmiş Qgene programı kullanılmıştır. QTL saptanması için P<0,01 olasılık değeri kullanılmıştır.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

##### 4.1. IBL DOMATES HATLARINDA ANTIÖKSİDANT KARAKTERLERİN ANALİZİ

###### 4.1.1. Antioksidant Aktivite Değerleri

*Solanum pimpinellifolium* ve *Solanum lycopersicum* anaçları ve IBL hatlarının hidrofilik ve lipofilik antioksidant aktiviteleri Tablo 3'te, bu değerlerin dağılımları ise Şekil 3 ve 4'te verilmiştir. Bu ve diğer antioksidant karakterlerin ortalama değerleri ve standart hatalar ise Tablo 4'te görülmektedir. *Solanum lycopersicum* anacın hidrofilik fraksiyondaki ortalama AUC değeri 6197 µmol Trolox/ kg taze domatesdir. *Solanum pimpinellifolium* anacın aynı karakter için sahip olduğu değer *Solanum lycopersicum* anacının değerinden 1.5 kat daha fazladır. Lipofilik fraksiyondaki antioksidant aktivitesinin ortalama değerleri hidrofilik fraksiyondaki antioksidant aktivitesi değerine göre daha düşük düzeydedir. Buna göre, değerler *Solanum lycopersicum* anacının lipofilik fraksiyon için olan değerinden %50 daha az ve *Solanum pimpinellifolium* anacının lipofilik fraksiyon için olan değerinden ise %64 daha düşük düzeydedir. İlaveeten, yabani tip anaç lipofilik antioksidant aktivitesi bakımından kültür tip anaca göre 1.8 kat daha yüksek antioksidant aktivite göstermiştir. IBL hatlarında, gerek lipofilik, gerekse hidrofilik ekstraktların antioksidant aktivitelerin en yüksek ve en düşük değeri arasında 3000 µmol Trolox/kg farklılık vardır. IBL hatlarının ortalama değerleri her iki fraksiyon için olan antioksidant aktiviteleri bakımından çoğunlukla *Solanum lycopersicum* anacının ortalama değerine yakın bulunmuştur.

Antioksidant aktivitenin hidrofilik fraksiyonunun dağılım histogramına göre, populasyondaki değerlerin dağılımı normal dağılım göstermiştir. Ancak, populasyondaki hidrofilik ekstrakt antioksidant aktivite değerlerinin önemli bir kısmı *Solanum lycopersicum* anacının bu antioksidant aktivite türü için elde edilen ortalamasının altında kalmıştır (Şekil 3). IBL populasyonu hidrofilik antioksidant aktivite değerlerinin ortalamasının *Solanum lycopersicum* anacının ortalamasına benzer olması beklenen bir durumdur. Ancak, elde edilen hidrofilik antioksidant aktivite değerlerinin bu anacının biraz altında kalması populasyonu oluşturan çoğu bitkide hidrofilik antioksidantların anaca göre daha fazla harcanmış olabileceğini göstermektedir. Eldeki verilerle bu tür bir durumun teknik olarak açıklanması oldukça güçtür. Populasyonda hidrofilik antioksidantların harcanması bitkinin doğal gelişim süresince oluşmuş olabileceği gibi, bunun deneylerdeki ekstraksiyon işlemleri sırasında oluşmuş olması da mümkündür. Nitekim, örneğin populasyonda hidrofilik fenolik bileşikler okside eden polifenoloksidaz ve peroksidaz gibi enzimlerle, yine bir hidrofilik antioksidant olan C vitaminini okside edebilen askorbat oksidaz ve askorbat peroksidaz gibi enzimlerin aktivitelerinin anaçlara göre daha yüksek olmasının antioksidant aktivitede bu tür sınırlı bir düşüşe neden olması mümkündür. Alternatif olarak benzer enzimlerin aktivite düzeyinin anaçta populasyona göre biraz daha düşük olması da mümkündür. Ancak, bütün bu varsayımların farklı bir araştırmanın konusu olduğu ve ayrıca incelenmesi gerektiği açıktır. Diğer yandan IBL hatlarının lipofilik

fraksiyondaki antioksidant aktivitelerinin dağılımı da normal dağılım göstermekte ve bu kez elde edilen değerler beklendiği gibi *Solanum lycopersicum* için elde edilen lipofilik antioksidant aktivite değerine oldukça yakın bulunmaktadır (Şekil 4).

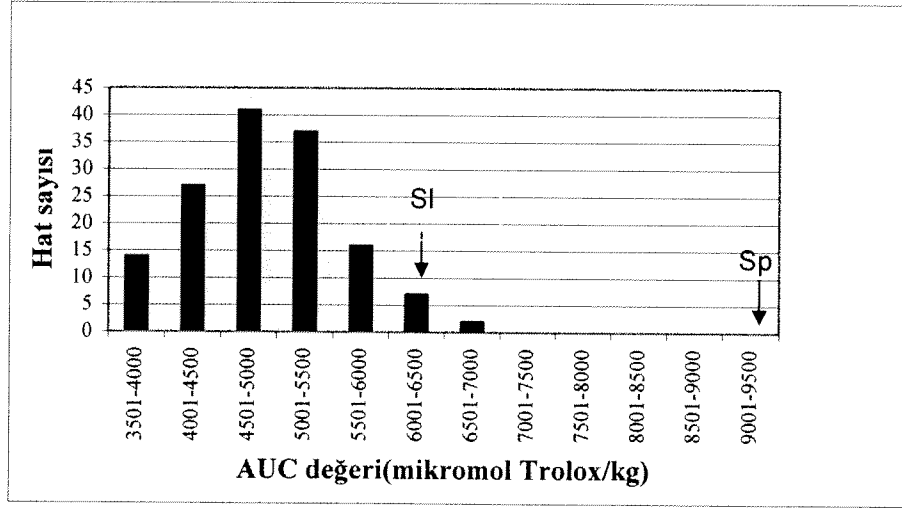
**Tablo 3.** IBL hatlarının antioksidant aktivite değerleri.

IBL Numarası	Genotip	Hidrofilik ekstrakt için antioksidant aktivite AUC ( $\mu\text{mol Trolox/kg}$ )	Lipofilik ekstrakt için Antioksidant aktivite AUC ( $\mu\text{mol Trolox/kg}$ )
E6203	<i>Solanum lycopersicum</i>	6416,80	2848,57
LA 1589	<i>Solanum pimpinellifolium</i>	9337,30	5824,58
TA2136	IBL hattı	4407,79	3007,75
TA2138	IBL hattı	4302,85	2228,91
TA 2143	IBL hattı	5169,62	2758,62
TA 2149	IBL hattı	4917,54	2554,38
TA 2151	IBL hattı	4382,02	2470,30
TA 2153	IBL hattı	4092,95	2367,50
TA 2155	IBL hattı	4302,85	2433,96
TA 2157	IBL hattı	5037,48	2755,27
TA 2158	IBL hattı	4722,64	2586,99
TA 2159	IBL hattı	5697,15	2932,10
TA 2160	IBL hattı	6296,85	2945,74
TA 2163	IBL hattı	5997,00	3221,87
TA 2165	IBL hattı	5083,20	3118,44
TA 2166	IBL hattı	5097,45	2806,59
TA 2167	IBL hattı	3898,05	2281,20
TA 2168	IBL hattı	5982,00	3135,05
TA 2171	IBL hattı	5352,32	2785,49
TA 2172	IBL hattı	4943,03	3186,65
TA 2175	IBL hattı	4722,63	2876,55
TA 2178	IBL hattı	4797,60	2668,60
TA 2181	IBL hattı	5697,15	2743,79
TA 2182	IBL hattı	4636,78	2950,52
TA 2183	IBL hattı	5224,88	2470,50
TA 2184	IBL hattı	5412,30	2998,50
TA 2185	IBL hattı	5352,32	3679,24
TA 2186	IBL hattı	5479,76	3062,50
TA 2188	IBL hattı	5397,30	3817,62
TA 2191	IBL hattı	4512,74	2890,36
TA 2195	IBL hattı	4512,74	2423,62
TA 2196	IBL hattı	4407,80	2488,75
TA 2197	IBL hattı	6454,27	3921,57
TA 2200	IBL hattı	4947,53	2700,16
TA 2201	IBL hattı	5037,48	2767,94
TA 2203	IBL hattı	4797,60	3133,40
TA 2206	IBL hattı	5479,80	5209,70
TA 2209	IBL hattı	4197,90	2533,33
TA 2210	IBL hattı	5982,00	3605,54

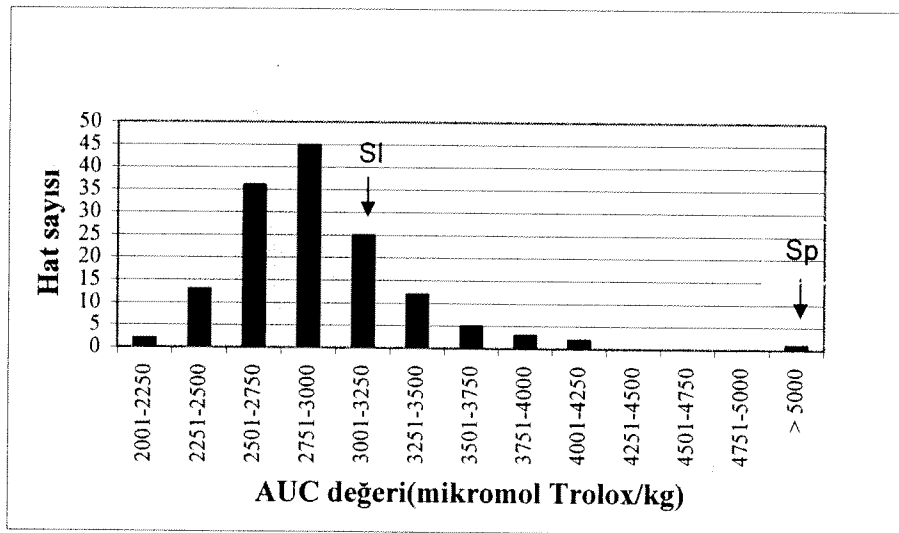
TA 2219	IBL hattu	5097,40	2723,15
TA 2224	IBL hattu	4917,54	2690,40
TA 2227	IBL hattu	4722,64	3008,07
TA 2229	IBL hattu	5352,32	2638,89
TA 2232	IBL hattu	4610,19	2563,72
TA 2233	IBL hattu	4917,54	3015,87
TA 2238	IBL hattu	4722,64	3133,43
TA 2240	IBL hattu	5667,16	2968,51
TA 2242	IBL hattu	4722,64	2801,84
TA 2247	IBL hattu	4797,60	2949,92
TA 2248	IBL hattu	4610,19	3050,97
TA 2251	IBL hattu	3778,11	2749,19
TA 2253	IBL hattu	4722,64	2820,09
TA 2259	IBL hattu	4917,54	2526,55
TA 2260	IBL hattu	5224,88	2998,50
TA 2262	IBL hattu	5667,17	3133,43
TA 2263	IBL hattu	4617,69	2813,11
TA 2264	IBL hattu	5839,58	3133,43
TA 2265	IBL hattu	5224,89	3158,68
TA 2269	IBL hattu	5397,30	3157,09
TA 2270	IBL hattu	4197,90	2720,59
TA 2273	IBL hattu	5157,42	3190,84
TA 2277	IBL hattu	6936,94	3423,42
TA 2282	IBL hattu	4857,57	3199,31
TA 2291	IBL hattu	3988,00	2624,36
TA 2292	IBL hattu	4183,67	2572,71
TA 2293	IBL hattu	3898,05	2644,00
TA 2294	IBL hattu	5224,88	2972,58
TA 2296	IBL hattu	5547,22	3257,23
TA 2297	IBL hattu	4970,01	2571,65
TA 2300	IBL hattu	5097,45	2963,87
TA 2301	IBL hattu	4722,64	2563,72
TA 2302	IBL hattu	5114,15	3268,36
TA 2304	IBL hattu	4722,64	2515,53
TA 2303	IBL hattu	5262,37	2848,57
TA 2305	IBL hattu	5097,45	2825,09
TA 2308	IBL hattu	6296,85	3301,74
TA 2309	IBL hattu	4917,54	2658,85
TA 2310	IBL hattu	4722,64	3395,06
TA 2311	IBL hattu	5037,48	3264,84
TA 2314	IBL hattu	4407,79	2396,15
TA 2316	IBL hattu	3688,15	2438,08
TA 2318	IBL hattu	4557,72	2905,19
TA 2319	IBL hattu	4917,54	3133,43
TA 2321	IBL hattu	4407,79	2700,83
TA 2322	IBL hattu	4741,93	2496,77
TA 2323	IBL hattu	3898,05	2523,08
TA 2325	IBL hattu	5097,45	3133,43
TA 2327	IBL hattu	6327,33	3555,55
TA 2328	IBL hattu	4797,60	2698,65

TA 2332	IBL hattu	4610,19	3150,80
TA 2335	IBL hattu	4197,90	2835,83
TA 2337	IBL hattu	5697,15	3874,17
TA 2137	IBL hattu	5352,32	3341,83
TA 2139	IBL hattu	4407,79	2360,60
TA 2140	IBL hattu	5397,30	3133,43
TA 2142	IBL hattu	4557,72	2666,10
TA 2144	IBL hattu	4917,54	2594,02
TA 2145	IBL hattu	4917,54	2955,17
TA 2146	IBL hattu	4497,75	2843,95
TA 2147	IBL hattu	5352,32	2878,79
TA 2148	IBL hattu	3898,05	2982,73
TA 2152	IBL hattu	5097,45	2923,54
TA 2154	IBL hattu	3847,33	2792,23
TA 2162	IBL hattu	5045,04	2342,34
TA 2174	IBL hattu	3778,11	2978,05
TA 2176	IBL hattu	3598,20	2677,66
TA 2177	IBL hattu	5352,32	3059,58
TA 2179	IBL hattu	4407,79	3132,91
TA 2187	IBL hattu	4197,90	2903,22
TA 2189	IBL hattu	4197,90	2848,29
TA 2193	IBL hattu	4354,58	2881,19
TA 2204	IBL hattu	4917,54	2791,60
TA 2205	IBL hattu	4497,75	2731,41
TA 2207	IBL hattu	4722,64	2698,65
TA 2211	IBL hattu	3988,00	2785,00
TA 2212	IBL hattu	5697,15	2953,56
TA 2213	IBL hattu	4092,95	2874,20
TA 2214	IBL hattu	3988,00	2620,69
TA 2215	IBL hattu	4407,79	2782,68
TA 2216	IBL hattu	5697,15	3438,91
TA 2217	IBL hattu	5097,45	2748,09
TA 2221	IBL hattu	4407,79	2515,92
TA 2228	IBL hattu	4197,90	2840,33
TA 2230	IBL hattu	5224,88	2551,72
TA 2239	IBL hattu	5509,70	2245,45
TA 2244	IBL hattu	5127,40	3389,80
TA 2249	IBL hattu	3628,18	2338,83
TA 2257	IBL hattu	5262,37	3148,94
TA 2258	IBL hattu	5532,23	3204,40
TA 2266	IBL hattu	5224,88	2987,42
TA 2271	IBL hattu	4722,64	2987,42
TA 2278	IBL hattu	6306,30	3303,30
TA 2280	IBL hattu	3898,05	2536,60
TA 2285	IBL hattu	5037,50	2891,70
TA 2286	IBL hattu	4407,79	2848,57
TA 2290	IBL hattu	4272,86	2637,63
TA 2307	IBL hattu	4610,19	3027,95
TA 2313	IBL hattu	5554,72	3675,28
TA 2317	IBL hattu	4497,75	2773,61

TA 2324	IBL hattı	6296,85	4197,90
TA 2331	IBL hattı	4677,66	2909,65
TA 2333	IBL hattı	5697,15	3283,35
TA 2334	IBL hattı	4917,54	2523,24
TA 2336	IBL hattı	6596,70	3725,49
TA 2338	IBL hattı	6454,27	3328,33
	IBL hattı	4197,90	2706,15



Şekil 3. Hidrofilik ekstraktlarda antioksidant aktivitelerinin dağılım histogramı. Sp ve Sl sırasıyla *Solanum pimpinellifolium* ve *Solanum lycopersicum*'un ortalamasının yerini göstermektedir.



Şekil 4. Lipofilik ekstraktlarda antioksidant aktivitelerinin dağılım histogramı. Sp ve Sl sırasıyla *Solanum pimpinellifolium* ve *Solanum lycopersicum*'un ortalamasının yerini göstermektedir.

**Tablo 4.** Antioksidant karakterler bakımından IBL hatlarının ve anaçların ortalama değerleri ve standart hataları. Hat sayısı parantez içerisinde verilmiştir. değerler arasındaki önemli farklılık Student's t-test göre ve  $P < 0.05$  seviyesinde belirlenmiş ve farklılıklar değişik harflerle gösterilmiştir.

Karakter	<i>S. lycopersicum</i> anaç		<i>S. pimpinellifolium</i> anaç		IBL hatları	
	Ortalama $\pm$ SE (n) <sup>1</sup>	Ortalama $\pm$ SE (n) <sup>1</sup>	Ortalama $\pm$ SE (n)	Farklılık	Ortalama $\pm$ SE (n)	Farklılık
Hidrofilik AUC ( $\mu$ mol Trolox/kg)	6197 $\pm$ 265 (3) a	9265 $\pm$ 238 (3) b	4917,4 $\pm$ 67 (144) c		4917,4 $\pm$ 67 (144) c	3598 - 6937
Lipofilik AUC ( $\mu$ mol Trolox/kg)	3133 $\pm$ 0 (3) a	5917 $\pm$ 92 (3) b	2919,9 $\pm$ 40 (144) a		2919,9 $\pm$ 40 (144) a	2229 - 5210
C vitamini miktarı (mg/kg)	288,1 $\pm$ 0 (3) a	463,9 $\pm$ 8,0 (3) b	290,6 $\pm$ 5,9 (144) a		290,6 $\pm$ 5,9 (144) a	164,7 - 503,9
Fenolik madde miktarı (mg/kg)	468 $\pm$ 8,7 (3) a	1175 $\pm$ 3,8 (3) b	490 $\pm$ 5,5 (144) a		490 $\pm$ 5,5 (144) a	354 - 1175
Likopen miktarı (mg/kg)	213,6 $\pm$ 0,8 (3) a	398,4 $\pm$ 0 (3) b	207,2 $\pm$ 4,1 (144) a		207,2 $\pm$ 4,1 (144) a	110,34 - 398,44



Bu çalışmadan elde edilen antioksidant aktivite değerlerinin literatürde domatesler için elde edilenlerle kıyaslanması son derece zordur. Bunun başlıca nedenleri şöyle sıralanabilir: (1) Örnek formundaki farklılıklar (liyofilize halde veya taze örnek kullanma); (2) Ekstraksiyon yöntemlerindeki farklılıklar (homojenizasyon yöntemi ve ekstraksiyon solventi farklılıkları); (3) Antioksidant aktivite ölçüm yöntemlerindeki farklılıklar (farklı radikaller kullanımı ve reaksiyon ortamının farklı solventler içermesi); (4) Ürünlerin çeşitlerinin ve yetiştirme koşullarının farklı olması. Ancak buna rağmen literatürde belli ölçüde kıyaslama yapılabilecek az sayıda çalışma da mevcuttur. Örneğin HANSON ve ark. (2004) 50 *Solanum lycopersicum* ve 3 *S. pimpinellifolium* genotipinde ABTS yöntemiyle hidrofilik fraksiyonlarda ölçtükleri antioksidant aktivite değerlerinin 2500-6800 µmol Trolox/kg taze ağırlık aralığında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Aynı araştırmacılar *Solanum pimpinellifolium* 'da antioksidant aktivitenin *Solanum lycopersicum*'a göre kayda değer şekilde (ortalamalar dikkate alınca yaklaşık 1.6 kat) yüksek olduğunu da belirtmektedirler. Bu çalışmada analiz edilmiş olan örneklerin hidrofilik antioksidant aktivite değerleri IBL hatlarında yaklaşık 3500-7000 µmol Trolox/kg taze ağırlık arasında değiştiği, anaçlarda ise antioksidant aktivite değerlerinin *Solanum pimpinellifolium* ve *Solanum lycopersicum* için sırasıyla 9265 ve 6197 µmol Trolox/kg taze ağırlık olduğu dikkate alınırca bu çalışmada elde edilmiş olan sonuçların tutarlı olduğu anlaşılmaktadır.

#### 4.1.2. C Vitamini Miktarları

Domates örneklerinde C vitamini miktarlarıyla ilgili olarak elde edilmiş sonuçlar Tablo 5'de topluca verilmiştir. C vitamini içeriği bakımından *Solanum pimpinellifolium*'un ortalaması *Solanum lycopersicum* ortalama değerinden 1.6 kat daha fazla olmuştur (Tablo 4). C vitamini içeriği bakımından IBL hatlarının en düşük ve en yüksek değerleri sırasıyla 165 mg/kg ve 504 mg/kg taze ağırlık olarak saptanmıştır. IBL hatlarının ortalama değeri (290 mg/kg) yaklaşık olarak *Solanum lycopersicum* anacına (288 mg/kg) benzerlik göstermiştir. IBL hatlarının C vitamini içeriği değeri normal dağılım göstermiştir (Şekil 5). Bu çalışmada kullanılmış olan domateslerin C vitamini miktarları HANSON ve ark. (2004) tarafından *Solanum lycopersicum* ve *S. pimpinellifolium* genotipleri için belirlenmiş değerlerin değişim sınırındadır (120-400 mg/kg). Bu araştırmacılar benzer şekilde kendi çalıştıkları *Solanum pimpinellifolium* genotiplerinde C vitamini içeriğini *Solanum lycopersicum* genotiplerine göre yaklaşık 2 kat daha yüksek belirlemişlerdir (Not: Belirtilen araştırmacılar bu çalışmada olduğu gibi C vitamini tayininde DCPIP reaktifini kullanmışlardır. Ancak, titrimetrik ölçüm yerine bulanıklık olmadığı sürece biraz daha hassas, ancak zahmetli olan spektrofotometrik yöntemi tercih etmişlerdir). Yine DCPIP reaktifini kullanmış olan TOOR ve SAVAGE (2005) 3 farklı domates türünde meyve pulpunda 89 mg/kg, kabuğunda 169 mg/kg ve çekirdeklerinde 84 mg/kg C vitamini bulunduğunu bildirmektedirler. Aynı araştırmacılarca test edilmiş örneklerin farklı kısımlarının oransal ağırlıkları dikkate alındığı zaman domateslerdeki C vitamini düzeyi yaklaşık 100 mg/kg olarak hesap edilmektedir.



#### 4.1.3. Fenolik Madde Miktarları

Tablo 5’de IBL hatları ve anaçlarda belirlenmiş olan toplam fenolik madde miktarları da verilmiştir. Görüldüğü üzere *Solanum pimpinellifolium* anacı toplam fenolik madde içeriği bakımından da *Solanum lycopersicum* anacından yaklaşık 2.5 kat daha zengindir. Bu karakter bakımından IBL hatlarının değerleri 354 mg/kg – 1174.8 mg/kg arasında değişiklik arz etmiş ve normal dağılım göstermiştir (Şekil 6). IBL hatlarının ortalama değeri olan 4901 mg/kg beklendiği üzere *Solanum lycopersicum* anacının ortalama değerine oldukça yakındır. Fenolik madde miktarları için bu çalışmada belirlenmiş olan değerler HANSON ve ark. (2004) tarafından *Solanum pimpinellifolium* ve *Solanum lycopersicum* genotipleri için belirlemiş olan fenolik madde miktarı sınırlarıdır. Nitekim bu araştırmacılar tarafımızdan da kullanılmış olan Folin-Chiocalteu reaktifi kullanılan geleneksel yöntemle analiz ettikleri örneklerde fenolik madde miktarlarının 560-1560 mg/kg arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. MARTINEZ-VALVERDE ve ark. (2002) bazı ticari domates çeşitlerinde toplam fenolik madde miktarlarını daha da düşük ve 259-498 mg/kg sınırında bulmuşlardır. Ancak bu araştırmacılar oldukça eski olan ve artık pek kullanılmayan Folin-Denis yöntemini kullanmış ve yalnızca 9 çeşit üzerinde çalışmışlardır.

#### 4.1.4. Likopen Miktarları

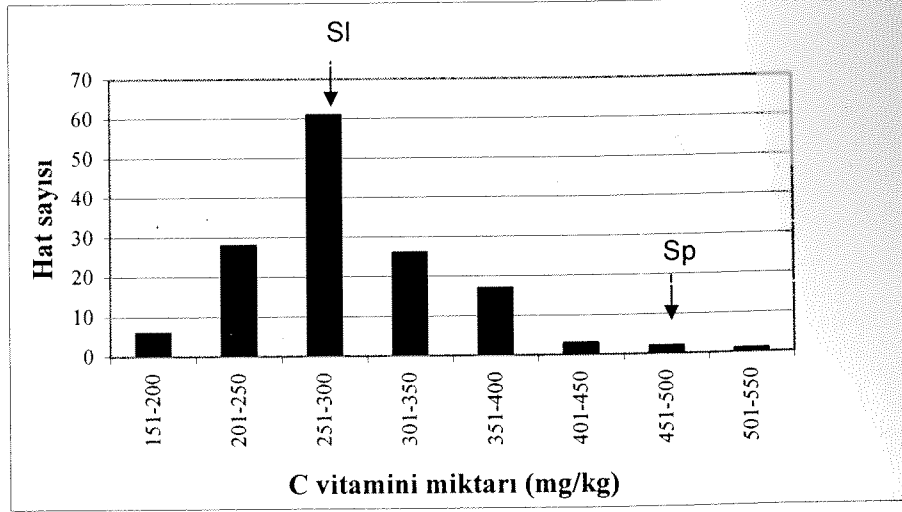
*Solanum lycopersicum* anacının likopen içeriği 214 mg/kg olup *Solanum pimpinellifolium* anacından 1.8 kat daha az olduğu bulunmuştur. IBL hatlarının ortalama likopen içeriği *Solanum lycopersicum* anacı ortalama değerine oldukça yakındır. Diğer karakterlerde olduğu gibi likopen değerleri de normal dağılım göstermiştir (Şekil 7). IBL hatları için tarafımızdan belirlenmiş olan likopen miktarı ile ilgili değişim sınırı 100-300 mg/kg aralığıdır ve bu sınır HANSON ve ark. (2004) tarafından bazı *Solanum pimpinellifolium* ve *Solanum lycopersicum* genotipleri için belirlemiş olan sınırlar içerisindedir. Ancak bu araştırmacılar ilginç bir şekilde bazı domateslerde likopen miktarının beklenmedik şekilde 0.4 mg/kg kadar düşük olabileceği gibi bazılarında da 231 mg/kg gibi normal değerlerde olabileceğini iddia etmektedirler. Bu durum sözkonusu domateslerde likopenin adeta sentezlenmediği anlamına gelmektedir. MARTINEZ-VALVERDE ve ark., (2002) bazı ticari domateslerde likopen miktarlarının 31-65 mg/kg arasında, TOOR ve SAVAGE (2006) ise bazı domates çeşitlerinde likopen miktarlarının 25-30 mg/kg arasında değiştiğini bildirmektedirler. Buna göre bu çalışmada kullanılmış olan domates hatlarının likopen açısından zengin olduğunu söylemek mümkündür. Bilindiği üzere likopen miktarının yüksekliği domateslerde ticari değeri direkt olarak etkileyen bir durumdur. Buna göre tarafımızdan türütülen çalışmada kullanılan hatların ticari açıdan değer taşıdığı açıktır.

**Tablo 5.** Domateste C Vitamini, Fenolik Madde ve Likopen Değerleri.

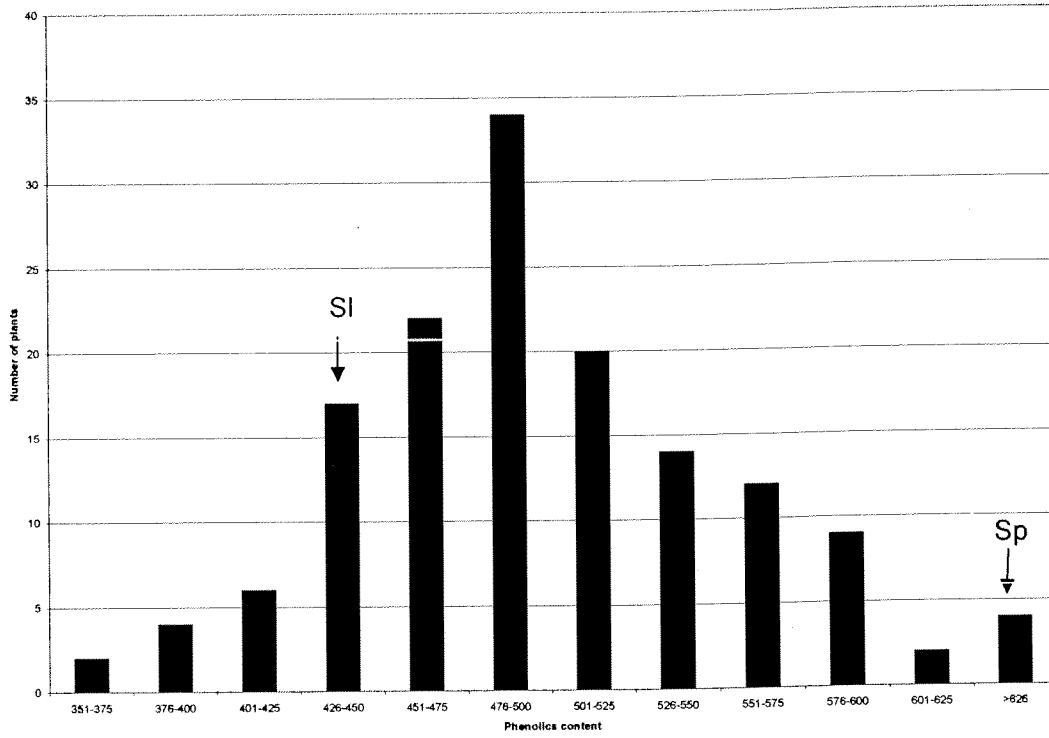
IBL Numarası	Genotip	C Vitamini (mg/kg)	Fenolik Madde İçeriği (mg/kg)	Likopen İçeriği (mg/kg)
E6203	Solanum lycopersicum	245	474	214
LA1589	Solanum pimpinellifolium	394	1199	331
TA2136	IBL hattı	238	481	265
TA2137	IBL hattı	289	481	242
TA2138	IBL hattı	154	382	202
TA2139	IBL hattı	157	357	190
TA2140	IBL hattı	152	520	228
TA2142	IBL hattı	181	466	229
TA2143	IBL hattı	209	463	204
TA2144	IBL hattı	175	480	278
TA2145	IBL hattı	237	463	190
TA2146	IBL hattı	253	536	152
TA2147	IBL hattı	229	504	224
TA2148	IBL hattı	257	459	144
TA2149	IBL hattı	240	458	114
TA2150	IBL hattı	dy	dy	dy
TA2151	IBL hattı	249	478	189
TA2152	IBL hattı	232	527	135
TA2153	IBL hattı	200	408	186
TA2154	IBL hattı	279	467	189
TA2155	IBL hattı	181	370	175
TA2156	IBL hattı	dy	dy	dy
TA2157	IBL hattı	247	495	192
TA2158	IBL hattı	210	389	116
TA2159	IBL hattı	220	544	219
TA2160	IBL hattı	206	484	152
TA2162	IBL hattı	220	431	124
TA2163	IBL hattı	236	524	194
TA2165	IBL hattı	232	513	167
TA2166	IBL hattı	207	487	176
TA2167	IBL hattı	214	405	164
TA2168	IBL hattı	264	587	147
TA2171	IBL hattı	190	490	225
TA2172	IBL hattı	334	553	233
TA2173	IBL hattı	dy	463	dy
TA2174	IBL hattı	246	422	162
TA2175	IBL hattı	308	517	213
TA2176	IBL hattı	231	482	202
TA2177	IBL hattı	294	520	193
TA2178	IBL hattı	190	436	161
TA2179	IBL hattı	230	488	194
TA2181	IBL hattı	228	580	238
TA2182	IBL hattı	233	511	218
TA2183	IBL hattı	138	450	210
TA2184	IBL hattı	287	574	169
TA2185	IBL hattı	346	563	225
TA2186	IBL hattı	384	601	166

TA2187	IBL hattı	261	469	227
TA2188	IBL hattı	315	568	264
TA2189	IBL hattı	250	525	211
TA2191	IBL hattı	331	455	198
TA2193	IBL hattı	251	443	202
TA2195	IBL hattı	243	450	223
TA2196	IBL hattı	257	432	161
TA2197	IBL hattı	373	652	257
TA2200	IBL hattı	202	498	206
TA2201	IBL hattı	239	507	175
TA2203	IBL hattı	223	491	246
TA2204	IBL hattı	233	485	234
TA2205	IBL hattı	253	579	239
TA2206	IBL hattı	259	554	240
TA2207	IBL hattı	282	469	227
TA2209	IBL hattı	237	494	201
TA2210	IBL hattı	293	559	205
TA2211	IBL hattı	213	553	246
TA2212	IBL hattı	256	435	296
TA2213	IBL hattı	243	476	205
TA2214	IBL hattı	193	476	283
TA2215	IBL hattı	210	479	256
TA2216	IBL hattı	278	570	204
TA2217	IBL hattı	203	493	230
TA2219	IBL hattı	246	552	292
TA2221	IBL hattı	214	400	151
TA2224	IBL hattı	257	480	204
TA2227	IBL hattı	234	474	199
TA2228	IBL hattı	225	456	159
TA2229	IBL hattı	204	473	220
TA2230	IBL hattı	184	481	229
TA2232	IBL hattı	252	447	220
TA2233	IBL hattı	283	519	198
TA2238	IBL hattı	225	469	156
TA2239	IBL hattı	164	463	189
TA2240	IBL hattı	243	563	263
TA2242	IBL hattı	dy	485	207
TA2244	IBL hattı	259	614	185
TA2247	IBL hattı	256	516	260
TA2248	IBL hattı	304	499	207
TA2249	IBL hattı	189	399	272
TA2251	IBL hattı	225	437	195
TA2253	IBL hattı	236	464	186
TA2257	IBL hattı	328	544	241
TA2258	IBL hattı	245	517	245
TA2259	IBL hattı	214	432	179
TA2260	IBL hattı	218	522	186
TA2262	IBL hattı	240	599	296
TA2263	IBL hattı	203	486	240
TA2264	IBL hattı	215	577	290
TA2265	IBL hattı	208	504	215

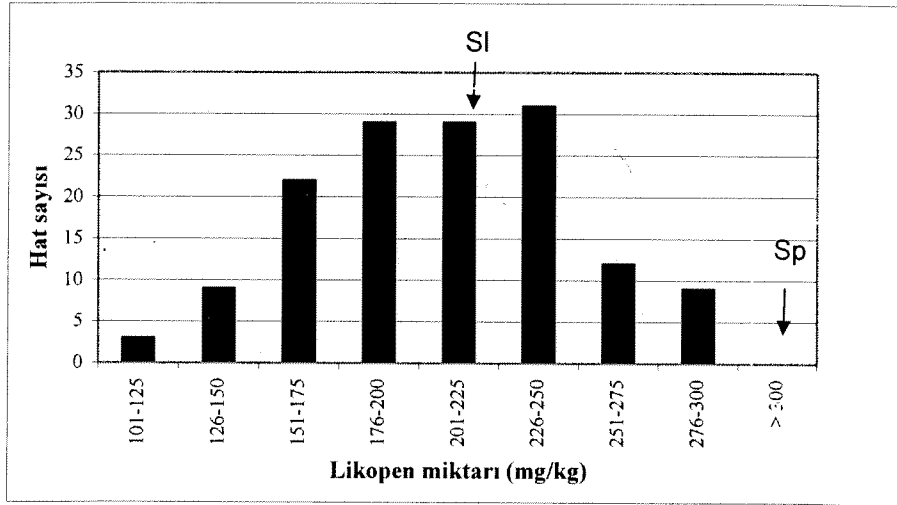
TA2266	IBL hattu	235	507	228
TA2268	IBL hattu	290	634	185
TA2270	IBL hattu	246	538	136
TA2271	IBL hattu	191	416	231
TA2273	IBL hattu	304	464	234
TA2277	IBL hattu	249	566	172
TA2278	IBL hattu	248	527	272
TA2280	IBL hattu	239	449	243
TA2282	IBL hattu	258	518	241
TA2285	IBL hattu	305	541	141
TA2286	IBL hattu	224	463	226
TA2290	IBL hattu	174	454	199
TA2291	IBL hattu	239	487	228
TA2292	IBL hattu	193	447	162
TA2293	IBL hattu	208	489	179
TA2294	IBL hattu	223	485	254
TA2296	IBL hattu	234	546	273
TA2297	IBL hattu	166	434	217
TA2300	IBL hattu	185	509	288
TA2301	IBL hattu	219	480	280
TA2302	IBL hattu	316	475	202
TA2303	IBL hattu	176	496	202
TA2304	IBL hattu	239	463	219
TA2305	IBL hattu	227	535	173
TA2307	IBL hattu	269	478	230
TA2308	IBL hattu	288	579	141
TA2309	IBL hattu	246	442	239
TA2310	IBL hattu	303	542	183
TA2311	IBL hattu	297	526	156
TA2313	IBL hattu	335	590	247
TA2314	IBL hattu	219	491	162
TA2316	IBL hattu	240	444	230
TA2317	IBL hattu	244	480	159
TA2318	IBL hattu	214	510	278
TA2319	IBL hattu	281	629	163
TA2321	IBL hattu	180	450	208
TA2322	IBL hattu	261	505	177
TA2323	IBL hattu	196	409	211
TA2324	IBL hattu	271	586	249
TA2325	IBL hattu	311	546	181
TA2327	IBL hattu	333	535	180
TA2328	IBL hattu	206	498	180
TA2331	IBL hattu	259	488	188
TA2332	IBL hattu	307	498	160
TA2333	IBL hattu	265	519	216
TA2334	IBL hattu	195	402	181
TA2335	IBL hattu	256	446	196
TA2336	IBL hattu	420	569	268
TA2337	IBL hattu	358	618	268
TA2338	IBL hattu	248	546	239



Şekil 5. C vitamini içeriği dağılım histogramı. Sp ve SI sırasıyla *Solanum pimpinellifolium* ve *Solanum lycopersicum*'un ortalamasının yerini göstermektedir.



Şekil 6. Fenolik madde içeriği dağılım histogramı. Sp ve SI sırasıyla *Solanum pimpinellifolium* ve *Solanum lycopersicum*'un ortalamasının yerini göstermektedir.



Şekil 7. Likopen içeriği dağılım histogramı. Sp ve Sl sırasıyla *Solanum pimpinellifolium* ve *Solanum lycopersicum*'un ortalamasının yerini göstermektedir.

#### 4.1.5. Antioksidant Karakterler Arasındaki Korelasyonlar

Tablo 6'da ölçülen karakterler arasındaki korelasyonlar gösterilmektedir. Korelasyonlar Qgene programı kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre belirlenen bazı korelasyonlar güçlü ve pozitifdir. En güçlü korelasyonlar beklendiği gibi fenolik madde miktarı ve hidrofilik ve lipofilik antioksidant aktiviteler arasında gözlenmiştir ( $r = 0.66$ ). Hidrofilik antioksidant aktivite ve lipofilik bir antioksidant olan likopen miktarı arasında beklendiği gibi düşük bir korelasyon vardır. Lipofilik antioksidant aktivite ve likopen miktarı arasındaki korelasyon biraz daha yüksek bulunmuştur. Ancak, yine de antioksidant aktivitelerle likopen arasındaki korelasyon tahmin edilenin oldukça altındadır. Bu çalışmada kullanılmış olan domates genotipleri likopence zengindirler. Bu çalışmada kullanılmış olan özellikle lipofilik ekstrakt kullanılan aktivite tayini gıdalarda gerçekleştirilen antioksidant aktivite tayinlerinde başarılı sonuç veren bir yöntemdir (RE ve ark., 1999). Bunun başlıca nedeni hiç kuşkusuz etanol bulunan ekstraktların gerek hidrofilik, gerekse hidrofobik unsurları belli oranlarda içermesidir. Ancak, yine de özellikle karotenoidlerin antioksidant aktivitelerinin ölçümünde solventlerden kaynaklanan birtakım çözünürlük sorunları olduğu da bilinmektedir (PELLEGRINI ve ark., 2000; RE ve ark., 1999). Nitekim, bu maddelerden kaynaklanan antioksidant aktivite ölçümlerinde diklorometan gibi çözümler kullanılması tavsiye edilmektedir (RE ve ark., 1999). Ancak, bu şekilde bir ekstraktın insan tüketimi sonucunda ulaşılacak faydayı yansıtmaması da mümkün değildir. Buna göre, bu çalışmada antioksidant aktiviteler ve likopen arasındaki korelasyonun beklenenden az olmasının, ekstraktlar içerisinde ABTS radikaliyle likopenin yeterli çözünürlük sağlanamadığından uygun şekilde etkileşime girememesinden kaynaklandığını düşünmek yanlış bir yorum olmayacaktır. Nitekim, bu çalışmadaki metodlarla kısmen benzerlikleri olan HANSON ve



ark.'da (2004) antioksidant aktivite ile likopen arasındaki korelasyonun ölçülen diğer tüm antioksidant karakterlerinkinden (fenolik madde, C vitamini ve  $\beta$ -karoten) daha düşük olduğunu bildirmektedirler. Diğer yandan bu çalışmada hidrofilik bir antioksidant olan C vitamininin miktarı ile lipofilik fraksiyondaki antioksidant aktivite arasında belirli bir korelasyon bulunması ( $r = 0.51$ ), buna karşın C vitamini miktarı ile hidrofilik antioksidant aktivite arasında ise zayıf bir korelasyon belirlenmiş olması da dikkat çekici bir sonuçtur. Bu şekilde beklenenin tam tersi bir ilişki belirlenmesi hidrofilik ekstraktlarda C vitamininin ekstraksiyon sırasında parçalanmış olabileceğini göstermektedir. Nitekim, hidrofilik ekstraktlarda askorbat oksidaz ve askorbat peroksidaz enzimleri bulunması ihtimali oldukça yüksektir. Diğer yandan etanolla elde edilmiş olan lipofilik ekstraktlarda enzimlerin çözünür halde bulunmasının oldukça düşük bir ihtimal olması ise bu ekstraktlara geçmiş olan C vitamininin korunduğu ve antioksidant aktiviteye katkıda bulunduğu izlenimini doğrulamaktadır. Antioksidant aktivite ölçümünde yüksek oranda (yaklaşık %50) etanol içeren reaksiyon karışımları ve ABTS serbest radikali kullanan HANSON ve ark.'ının (2004) da domates hatlarında antioksidant aktivite ve C vitamini arasında kayda değer bir korelasyon bulması ( $r=0.69$ ) bu varsayımımızı güçlendiren bir durumdur. Buna göre domateslerde serbest radikallerin inhibe edilmesine dayalı antioksidant aktiviteden sorumlu temel bileşenin fenolik maddeler olduğu, C vitamininin de instabilite sorunu olmayan durumlarda buna katkıda bulunduğu açıktır. Likopenin ise göstereceği antioksidant aktivitenin çözünürlüğüne bağlı olarak değişeceği düşünülmektedir. Bir başka ifadeyle ekstraksiyon solventlerinin seçici olarak değiştirilmesiyle antioksidant aktiviteye farklı bileşenlerin katkı sıralamalarını değiştirmek mümkündür. Ancak, bu çalışmada kullanılmış olan hidrofilik ekstraktın domates tüketimi sonucunda insanlar tarafından alınacak antioksidant aktiviteyi en iyi temsil eden model olduğu düşünülürse, özellikle fenolik madde miktarının antioksidant aktivite açısından önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Ulaşılmış olan bu sonuç farklı hatlarla benzer bir çalışma yürütmüş olan HANSON ve ark. (2004) ile de uyumludur. Nitekim bu araştırmacılar da en yüksek korelasyonu benzer şekilde ABTS serbest radikali ile ölçtükleri antioksidant aktivite ve fenolik madde içeriği arasında belirlemişlerdir ( $r=0.90$ ).

Diğer yandan fenolik madde içeriği ile C vitamini içeriği arasında da belirli bir korelasyon olması bu antioksidantların bitkisel dokularda belirli bir koordinasyon içerisinde sentezlenmiş olduğu izlenimini doğrulamaktadır. Bu ilişki daha önce HANSON ve ark. (2004) tarafından da belirlenmiştir. Dolayısıyla bu veriler daha önce SAKIHAMA ve ark. (2002) tarafından belirtilen fenolik bileşiklerin bitkilerde bulunan reaktif oksijenli bileşiklerin inhibisyonunda askorbata bağlı antioksidant mekanizmalarını desteklediği sonucunu destekler niteliktedir.

**Tablo 6.** IBL populasyonu için antioksidant karakterler arasındaki korelasyonlar.

Karakter	C vitamini miktarı	Likopen miktarı	Fenolik madde miktarı	Hidrofilik antioksidant aktivite
Likopen miktarı	0,02 (0,864) <sup>a</sup>			
Fenolik madde miktarı	0,53 (<0,0001)	0,24 (0,020)		
Hidrofilik antioksidant aktivite	0,28 (0,009)	0,1 (0,302)	0,66 (<0,0001)	
Lipofilik antioksidant aktivite	0,51 (<0,0001)	0,23 (0,029)	0,66 (<0,0001)	0,58 (<0,0001)

<sup>a</sup>Parantez içerisindeki değerler P değerleri olup, bu değerler <0.05 olduğu zaman önemli bir korelasyon olduğu kabul edilmiştir.

#### 4.1.6. Kantitatif Karakter Lokuslarının (QTL) Belirlenmesi ve Haritalanması

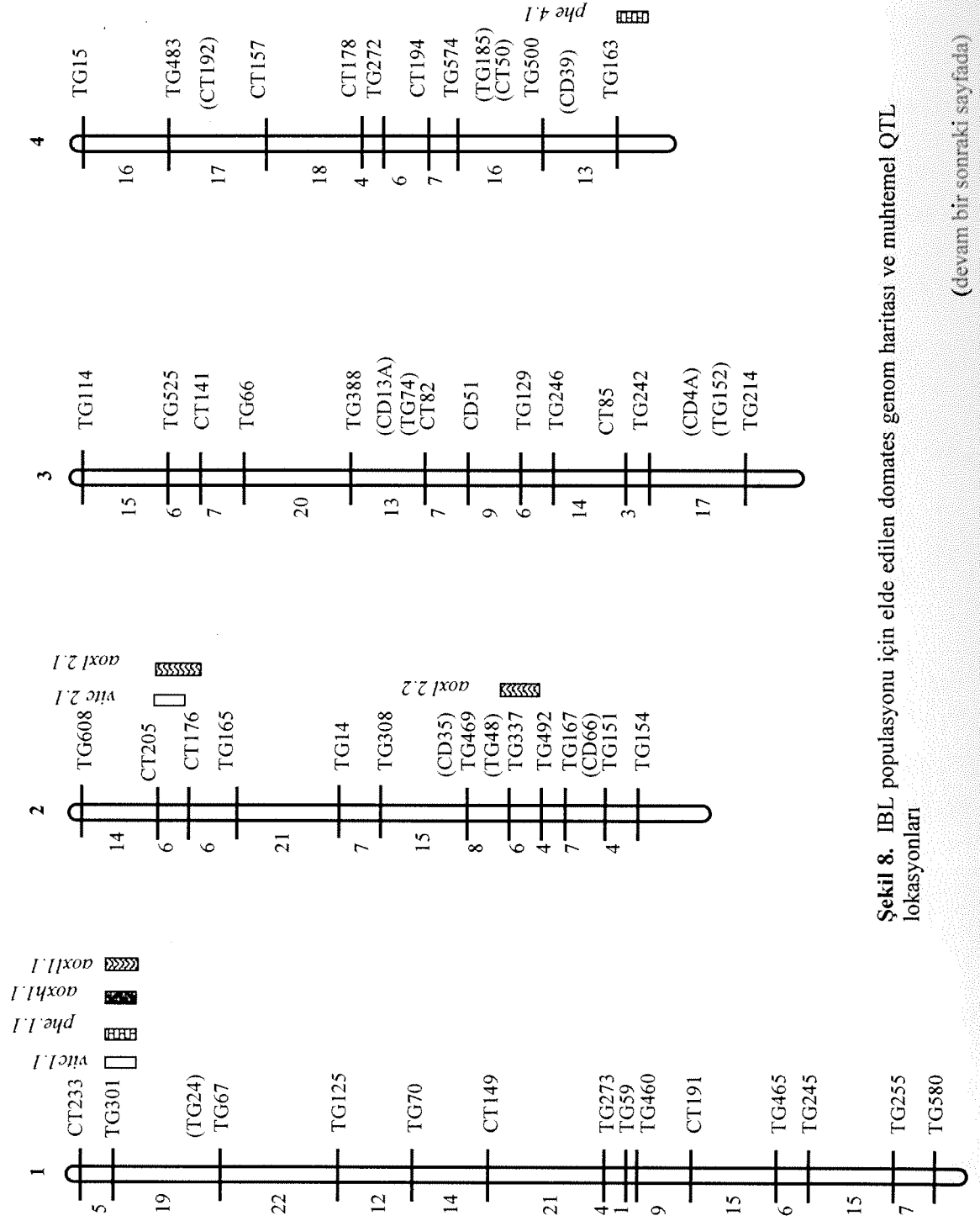
Antioksidant aktiviteyi oluşturan kompleks biyokimyasal karakterler birden çok sayıda genin kontrolü altındadır. Bu çalışmada incelenen karakterleri kontrol eden kantitatif karakter lokusları belirlemek ve haritalamak için QGENE programı kullanılmıştır. Bu analizler için, projede hidrofilik ve lipofilik antioksidant aktivitesi, C vitamini, likopen ve fenolik bileşik içeriği için elde edilen fenotipik değerler kullanılmıştır. IBL populasyonu için genotipik veriler daha önce yayınlanan çalışmadan sağlanmıştır (DOĞANLAR ve ark., 2001). QGENE programı regresyon analizini kullanarak her bir karakter için kantitatif karakter lokuslarını belirlemiştir ve QTL belirlenmesi için istatistikî sınır olarak  $P \leq 0.01$  değeri alınmıştır.  $R^2$  değeri her bir lokus için açıklanan fenotipik varyansın yüzdesini belirlemek için kullanılmıştır. Bu çalışmada analiz edilen beş karakter için toplam 31 QTL belirlenmiştir (Tablo 7). Şekil 8 *Solanum pimpinellifolium* genom haritası üzerinde her bir QTL'in en muhtemel pozisyonunu göstermektedir.

**Tablo 7.** Antioksidant karakterler için belirlenen QTL'ler.  $R^2$  değeri her bir QTL lokusunun toplam fenotipe olan etkisini göstermektedir. AA; her bir işaretleyicideki *Solanum lycopersicum* allelleri için homozigot olan bireylerin ortalama değerlerini vermektedir. aa; her bir işaretleyicideki *Solanum pimpinellifolium* allelleri için homozigot olan bireylerin ortalama değerlerini vermektedir.

Karakter	QTL sembolü	Kromozom	İşaretleyici	P değeri (<0,001)	$R^2$ değeri %	AA	Aa	Yüksek Antioksidant Kaynağı
Hidrofilik	<i>aoxh 1.1</i>	1	TG301	0,0026	6,3	4882,35	5716,7	LA1589
Antioksidant	<i>aoxh 6.1</i>	6	TG365	0,0022	8,4	4887,21	5888,8	LA1589
Aktivite	<i>aoxh 6.2</i>	6	TG314	0,001	7,5	4886,46	5992	LA1589
	<i>aoxh 11.1</i>	11	TG393	0,0031	8	4925,53	4736,4	E6203

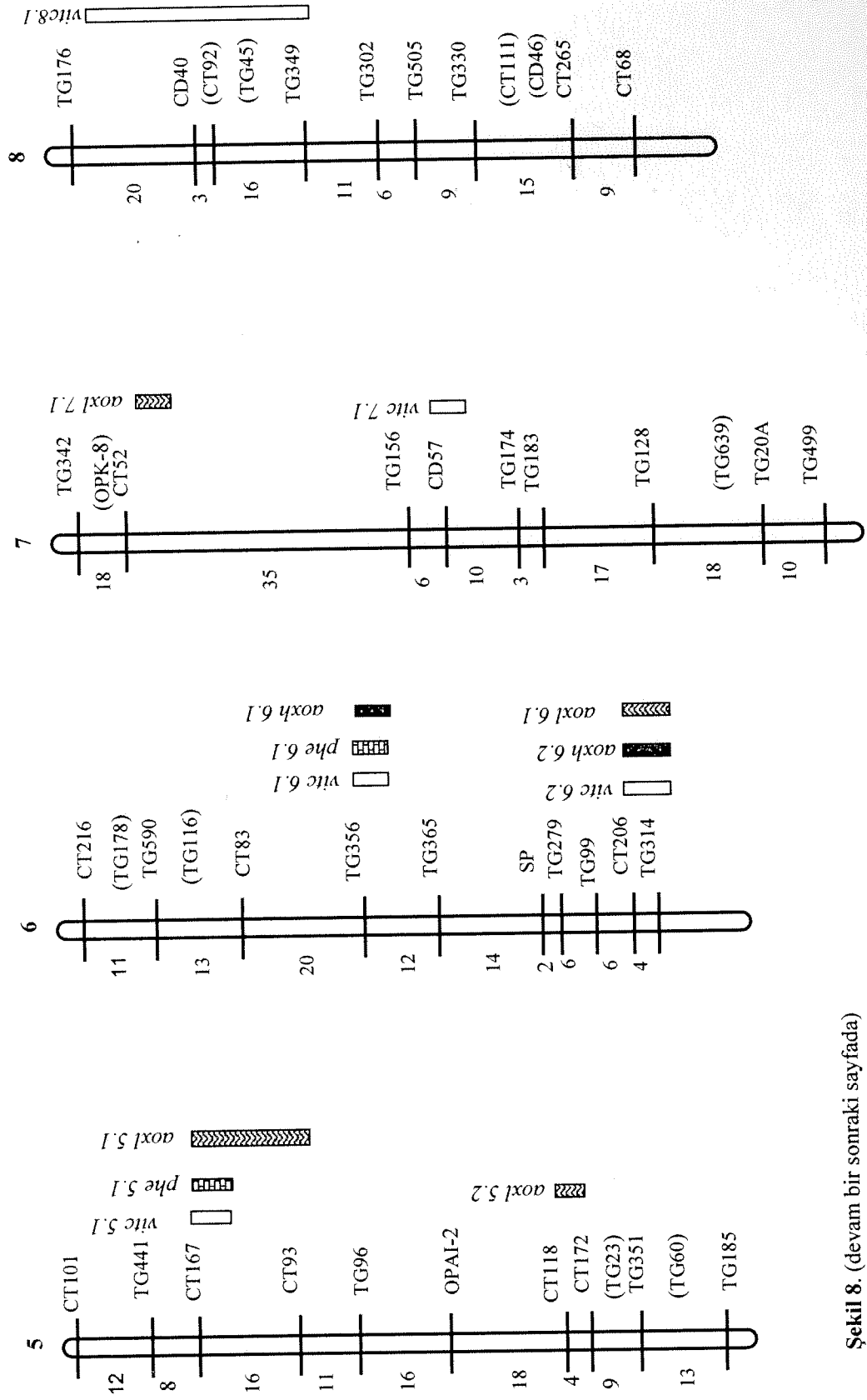


Lipofilik	<i>aoxl 1.1</i>	1	TG301	0,0039	5,8	2897,85	3382,7	LA1589
Antioksidant	<i>aoxl 2.1</i>	2	CT205	<0,0001	18,9	2878,85	2962,2	LA1589
Aktivite	<i>aoxl 2.2</i>	2	TG48	0,0001	13,6	2870,33	3051,8	LA1589
	<i>aoxl 5.1</i>	5	CT167	<0,0001	10,9	2880,23	2840,4	LA1589
	<i>aoxl 5.2</i>	5	CT118	<0,0001	16,2	2897,98	2808,4	LA1589
	<i>aoxl 6.1</i>	6	TG314	0,0024	6,4	2900,9	3520	LA1589
	<i>aoxl 7.1</i>	7	CT52	0,0063	7	2911,34	2873,1	LA1589
	<i>aoxl 10.1</i>	10	CT234	0,0019	8,6	2906,87	2830,8	E6203
	<i>aoxl 11.1</i>	11	CT182	0,0093	6,5	2882,51	3165,5	LA1589
	<i>aoxl 11.2</i>	11	TG393	<0,0001	27,9	2889,53	2876,4	LA1589
	<i>aoxl 12.1</i>	12	TG473	0,0012	9,3	2907,13	2868	LA1589
C vitamini	<i>vite 1.1</i>	1	TG301	0,0007	7,8	286,7	370,33	LA1589
	<i>vite 2.1</i>	2	CT205	0,0013	9,2	284,17	339,55	LA1589
	<i>vite 5.1</i>	5	CT167	0,0094	6,6	288,88	123	E6203
	<i>vite 6.1</i>	6	TG365	0,0079	6,7	287,15	371,2	LA1589
	<i>vite 6.2</i>	6	TG314	0,0123	4,4	288,09	364	LA1589
	<i>vite 7.1</i>	7	CD57	0,0006	10,1	281,9	342,11	LA1589
	<i>vite 8.1</i>	8	CD40	0,0002	11,8	282,93	342,11	LA1589
	<i>vite 11.1</i>	11	TG36	0,0105	6,3	285,8	318,23	LA1589
	<i>vite 12.1</i>	12	CT156	0,0054	7,3	295,09	231,7	E6203
Fenolik	<i>phe 1.1</i>	1	TG301	0,0095	4,7	4869,44	5447,3	LA1589
Madde	<i>phe 4.1</i>	4	TG163	0,0063	5,2	4860,21	5338	LA1589
	<i>phe 5.1</i>	5	CT167	0,0006	10,4	4867,97	4629,6	E6203
	<i>phe 6.1</i>	6	TG365	0,0083	6,7	4871,94	5588	LA1589
	<i>phe 11.1</i>	11	CT182	0,0025	8,2	4841,52	5372	LA1589
	<i>phe 12.1</i>	12	TG360	0,005	7,8	4908,08	4694	E6203
Likopen	<i>lyc 9.1</i>	9	CT283	0,013	6,1	211,5	181,61	E6203

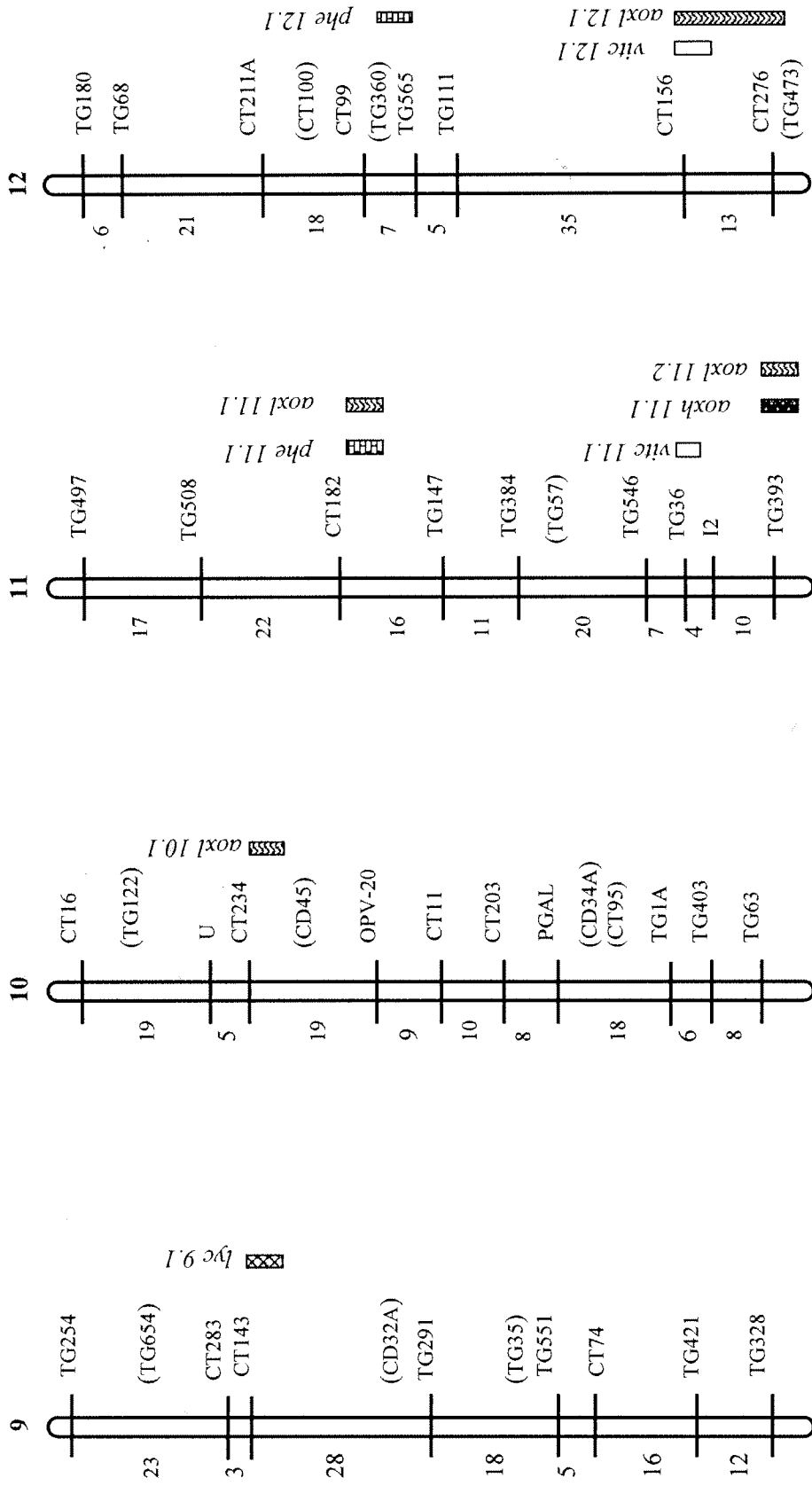


Şekil 8. IBL popülasyonu için elde edilen domates genom haritası ve muhtemel QTL lokasyonları

(devam bir sonraki sayfada)



Şekil 8. (devam bir sonraki sayfada)



Şekil 8.

#### 4.1.6.1. Hidrofilik Antioksidant Aktivitesi İçin QTL Analizi

Hidrofilik fraksiyonda antioksidant aktivitesi için dört QTL belirlenmiştir. En önemli QTL, *aohx6.2*, ( $P = 0.001$ ) altıncı kromozom üzerinde lokalize edilmiştir ve bu karakter için populasyonda mevcut bulunan toplam varyasyonun %7.5'ini açıklamaktadır. Altıncı kromozomda belirlenen diğer QTL, *aoxh6.1*, toplam varyasyonun %8.4'ünü açıklamaktadır. Dört QTL'den üç tanesinde, *Solanum pimpinellifolium* allelleri yüksek antioksidant aktivitesi için kaynak oluşturmuşlardır. Bununla birlikte, onbirinci kromozom üzerinde yer alan QTL'de, *aoxh11.1*, *Solanum lycopersicum* allelleri yüksek antioksidant aktivitesi ile ilişkili bulunmuştur.

#### 4.1.6.2. Lipofilik Antioksidant Aktivitesi İçin QTL Analizi

Onbir önemli ( $p < 0,01$ ) QTL lipofilik fraksiyonda antioksidant aktivitesi için belirlenmiştir. Bu karakter için en önemli QTL *aoxl 11.2* olup P değeri 0.0001 den daha azdır. Fenotipe katkısı ise %27.9'dur. Diğer önemli QTL'ler ikinci (*aoxl 2.1* ve *aoxl 2.2*) ve beşinci (*aoxl 5.1* ve *5.2*) kromozomlar üzerinde belirlenmiştir. Bu lokusların tamamı için yüksek antioksidant aktivitesi kaynağı yabancı tür allelleridir. Toplam fenotipik varyansa bu lokusların katkısı sırasıyla, %18.9, %13.6, %10.9 ve %16.2 dolayındadır. Bu QTL'lere ilaveten, diğer önemli ( $P=0.0019$ ) bir lokus onuncu kromozom üzerinde belirlenmiştir. Bu QTL'de yüksek antioksidant aktivitesinin kaynağı *Solanum lycopersicum* allelleridir.

#### 4.1.6.3. C Vitamini İçin QTL Analizi

C vitamini içeriği için dokuz QTL belirlenmiştir. Kromozom sekiz (*vitc8.1*) ve yedide (*vitc7.1*) haritalanan iki QTL bu karakter için en önemli lokuslardır (sırasıyla,  $P= 0.0002$  ve  $P= 0.0006$ ). *vitc8.1* ve *vitc7.1* lokuslarının toplam fenotipe etkisi ( $R^2$  değeri) sırasıyla %11.8 ve %10.1'dir. Bu iki QTL hariç, *Solanum pimpinellifolium* allelleri diğer QTL lokusları için yüksek C vitamini içeriği ile ilişkili bulunmuştur. *Solanum lycopersicum* 5. ve 12. kromozomlardaki QTL'ler için yüksek C vitamini içeriği kaynağıdır. Bu QTL lokuslarında, *vitc5.1* ( $P= 0.0094$ ) ve *vitc12.1* ( $P= 0.0054$ ) sırasıyla %6.6 ve %7.3 oranında toplam fenotipe katkı yapmışlardır.

#### 4.1.6.4. Fenolik Madde İçin QTL Analizi

Fenolik madde içeriği için altı QTL belirlenmiştir. Bu lokuslar bir, dört, beş, altı, onbir ve onikinci kromozomlar üzerinde yer almıştır. Bu karakter bakımından populasyonda mevcut bulunan toplam fenotipik varyansa en yüksek katkı yapan ( $R^2= \%10.4$ ) QTL beşinci kromozom üzerinde lokalize olmuştur ve *Solanum lycopersicum* allelleri yüksek fenolik madde içeriği için kaynak oluşturmuştur. *Solanum lycopersicum* allellerinin etkili olduğu diğer QTL onikinci kromozomda yer almıştır (*phe12.1*).

Diğer QTL lokuslarında ise *Solanum pimpinellifolium* alleleri yüksek fenolik madde içeriği bakımından kaynak oluşturmuşlardır.

#### 4.1.6.5. Likopen İçin QTL Analizi

Bu araştırmada likopen içeriği için önemli düzeyde sadece bir adet QTL bulunmuştur ve bu dokuzuncu kromozom üzerinde yer almaktadır. Bu QTL'nin toplam fenotipik varyansa katkısı %6.1 ( $P = 0.013$ ) dolaydadır. Yüksek likopen içeriğinin kaynağı *Solanum lycopersicum* allelidir.

#### 4.1.7. Muhtemel Korunmuş Kantitatif Karakter Lokusları

Bu araştırmada, IBL populasyonu antioksidant aktivitesi ile ilgili karakterlerin haritalanmasında kullanılmıştır. Bu karakterleri kontrol eden lokusların domates genom haritasındaki lokasyonu daha önceki çalışmalarda haritalanan QTL ve mutant genlerin lokasyonları ile kıyaslanmıştır. Domates'te antioksidantların QTL analizleri ROUSSEAUX ve ark. (2005) tarafından *Solanum pennellii* 'dan türetilmiş IL hatları kullanılarak yapılmıştır. Bu projede belirlenen QTL'ler önceki çalışmada belirlenen bazı QTL'lerle aynı bölgelerde haritalanmıştır. Bu iki çalışmada belirlenen QTL'lerin benzer olduklarını iddia edebilmek için her birinin en fazla 20 cM mesafe içerisinde yer alması gerekmektedir. Örneğin, IL populasyonunda hidrofilik antioksidant aktivitesi için belirlenen QTL (*ao6-2*) IBL populasyonunda aynı karakter için belirlenen QTL (*aoxh 6.1*) ile aynı kromozom bölgesinde çakışmıştır. İlaveten, IL populasyonundaki *ao6-3* IBL populasyonundaki *aoxh6.2* çakışmıştır. IL populasyonunda C vitamini içeriği (askorbik asit) için belirlenen QTL (*aoxh6.2* ve *aa12-4*)'lerin IBL populasyonunda muhtemel benzerleri (*vitc12.1*) belirlenmiştir. Ayrıca, IL populasyonunun fenolik madde içeriği için saptanan QTL (*phe6-2*) IBL populasyonunda belirlenen QTL (*phe6.1*) ile benzerlik göstermiştir. Bu yüzden, bir çok QTL lokasyonu farklı populasyonlarda benzer lokusların bulunması ile teyit edilmiştir. Bununla birlikte, bu sonuçlar antioksidant karakterleri kontrol eden genlerin kültür domatesinin evrimi sırasında korunduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada belirlenen QTL'ler hakkında daha çok bilgi elde etmek için, bu QTL'lerin kromozom pozisyonları domates'te bilinen renk ve olgunlaşma mutantlarının kromozom pozisyonları ile kıyaslanmıştır. Tablo 8 bu renk ve olgunlaşma mutantlarını ve kromozom bölgelerini göstermektedir.



**Tablo 8.** Renk ve olgunlaşma mutantları ve kromozom bölgeleri.

Mutant İsmi	Gen Sembolü	Kromozom Lokasyonu	Meyve Rengi
$\beta$ -Carotene	<i>B</i>	Kromozom 6	Turuncu
Beta modifier	<i>Mo<sub>B</sub></i>	Kromozom 6	Turuncu
Tangerine	<i>t</i>	Kromozom 10	Turuncu
Delta	<i>Del</i>	Kromozom 12	Kırmızımsı Turuncu
High Pigment	<i>hp</i>	Kromozom 2	Koyu Kırmızı
High Pigment	<i>hp2</i>	Kromozom 1	Koyu Kırmızı
Green Stripe	<i>gs</i>	Kromozom 7	Çizgili Kırmızı
Green Flesh	<i>gf</i>	Kromozom 8	Morumsu Kahverengi
Yellow Flesh	<i>r</i>	Kromozom 5	Sarı
Never Ripe	<i>Nr</i>	Kromozom 9	Yeşil
Ripening Inhibitor	<i>rin</i>	Kromozom 5	Yeşil
Non-ripening	<i>nor</i>	Kromozom 10	Yeşil
Alcobaca	<i>alc</i>	Kromozom 10	Yeşil

Bazı renk mutantları bu çalışmada belirlenen QTL'lerle ilişkili bulunmuştur. Bu mutantların bazıları antioksidant QTL'lerine 20 cM'dan daha yakın mesafede bulunmuşlardır. Örneğin, altıncı kromozomda yer alan beta geni (*B*) ve değiştirilmiş beta geni (*Mo<sub>B</sub>*) OPAR18<sub>1100</sub> ve UBC 792<sub>830</sub> işaretleyicileri belirlenmiştir (ZHANG ve STOMMEL, 2001). Bu lokuslar likopenin oluşturduğu kırmızı rengi baskılayarak domateslerin turuncu renk kazanmasını sağlayan  $\beta$ -carotene içeriğinden sorumlu iki lokustur. IBL populasyonunda hidrofilik ve lipofilik antioksidant aktiviteleri için belirlenen QTL'ler bu iki (*B* ve *Mo<sub>B</sub>*) gene 20 cM mesafede yer almıştır. Bu yüzden, bu QTL tarafından gösterilen antioksidant aktivitesinin bir kısmı veya tamamı, belkide, bu lokasyondaki  $\beta$ -carotene geninden dolayıdır. Tangerine (*t*) mutanı domates'te cis- likopen yerine trans likopen oluşumuna sebep olmaktadır (ISAACSON ve ark., 2002). Bu isomer değişikliği domates meyvesinde turuncu rengi vermektedir. Tangerine geni onuncu kromozom üzerinde haritalanmış ve ISAACSON ve ark. (2002) tarafından genom haritasına dayalı izolasyon yöntemi ile klonlanmıştır. Tangerine için belirlenen işaretleyiciye göre bu çalışmada belirlenen QTL ve tangerine geni arasında herhangi bir ilişki bulunmamıştır.

Yüksek pigment mutantları (*hp* ve *hp2*) domatese koyu kırmızı renk vermektedirler. Bu çalışmada ikinci kromozom üzerinde lipofilik antioksidant aktivitesi için belirlenen QTL *hp* lokusu ile 20 cM'lık mesafede olduğu için aralarında bir ilişki olabileceği tahmin edilmektedir. Birinci kromozom üzerinde, likopen içeriği hariç belirlenen bütün QTL'ler *hp2* mutanı ile 20 cM mesafe içerisinde yer almışlardır. Yedinci kromozomda yer alan green stripe (*gs*) mutanı bu çalışmada aynı kromozomda C vitamini için belirlenen QTL ile muhtemel benzerlik göstermiştir. Benzer şekilde sekizinci kromozom üzerinde yer alan green flesh (*gf*) mutanı bu çalışmada C vitamini için aynı kromozomda belirlenen QTL ile muhtemel benzerlik

göstermektedir. Yellow flesh (*r*) lokusu phytoene synthase enzimini kodlamaktadır. Bu enzim bitkilerde  $\beta$ -carotene biyosentezi için gerekli olan spesifik dört enzimden ilkidir (BURKHARDT ve ark., 1997) ve beşinci kromozomda lipofilik antioksidant aktivitesi için belirlenen QTL ile muhtemel benzerlik göstermektedir (MOORE ve ark., 2002). Ayrıca, beşinci kromozomda yer alan olgunlaşma inhibitörü mutanı (*rin*) lipofilik antioksidant aktivitesi için belirlenen QTL ile muhtemel benzerlik göstermiştir. Sonuç olarak, mutant genler ve QTL lokusları arasındaki çakışma her bir QTL tarafından etkilenen muhtemel gen aksiyonu ve metabolik yolların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmuştur.

## 4.2. BAZI TÜRK BİBER ÇEŞİTLERİNDE ANTIOKSİDANT KARAKTERLERİN ANALİZİ

Projenin bu bölümünde bazı Türk biber çeşitlerinin antioksidant aktiviteleri, fenolik madde miktarları ve C vitamini miktarları belirlenmiş ve bu değerler Avrupa ve Amerika'da genel olarak yetiştirilen bazı standart çeşitlerinkilerle kıyaslanmıştır. Bu amaçla kullanılacak biberlerin yetiştirilmesiyle ilgili olarak 2005 yılı yazında bir ön deneme gerçekleştirilmiş ve kazanılan deneyimden sonra 2006 yaz sezonunda daha kapsamlı bir yetiştiricilikle 12 Türk biber çeşiti için ürün elde edilmiştir. Elde edilmiş olan sonuçlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

### 4.2.1. Antioksidant Aktivite Değerleri

Biberlerde gerçekleştirilen antioksidant aktivite ölçümleri domateslerden farklı olarak yalnızca hidrofilik ekstraktlarda gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla bu ürünle ilgili kullanılan antioksidant aktivite terimi bu kapsamda değerlendirilmelidir. Biber çeşitlerinin toplam antioksidant aktiviteleri 2565-18957  $\mu\text{mol}$  Trolox/kg arasında değişiklik göstermiş olup en düşük ve en yüksek aktiviteler arasında 7.4 kat farklılık gözlenmiştir (Tablo 9). En yüksek antioksidant aktiviteye sahip olan beş çeşit Türk çeşitleridir (Ege-91, Yalova Tatlı Sivri, Domat, Finli ve Ayaş). Dolmalık bir tip olan Domat çeşiti dışındaki bütün bu biberler Sivri biberdir. Bütün hatların ortalama antioksidant aktiviteleri  $7470 \pm 593$  (SE)  $\mu\text{mol}$  Trolox/kg olarak saptanmıştır. Biber çeşitleri tiplerine göre gruplandırıldıklarında bazı tiplerin diğerlerine göre daha yüksek antioksidant aktivitesine sahip oldukları görülmüştür (Tablo 10). Sivri tip biberler en yüksek antioksidant aktiviteye sahipken bu grup biberlerleri Süs tipi biberler takip etmiştir. Dolmalık ve Çarliston tipi biberler orta düzeyde antioksidant aktiviteye sahipken Salçalık biberler en düşük antioksidant aktiviteye sahiptirler. Diğer yandan bazı tip biberler antioksidant aktivitesi bakımından daha çok varyasyon göstermişlerdir (Şekil 9). Örneğin, Çarliston tip biberler antioksidant aktivite bakımından en çok varyasyona sahip olup bu biberlerde en yüksek değere sahip olan çeşit (Çarliston) ile en düşük değere sahip olan çeşit (Yalova Çarliston 341) arasında yaklaşık 4.9 katlık bir fark bulunmaktadır. Benzer şekilde, Dolmalık ve Sivri biber tiplerinde antioksidant aktivite değeri en düşük

ve en yüksek olan çeşitler arasında sırasıyla 4.6 ve 4.1 kat farklılık gözlenmiştir. Salçalık ve Süs tipine ait biber çeşitleri ise antioksidant aktivitesi bakımından en yüksek ve en düşük çeşitler arasında sırasıyla 1.8 ve 1.4 kat farklılık göstermiştir. Çalışmada kullanılan F1 hibrit ve standart çeşitlerle kıyaslandığında bazı Türk çeşitleri en yüksek antioksidant aktivitesine sahip bulunmuşlardır. Örneğin, Bursa Çarliston Biberi diğer Çarliston biberlerinden 2.4 kat daha fazla antioksidant aktivitesi göstermiştir (Şekil 9). Yine üç Türk Süs biber çeşiti, yabancı orijinli Süs biber tipine ait üç çeşitten daha yüksek antioksidant aktivitesi göstermiştir.

**Tablo 9.** Biber çeşitlerinin antioksidant aktivite, fenolik madde ve C vitamini miktarları.

Çeşit	TR	Hidrofilik ekstraktlarda antioksidant aktivite (AUC)	Sıralama	Fenolik madde miktarı	Sıralama	C vitamini miktarı	Sıralama
(Lokasyon)	Tohum örneği	( $\mu\text{mol Trolox/kg}$ ) $\pm$ SE	Sıralama	( $\text{mg/kg}$ ) $\pm$ SE	Sıralama	( $\text{mg/kg}$ ) $\pm$ SE	Sıralama
Ege-91, Tath, sivri	-	18957,4 $\pm$ 242,8	1	2723,5 $\pm$ 4,9	1	1519,4 $\pm$ 2,70	2
Yalova Tath Sivri Biber	-	17650,6 $\pm$ 250,3	2	1219,8 $\pm$ 4,5	21	1501,6 $\pm$ 2,70	4
Domat Biberi (Bursa)	TR66393	14603,4 $\pm$ 640,4	3	1796,3 $\pm$ 2,1	6	1176,86 $\pm$ 7,56	12
Finli Biber	TR66380	13396,2 $\pm$ 118	4	2239,5 $\pm$ 8,9	3	1276,06 $\pm$ 18,41	7
Ayas	-	12666,8 $\pm$ 100,8	5	1729,6 $\pm$ 3,7	9	963,53 $\pm$ 12,36	21
Çarliston Biber (Bursa)	TR66275	12638,6 $\pm$ 107,5	6	1781,5 $\pm$ 19	8	1139,5 $\pm$ 48,15	15
Dugme Biber (Bursa)	TR66316	10252 $\pm$ 576,4	7	1093,8 $\pm$ 8,6	26	1257,06 $\pm$ 4,37	8
Arnavut Biber, Acı, sivri	TR66299	9992,9 $\pm$ 152,3	8	2185,2 $\pm$ 12,9	4	1098,03 $\pm$ 8,47	16
Menderes, Acı	-	9882,8 $\pm$ 63	9	1924,7 $\pm$ 8,9	5	1163,9 $\pm$ 13,46	13
Arnavut Biber, Acı	TR66272	9504,7 $\pm$ 179,7	10	1439,5 $\pm$ 12,4	15	1631,33 $\pm$ 9,71	1
Sera Demre	-	9454,9 $\pm$ 106,8	11	945,7 $\pm$ 1,2	35	925,6 $\pm$ 4,39	25
Variegated Flash	-	9125,9 $\pm$ 262	12	2311,1 $\pm$ 11,3	2	ND	
Cecil RZ F1	-	8888,7 $\pm$ 60,4	13	987,7 $\pm$ 7,5	33	522,36 $\pm$ 4,67	42
Sahmali Biber	-	8807,8 $\pm$ 155,7	14	1577,8 $\pm$ 11,9	11	777,96 $\pm$ 24,28	32
Tath Kivircik Biber	TR66305	8784,4 $\pm$ 144,1	15	1393,8 $\pm$ 4,5	17	1197,53 $\pm$ 24,69	10
Acı Sivri Biber (Bursa)	TR66271	8585,3 $\pm$ 140,7	16	1476,5 $\pm$ 7,5	13	1375,7 $\pm$ 11,65	6
Chile Negro	-	8514,8 $\pm$ 364	17	1790,1 $\pm$ 3,3	7	1088,03 $\pm$ 4,97	17
Yalova Biber	-	8368,9 $\pm$ 129,9	18	1691,4 $\pm$ 10,6	10	916,3 $\pm$ 8,82	27
Cherry Pick	-	7521,2 $\pm$ 101,2	19	1481,5 $\pm$ 9,8	12	1435,9 $\pm$ 20,02	5
Yolo Wonder 31-22	-	7338,1 $\pm$ 83,9	20	1232,1 $\pm$ 8,1	20	1518,66 $\pm$ 3,03	3
Cuma Ovasi, Acı	-	6993,9 $\pm$ 76,7	21	1439,5 $\pm$ 13,8	14	943,36 $\pm$ 6,07	23
Charleston Belle	-	6294,6 $\pm$ 282,1	22	755,6 $\pm$ 9,8	41	777,53 $\pm$ 6,07	34
Apollo F1	-	6105,8 $\pm$ 85,5	23	1109,9 $\pm$ 9,7	25	777,8 $\pm$ 3,00	33
California Wonder	-	6067,9 $\pm$ 106,7	24	764,2 $\pm$ 12,2	40	1153,2 $\pm$ 1,73	14
Kandil Dolma Biber	-	5622,8 $\pm$ 103,7	25	896,3 $\pm$ 13	38	973,86 $\pm$ 5,94	20

Dolmalık	TR70630	5621,9 ± 42	26	1051,9 ± 7,7	27	626,7 ± 0,00	38
Acı Biber (Gaziantep)	TR47780	5481,9 ± 160,9	27	1411 ± 7,4	16	1234,46 ± 22,88	9
Dolmalık Yeşil (Bursa)	TR66270	5425,1 ± 130,9	28	1013,6 ± 6,2	31	944,8 ± 11,61	22
Raspures F1	-	5308 ± 65,3	29	1233,3 ± 11,9	19	938,86 ± 4,47	24
Salçalık Biber (Gaziantep)	TR48614	5032,9 ± 115,2	30	1203,7 ± 6,4	22	904,9 ± 4,85	28
Sweet Long Slim Red	-	4591,9 ± 131,6	31	1202,5 ± 4,5	23	1177,9 ± 21,76	11
Edison	-	4439,4 ± 9,2	32	924,7 ± 2,5	37	766,46 ± 2,56	35
Carolina Wonder	-	4435,1 ± 105,4	33	607,4 ± 3,8	43	648,56 ± 6,91	37
Yağlık Biber (Bursa)	TR66384	4416,5 ± 17,3	34	1323,5 ± 6,1	18	920,93 ± 5,77	26
333 Biber	-	4173,8 ± 42	35	1023,5 ± 1,2	30	568,3 ± 10,31	39
Farya	-	3865,3 ± 131,8	36	1051,9 ± 11,3	28	561,26 ± 6,85	40
Salçalık Biber	TR66259	3858,2 ± 69,5	37	955,6 ± 8,6	34	1075 ± 13,15	18
Yağlık Biber	TR66378	3665,4 ± 167,3	38	1118,5 ± 9,8	24	871,86 ± 16,09	31
Kale	-	3525,4 ± 205,7	39	1037 ± 7,7	29	882,86 ± 2,53	30
Fiesta	-	3143,1 ± 57	40	649,4 ± 5,4	42	884,76 ± 2,97	29
Salçalık Biber (Bursa)	TR66389	2941,9 ± 51,9	41	1011,1 ± 4,3	32	713,93 ± 7,56	36
Yalova Yağlık	-	2720,5 ± 17,1	42	925,9 ± 2,1	36	539,36 ± 4,59	41
Yalova Çarliston 341	-	2565,3 ± 89,2	43	851,9 ± 9,8	39	1023,53 ± 2,76	19

Not: Variegated Flash çeşitinin C vitamini içeriği meyve ekstrakt mor renkli olduğu için belirlenmemiştir (ND).

**Tablo 10.** Tiplerine göre gruplandırılmış biber çeşitlerinin antioksidant karakterlerin ortalama değerleri (Not: Her bir tip arasındaki önemli farklılık Fishers PLSD'ye göre ve  $P < 0.05$  seviyesinde belirlenmiş ve farklılıklar değişik harflerle gösterilmiştir).

Biber Tipi	Çeşit Sayısı	Ortalama antioksidant aktivite (AUC) ( $\mu\text{mol Trolox/kg} \pm \text{SE}$ )	Ortalama fenolik madde miktarı ( $\text{mg/kg} \pm \text{SE}$ )	Ortalama C vitamini miktarı ( $\text{mg/kg} \pm \text{SE}$ )
Sivri	12	10678,4 ± 1224,9 a	1630,3 ± 140,5 a	1144,9 ± 70,2 a
Dolmalık	14	6213,8 ± 754,7 bc	1016,9 ± 83,8 b	920,6 ± 72,8 ab
Süs	6	9151,9 ± 412,6 ab	1716,9 ± 191,3 a	1117,0 ± 203,6 ab
Çarliston	5	5710,2 ± 1786,3 bc	1188,4 ± 160,1 b	846,3 ± 119,3 ab
Salçalık	6	3772,6 ± 356,8 c	1089,7 ± 63,1 b	837,7 ± 76,0 b

#### 4.2.2. Fenolik Madde Miktarları

Biber çeşitlerinin toplam fenolik madde içerikleri 607 - 2723 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. Fenolik madde içeriği bakımından en yüksek değere sahip çeşit ile en düşük değere sahip çeşit arasında 4.5 kat farklılık belirlenmiştir (Tablo 9). En yüksek fenolik madde içeriğine sahip beş çeşitten dört tanesi Türk biber çeşiti (Ege-91, Finli, Arnavut Acı Sivri ve Menderes) olup bir tanesi yabancı orijinlidir (Variegated Flash). Variegated Flash biber çeşiti hariç diğer bütün biber çeşitleri sivri biber tipidir. Bütün hatların fenolik madde içerikleri ortalaması  $1316 \pm 72$  (SE) mg/kg civarındadır. Süs ve Sivri biber tipine ait çeşitler diğer tiplere ait çeşitlere oranla önemli derecede daha yüksek fenolik madde içeriğine sahip bulunmuşlardır (Tablo 10). Dolmalık ve Sivri tipler fenolik madde içeriği bakımından ek yüksek varyasyonu göstermişlerdir. Bu biberlerde en yüksek fenolik madde içeriği değerine sahip olan çeşit ile en düşük değere sahip olan çeşit arasında yaklaşık 3 kat farklılık gözlenmiştir (Şekil 10). En düşük varyasyon ise Salçalık tiplerde gözlenmiştir. Antioksidant aktivitesinde olduğu gibi, bazı Türk çeşitleri yabancı orijinli çeşitlere göre önemli derecede daha yüksek fenolik madde içeriği göstermişlerdir. Örneğin, Dolmalık bir tip olan Domat ve Gaziantep Acı Biberi fenolik madde içeriği bakımından Yolo Wonder ve Apollo F1 çeşitlerine göre daha yüksek değerler göstermiştir (Şekil 10). Ayrıca, Çarliston Biberi Raspres ve Farya F1 çeşitlerinden daha yüksek fenolik madde içeriğine sahip bulunmuşlardır.

#### 4.2.3. C Vitamini Miktarları

Biber çeşitleri arasında C vitamini içeriği 522 - 1631 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. C vitamini içeriği en düşük olan çeşitle en yüksek olan çeşit arasında değer olarak 3.1 kat farklılık belirlenmiştir (Tablo 9). C vitamini bakımından en yüksek değerlere sahip çeşitler arasında üç Türk çeşiti (Arnavut Biberi, Ege-91 ve Yalova Tatlı Sivri) ve iki yabancı orijinli çeşit (Yolo Wonder ve Cherry Pick) yer almıştır. Çalışmada kullanılan 43 çeşitin ortalama C vitamini içeriği  $990 \pm 47$  (SE) mg/kg bulunmuştur. Sivri ve Süs tipleri C vitamini bakımından en yüksek ortalamaya sahipken Salçalık tipler en düşük değerlere sahip olmuşlardır (Tablo 10). Dolmalık biber tipleri C vitamini bakımından en yüksek varyasyona sahiptirler. Bu biberlerde C vitamini konsantrasyonu bakımından en düşük ve en yüksek çeşitler arasında 2.9 katlık bir farklılık belirlenmiştir (Şekil 11). Diğer biber tipleri ise en yüksek ve en düşük çeşitlerin C vitamini değeri bakımından yaklaşık 1.5 - 2.0 katlık varyasyon göstermişlerdir. Süs ve Çarliston tipi biber çeşitleri içerisinde en yüksek C vitamini değerlerini Türk çeşitleri göstermiştir. Buna karşın, Yolo Wonder çeşiti Dolmalık tipler içerisinde en yüksek C vitamini içeriğine sahip bulunmuştur (Şekil 11)

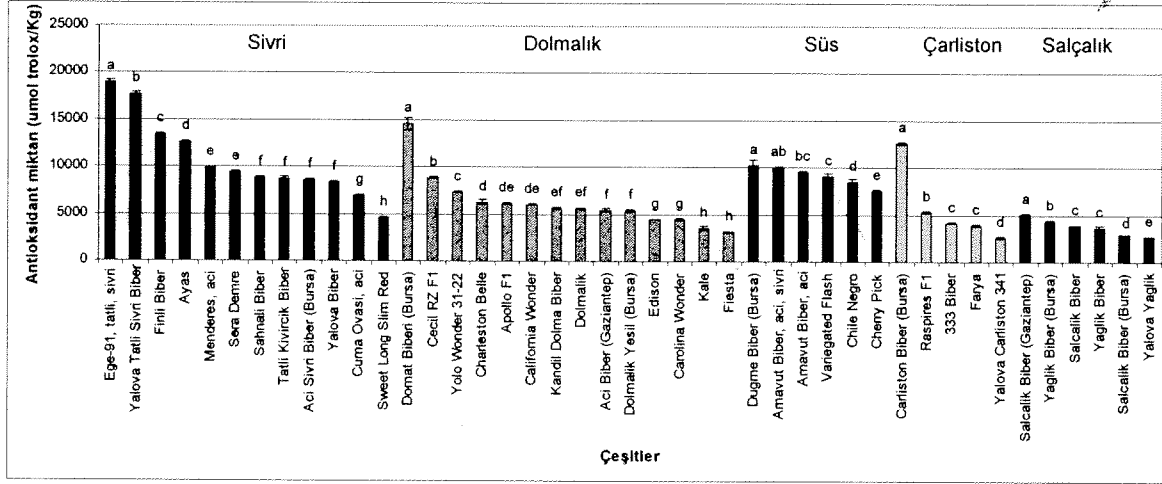


#### 4.2.4. Acılık ve Antioksidant Karakterlerin Düzeyi Arasındaki İlişki

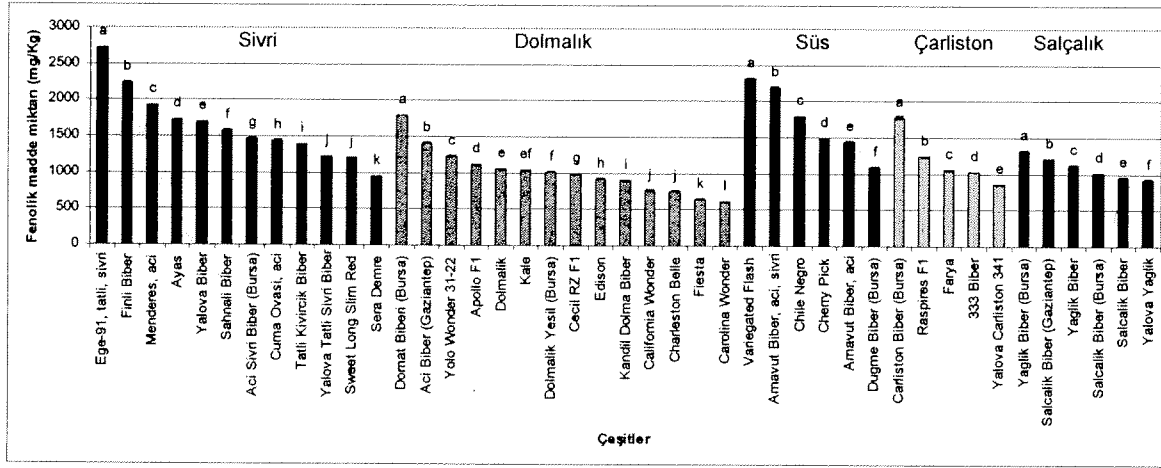
Çalışmada kullanılan 43 biber çeşiti acılıklarına göre acı ve tatlı olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Üç karakter bakımından acı tipler yüksek değerlere sahip olmuştur. Fakat, sadece fenolik madde içeriği bakımından istatistiki olarak önemli farklılıklar ( $P<0.05$ ) bulunmuştur (Tablo 11). Bu durum aslında beklenen bir durumdur çünkü bibere acılık veren bileşik capsaicin, bir çeşit fenolik bileşik olan capsaicinoid'in bir tipidir

**Tablo 11.** Acılıklarına göre gruplandırılan biber çeşitlerinin antioksidant karakterlerin ortalama değerleri. (Not: Her bir tip arasındaki önemli farklılık Fishers PLSD'ye göre ve  $P<0.05$  seviyesinde belirlenmiş ve farklılıklar değişik harflerle gösterilmiştir).

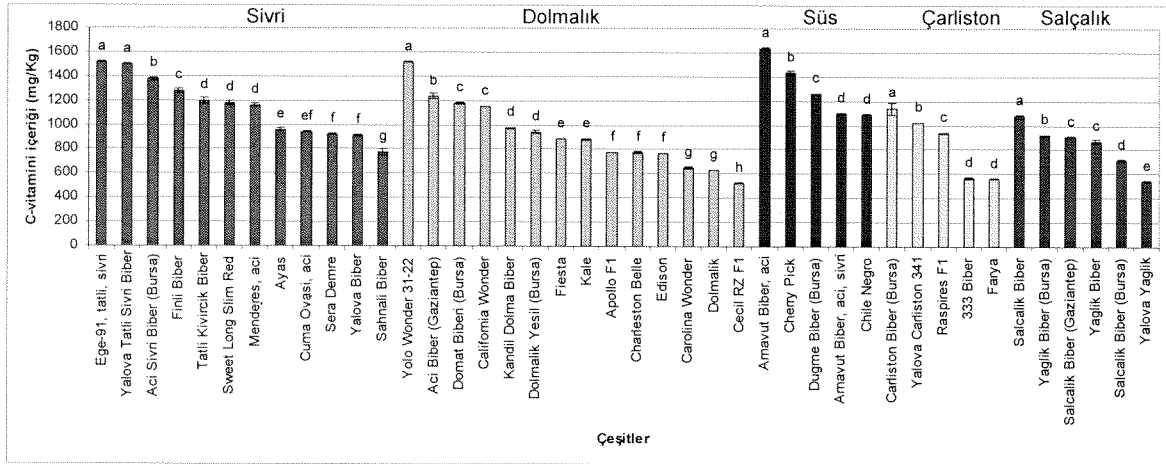
Biber Acılığı	Çeşit Sayısı	Ortalama Antioksidant Aktivite (AUC) ( $\mu\text{mol Trolox/kg}$ ) $\pm$ SE	Ortalama Fenolik Madde Miktarı ( $\text{mg/kg}$ ) $\pm$ SE	Ortalama C Vitamini Miktarı ( $\text{mg/kg}$ ) $\pm$ SE
Acı	15	8640 $\pm$ 769 a	1600 $\pm$ 110 a	1044 $\pm$ 88 a
Tatlı	28	6844 $\pm$ 796 a	1163 $\pm$ 81 b	962 $\pm$ 55 a



Şekil 9. Tiplerine göre gruplandırılan biber çeşitlerinin hidrofilik ekstraktlardaki antioksidant aktiviteleri. Her bir tip arasındaki önemli farklılık Fishers PLSD'ye göre ve  $P < 0.05$  seviyesinde belirlenmiş ve farklılıklar değişik harflerle gösterilmiştir.



Şekil 10. Tiplerine göre gruplandırılan biber çeşitlerinin toplam fenolik madde içerikleri. Her bir tip arasındaki önemli farklılık Fishers PLSD'ye göre ve  $P < 0.05$  seviyesinde belirlenmiş ve farklılıklar değişik harflerle gösterilmiştir.



**Şekil 11.** Tiplerine göre gruplandırılan biber çeşitlerinin C vitamini içerikleri. Her bir tip arasındaki önemli farklılık Fishers PLSD'ye göre ve  $P < 0.05$  seviyesinde belirlenmiş ve farklılıklar değişik harflerle gösterilmiştir.

#### 4.2.5. Antioksidant Karakterler Arasındaki Korelasyonlar

Üç antioksidant karakteri birbiri arasında istatistiki olarak önemli ( $P < 0.05$ ) korelasyonlar göstermiştir. En güçlü korelasyon toplam antioksidant aktivitesi ve fenolik içerik ( $r = 0.71$ ) arasında bulunmuştur. Ayrıca, toplam antioksidant aktivitesi ile C vitamini içeriği ( $r = 0.51$ ) arasında ve C vitamini içeriği ile fenolik madde içeriği ( $r = 0.31$ ) arasında önemli pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Hidrofilik antioksidant aktivite değerleri gerek suda çözünür fenolik bileşik gerekse C vitaminine karşı duyarlı olduğundan antioksidant aktivite ile bu karakterler arasında güçlü korelasyonlar olması beklenen bir durumdur. Korelasyonlar, her bir biber tipi (sivri, dolmalık, çarliston) için kendi içerisinde de benzer bir dağılım göstermektedir. Sonuç olarak kendi tip kategorisi içerisinde, Ege-91 (sivri) ve Çarliston Biber (Bursa) çeşitleri üç antioksidant karakteri bakımından da ilk sırada yer almıştır. Dolmalık tip kategorisinde yer alan Domat Biber çeşiti antioksidant aktivite ile fenolik içerik bakımından ilk sırada ve C vitamini bakımından ise üçüncü sırada yer almıştır. Benzer şekilde Salçalık Biber (Gaziantep) sırasıyla toplam antioksidant aktivite bakımından birinci sırada, fenolik içerik bakımından ikinci sırada ve C vitamini bakımından ise üçüncü sırada yer almıştır. Bu sonuçlar antioksidant karakterler arasında istatistiki olarak önemli ve pozitif korelasyonlar olmasının nedenini daha iyi açıklamaktadır.

#### 4.3. BAZI TÜRK PATLICAN ÇEŞİTLERİNDE ANTIOKSİDANT KARAKTERLERİN ANALİZİ

Projenin son bölümünde bazı Türk patlıcan çeşitlerinin antioksidant aktiviteleri ve fenolik madde miktarları belirlenmiştir. Bu amaçla kullanılacak patlıcanların yetiştirilmesiyle ilgili olarak 2005 yılı yazında bir ön deneme gerçekleştirilmiş ve kazanılan deneyimden sonra 2006 yaz sezonunda daha kapsamlı bir yetiştiricilikle çeşitli patlıcan çeşitleri için ürün elde edilmiştir. Tiplerine göre patlıcan

çeşitleri dört gruba ayrılmıştır: Topan, Uzun, Beyli ve Domates şekilli. Aşağıda elde edilmiş olan sonuçlar sırasıyla verilmiştir.

#### 4.3.1. Antioksidant Aktivite Değerleri

Patlıcanlarda da biberlerde olduğu gibi antioksidant aktivite ölçümleri domateslerden farklı olarak yalnızca hidrofilik ekstraktlarda gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla bu ürünle ilgili kullanılan antioksidant aktivite terimi bu kapsamda değerlendirilmelidir. Patlıcan çeşitlerinin toplam antioksidant aktiviteleri 2664 – 8247  $\mu\text{mol Trolox/kg}$  arasında değişmiştir (Tablo 12). En yüksek aktivite Çamlıca çeşitinde görülmüştür. Bu çeşitin antioksidant aktivite değeri, bu açıdan 2. sırada gelen Giresun çeşitinden 1.4 kat daha yüksek düzeydedir. En düşük antioksidant aktivite bir Avrupa ıslah çeşiti olan MM738 nolu çeşitte görülmüştür. Çalışmada kullanılan 26 çeşitin antioksidant aktivite ortalaması  $4437 \pm 143$  (SE)  $\mu\text{mol Trolox/kg}$  olarak hesaplanmıştır. Patlıcan çeşitleri tiplerine göre gruplandığında tiplerin antioksidant aktivite bakımından istatistiki anlamda önemli bir farklılık göstermediği saptanmıştır (Tablo 13). Antioksidant aktivitesi bakımından en çok varyasyonu Beyli tipi patlıcan çeşitleri göstermiştir. En yüksek (Eskişehir Tombul) ve en düşük (MM738) değerlere sahip çeşitler arasında 9.3 kat farklılık gözlenmiştir (Şekil 12). Uzun patlıcan çeşitleri de bu karakter bakımından önemli derecede farklılık göstermiştir. Bu patlıcanlarda en yüksek ve en düşük değerlere sahip çeşitler arasında 7.1 kat farklılık gözlenmiştir. Topan tiplerinde ise en düşük ve en yüksek antioksidant aktiviteye sahip tipler arasında yalnızca 1.4 kat farklılık gözlenmiştir.

#### 4.3.2. Fenolik Madde Miktarları

Patlıcan çeşitlerinin toplam fenolik madde içerikleri 615-1389 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek fenolik madde içeriği Eskişehir Tombul çeşitinde en düşük ise MM738 çeşitinde görülmüştür (Tablo 12). Çalışmada kullanılan 26 çeşitin ortalama fenolik madde içeriği  $987 \pm 26$  (SE) mg/kg olarak belirlenmiştir. Patlıcan çeşitleri tiplerine göre gruplandığında bütün tiplerin ortalama fenolik madde içeriği bakımından istatistiki anlamda önemli bir farklılık göstermediği saptanmıştır (Tablo 13). Bütün tipler toplam fenolik madde içeriği bakımından varyasyon göstermiş olup bu varyasyonlar en düşük ve en yüksek değerler arasında 1.7-2.2 arasında değişmektedir (Şekil 13)

**Tablo 12.** Patlıcan çeşitleri için antioksidant aktiviteler ve fenolik madde miktarları. Çeşitler toplam antioksidant aktivitesi bakımından sıralanmıştır. Aynı şekilde fenolik madde içeriklerine ait çeşit sıralamasıda verilmiştir.

Çeşit	TR	Hidrofilik ekstrakt antioksidant aktivitesi	Sıra	Fenolik madde miktarı	Sıra
	Tohum Örneği	AUC ( $\mu\text{mol}$ Trolox/kg) $\pm$ SE		(mg/kg) $\pm$ SE	
Çamlıca	-	$8247,2 \pm 279,6$	1	$1375,9 \pm 13$	2
Giresun	TR55678	$5918,7 \pm 145,1$	2	$1255,6 \pm 3,2$	4
Eskişehir Tombul	TR66012	$5709,4 \pm 108,5$	3	$1388,9 \pm 16,1$	1
TR55976	TR55976	$5596,5 \pm 132,9$	4	$877,8 \pm 5,6$	14

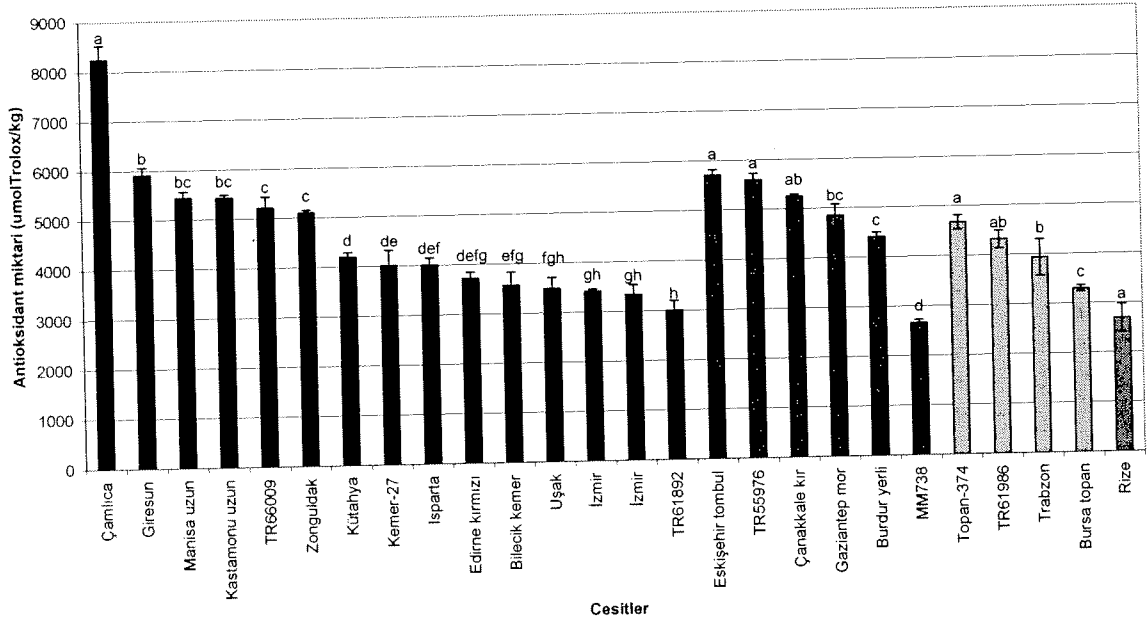
Manisa Uzun	TR62668	5442,2 ± 125,1	5	1064,8 ± 6,7	9
Kastamonu Uzun	TR37266	5432,2 ± 62,3	6	1022,2 ± 22,5	11
Çanakkale Kır	TR43010	5255,3 ± 40,9	7	1050 ± 16,1	10
TR66009	TR66009	5216,8 ± 220,3	8	911,1 ± 6,4	13
Zonguldak	TR68530	5105,1 ± 53,9	9	1013 ± 7,4	12
Gaziantep Mor	TR40300	4850,9 ± 229,4	10	1075,9 ± 10,3	8
Topan-374	TR70635	4671,6 ± 142,2	11	1338,9 ± 9,6	3
Burdur Yerli	TR66688	4407,5 ± 92,6	12	877,8 ± 17	14
TR61986	TR61986	4313,2 ± 175,5	13	803,7 ± 6,7	17
Kütahya	TR66559	4192,9 ± 89,3	14	1338,9 ± 6,4	3
Kemer-27	TR70633	4014,1 ± 303,3	15	635,2 ± 13	21
Isparta	TR66667	4005,9 ± 144,8	16	792,6 ± 14,8	18
Trabzon	TR55995	3935,8 ± 367,7	17	1227,8 ± 8,5	5
Edirne Kırmızı	TR43306	3724 ± 122,5	18	846,3 ± 4,9	16
Bilecik Kemer	TR66017	3570,9 ± 260,3	19	650 ± 14,7	20
Uşak	TR66572	3489,2 ± 221,9	20	675,9 ± 1,9	19
İzmir	TR50591	3417,6 ± 46	21	1127,8 ± 14	7
İzmir	TR50592	3337,4 ± 198,2	22	911,1 ± 11,6	13
Bursa Topan	TR66013	3296,9 ± 63,1	23	850 ± 14,7	15
TR61892	TR61892	3003,5 ± 197,2	24	1155,6 ± 29,4	6
Rize	TR55811	2690,1 ± 280,9	25	911,1 ± 16,1	13
MM738	-	2664 ± 60,7	26	614,8 ± 9,8	22

**Tablo 13.** Tiplerine göre gruplandırılan patlıcan çeşitleri için antioksidant karakterlerin ortalama değerleri. Domates tipi sadece bir çeşit ile temsil edildiği için gösterilmemiştir. Tipler arasındaki Fishers PLSD ile belirlenmiş ve değişik harflerle gösterilmiştir (P<0.05)

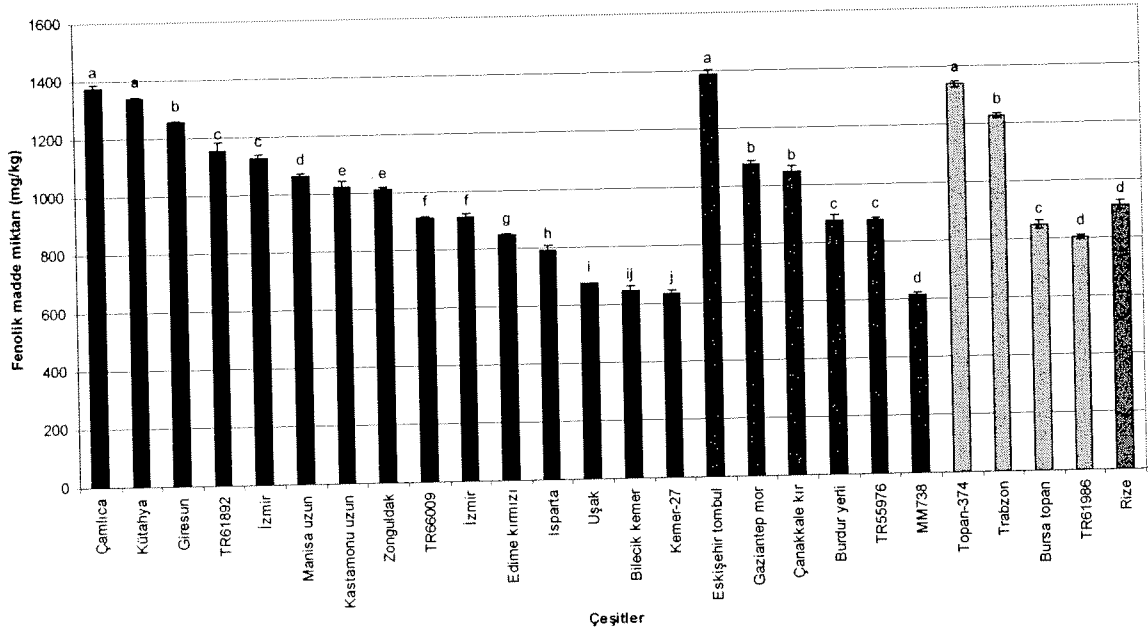
Patlıcan Tipi	Çeşit Sayısı	Ortalama Antioksidant Aktivite	Ortalama Fenolik Madde Miktarı
		( $\mu\text{mol Trolox/kg}$ ) ± SE	( $\text{mg/kg}$ ) ± SE
Uzun	15	4541,2 ± 204,1 a	985,1 ± 35,1 a
Beyli	6	4748,3 ± 253,6 a	980,9 ± 57,5 a
Topan	4	3979,8 ± 178,7 a	1029,3 ± 71,4 a

#### 4.3.3. Antioksidant Karakterler Arasındaki Korelasyon

Toplam antioksidant aktivite ve fenolik madde içeriği patlıcan çeşitleri için önemli derecede (P<0.05) pozitif korelasyon göstermiştir (r = 0.52). En yüksek antioksidant aktiviteye sahip çeşitlerin aynı zamanda en yüksek fenolik madde içeriğindedir ve sahip olmaları pozitif korelasyonu açıklamaktadır. En yüksek antioksidant aktiviteye sahip olan üç çeşit (Çamlıca, Giresun ve Eskişehir Topan) ayrıca fenolik madde içeriği bakımından da en yüksek değere sahip dört çeşit arasında yer almaktadır (Tablo 12)



Şekil 12. Tiplerine göre gruplandırılan patlıcan çeşitlerinin antioksidant aktiviteleri. Her bir tip arasındaki önemli farklılık Fishers PLSD'ye göre ve  $P < 0.05$  seviyesinde belirlenmiş ve farklılıklar değişik harflerle gösterilmiştir.



Şekil 13. Tiplerine göre gruplandırılan patlıcan çeşitlerinin fenolik madde içerikleri. Her bir tip arasındaki önemli farklılık Fishers PLSD göre ve  $P < 0.05$  seviyesinde belirlenmiş ve farklılıklar değişik harflerle gösterilmiştir.



## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, *Solanum lycopersicum* cv. E6203 ve *Solanum pimpinellifolium* LA1589 melezlemesinden türetilen kendilenmiş geri melez hatları (IBL) üç tekrarlamalı olarak tarlada yetiştirilmiştir. Domatesler biyokimyasal analizler için tam olgunluk dönemindeyken hasat edilmiş ve antioksidant aktivite, fenolik madde, likopen, C vitamini miktarları belirlenmiştir. Elde edilmiş olan sonuçlar domates IBL hatlarının birçoğunun antioksidant kapasitelerinin *Solanum lycopersicum* ebeveyni ile benzer olduğunu göstermiştir. Populasyonun gerimelezleme ile sabitlenmesi ve daha çok *Solanum lycopersicum* allelleri taşıması nedeniyle bu beklenen bir sonuçtur. Ancak, bazı IBL hatları aktarılmış bölgelerdeki *Solanum pimpinellifolium* allellerinin etkisinin sonucu olarak yüksek antioksidant kapasitesine sahiptirler. Moleküler işaretleyicilerle haritalama antioksidant karakterler arasındaki bilinen ilişkileri desteklemiştir. Elde edilmiş olan yüksek korelasyondan domateslerde antioksidant aktivitenin özellikle fenolik bileşiklerden kaynaklandığı anlaşılmıştır. C vitamini de antioksidant aktiviteyle ilişkili bulunmuştur, ancak antioksidant aktivite ve likopen miktarı arasındaki korelasyon beklenenin altındadır. Antioksidant aktivite haritalama sonuçları daha önceki çalışmalarla karşılaştırıldığı zaman çeşitli QTL'lerin türler arasında korunduğu belirlenmiştir. Buna göre bu çalışma ile elde edilen verilerin gelecekte sağlık açısından yararlılığı yüksek yeni domates çeşitlerinin ıslahı amacıyla kullanılabilirliği görülmüştür. Bu amaçla yüksek antioksidant kapasiteye sahip hatlar seçilmeli ve bu hatlar *Solanum lycopersicum* ile geriye melezlenmelidir. Ayrıca, antioksidant karakterlerin herhangi biri için belirlenen QTL'ler klonlanmalı ve sekanz edilmelidir. Bu gibi bilgiler, lokusun protein ürününü ve etki şeklini açığa çıkarmak açısından faydalı olacaktır. Böylece, bazı dizisi çıkarılmış QTL, örneğin bitkide reaktif oksijen türlerinin nötrale olmasını sağlayan antioksidant fenolik bileşiklerin üretimi ile ilgili izyollarının mekanizmalarının daha iyi açıklanmasında yardımcı olacaktır. Son olarak gen izolasyonundan elde edilen bilgiler yüksek antioksidant kapasiteye sahip transgenik domateslerin geliştirilmesi amacıyla da kullanılabilir olacaktır.

Diğer yandan çalışmada bazı Türk biber ve patlıcan çeşitlerinin antioksidant aktivitelerinin, fenolik madde miktarlarının ve/veya C vitamini içeriklerinin belirlenmesiyle, bu germplazmlardaki antioksidant aktiviteyle ilişkili karakterler için genetik çeşitlilik verileri de elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre gerek biber gerekse patlıcan çeşitleri toplam antioksidant aktivitesi bakımından yüksek seviyede varyasyon göstermiştir. Biberlerde antioksidant aktivite ile fenolik madde miktarı arasında önemli bir korelasyon bulunmuştur. Bu üründe beklendiği gibi C vitamini miktarı ile antioksidant aktivite arasında da belirli bir korelasyon vardır. Patlıcanlarda ise antioksidant aktivite ile belirlenmiş olan tek antioksidant karakter olan fenolik madde miktarı arasında kayda değer bir korelasyon bulunmuştur. Gerçekleştirilen ölçümlerde antioksidant aktivite değerleri arasında ciddi bir varyasyonun belirlenmiş olması, Türk germplazmlarında bu karakter için çeşitliliğin korunması açısından önemlidir. Esas olarak bu tür bir varyasyonun mevcudiyeti antioksidant karakterlerin

genetik haritalanması için gereklidir. Buna göre yüksek ve düşük antioksidant kapasitesine sahip olan biber ve patlıcan çeşitleri bu ürünlerde sözkonusu karakterler için genetik haritalama popülasyonlarının geliştirilmesi için kullanılabilir. Bu konudaki diğer bir çalışma da tarlada yetiştirilen bitkilerle serada yetiştirilen bitkiler arasındaki antioksidant seviyelerinin karşılaştırılması olabilecektir. Tarlada yetişen bitkiler aralarında UV ışınlarının da yer aldığı birçok abiyotik ve biyotik strese maruz kaldığından bu durumun genellikle antioksidantlarla ilişkili bileşikler artırması beklenmektedir. İnsan sağlığı açısından büyük önem taşıdığından meyve ve sebzelerin antioksidant aktivitesi ve bunun yetiştiricilik yöntemleriyle veya genetik yöntemlerle artırılması üzerinde gelecekte çok daha yoğun çalışmalar gerçekleştirilmesi kaçınılmazdır. Ancak, gerçekleştirilmiş olan bu çalışma ile ülkemizde yürütülecek çalışmalara zemin hazırlandığı düşünülmektedir.

## EK-2: KAYNAKLAR

- ANDREWS, P.K., Fahy, D.A., Foyer, C.H., Relationships between fruit exocarp antioxidants in the tomato high-pigment-1 mutant during development, *Physiologia Plant.*, 120: 519-528, (2004).
- ANONYMOUS, Dietary fibre., *Food Science and Technology*, 15 (3): 34-37, (2001).
- BANDONIENE, D., Pukalskas, A., Venskutonis, P.R., Gruzdienė, D., Preliminary screening of antioxidant activity of some plant extracts in rapeseed oil, *Food Research International*, 33: 785-791, (2000).
- BERNATZKY, R., Tanksley, S.D., Methods for detection of single or low-copy sequences in tomato on Southern blots, *Plant Mol Biol Rep*, 4: 37-41, (1986).
- BLOCH, A., Thomson C.A., Position of the American Dietetic Association: phytochemicals and functional foods, *J. Am. Diet. Assoc.*, 95: 493-496, (1995).
- BURKHARDT, P.K., Beyer, P., Wunn, J., Klotz, A., Armstrong, A., Schledz, M., von Lintig, J., Potrykus, I., Transgenic rice (*Oryza sativa*) endosperm expressing daffodil phytoene synthase accumulates phytoene, a key intermediate of provitamin A biosynthesis, *Plant J.*, 11: 1071-1078, (1997).
- CAO, G., Sofic, E., Prior, R.L., Antioxidant capacity of tea and common vegetables, *J Agric Food Chem.*, 44: 3426-3431, (1996).
- CHAN, H.T., Tam, S.Y.T., Koide, R.T., Isolation and characterisation of catalase from papaya, *J. Food Sci.*, 43:989-991, (1978).
- CHEN, G.X., Asada, K., Ascorbate peroxidase in tea leaves: occurrence of two isomers and the differences in their enzymatic and molecular properties, *Plant Cell Physiology*, 30: 987-998, (1989).
- CHU, Y., Sun, J., Wu, X., Liu, R.H., Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables, *J. Agric. Food Chem.*, 50: 6910-6916, (2002).
- DEWANTO, W., Wu, X., Adom, K.K., Liu, R.H., Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity, *J. Agric. Food. Chem.*, 50: 3010-3014, (2002).
- ERMILOVA, E.V., Kadyrova, T.V., Krasnov, E.A., Pisareva, S.I., Pynchenkov, V.I., The antioxidant activity of black crowberry extracts, *Pharm. Chem. J.*, 34: 28-30, (2000).
- FEINBERG, A.P. and Vogelstein, B., A technique for radiolabeling DNA restriction fragments to high specific activity, *Anal Bio-chem.*, 132: 6-13, (1983).
- FERRARI, C.K.B., Torres, E.A.F.S., Biochemical pharmacology of functional foods and prevention of chronic diseases of aging, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 57: 251-260, (2003).
- FRARY, A., Nesbitt, T. C., Frary, A., Grandillo, S., Van derKnaap, E., Cong, B., Liu, J., Meller, J., Elber, R., Alpert, K., Tanksley, S., Fw2.2: a quantitative trait locus key to the evolution of tomato fruit size, *Science*, 289: 85-88, (2000).
- FRAY, R.G., Wallace, A., Fraser, P.D., Valero, D., Hedden, P., Bramley, P.M., Grierson, D., Constitutive expression of a fruit phytoene synthase gene in transgenic tomatoes causes dwarfism by redirecting metabolites from the gibberellin pathway, *Plant Journal*, 8: 693-701, (1995).

- FULTON, T.M., Chunwongse, J., Tanksley, S.D., Microprep protocol for extraction of DNA from tomato and other herbaceous plants, *Plant Mol Biol Rep* 13: 207-209, (1995).
- GARDNER, P.T., White, A.C.T., McPhail, D.B., Duthie, G.G., The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices, *Food Chemistry*, 68: 471-474, (2000).
- GEORGE, B., Kaur, C., Khurdiya, D.S., Kapoor, H.C., Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype, *Food Chem* 84: 45-51, (2004).
- HALVORSEN, B.L., Holte, K., Myhrstad, M.C.W., Barikmo, I., Hvattum, E., Remberg, S.F., Wold, A-B., Haffner, K., Baugerod, H., Andersen, L.F., Moskaug, J.O., Jacobs, D.R., Blomhoff, R. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants, *J. Nutr.*, 132: 461-471, (2002).
- HANSON, P.M., Yang, R-Y., Wu, J., Chen J-T., Ledesma, D., Tsou S.C., Variation for antioxidant activity and antioxidants in tomato, *J Amer Soc Hort Sci*, 129: 704-711, (2004).
- ISAACSON, T., Ronen, G., Zamir, D., Hirschberg, J., Cloning of tangerine from tomato reveals a carotenoid isomerase essential for the production of  $\beta$ -carotene and xanthophylls in plants, *Plant Cell* 14: 333-342, (2002).
- JONES, C.M., Mes, P., Myers, J.R., Characterization and inheritance of the Anthocyanin fruit (Aft) tomato, *J Hered* 94: 449-456, (2003).
- KANER, J., Harel, S. and Granit, R., Betalains-A new class of dietary cationised antioxidants, *J. Agric. Food Chem.*, 49:5178-5185, (2001).
- KAUR, C., Kapoor, H.C., Antioxidants in fruits and vegetables-the millennium's health, *International Journal of Food Science and Technology*, 36: 703-725, (2001).
- LANDER, E.S., Green, P., Abrahamson, J., Barlow, A., Daly, M.J., Lincoln, S.E., Newburg, L., MAPMAKER: an interactive computer package for constructing primary genetic linkage maps of experimental and natural populations, *Genomics*, 1: 174-181, (1987).
- LEONARDI, C., Ambrosino, P. Esposito, F, Fogliano V., Antioxidant activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes, *J Agric Food Chem* 48: 4723-4727, (2000).
- LOWRY, H.A.D., Spectrophotometric assays, In: *Spectrophotometry and spectrofluorometry*, ed:HARRIS, D.A., Bashfor, C.L., Eds.; IRL Press, Oxford, (1987), pp. 59-60.
- MADHAVI, D.L., Deshpande, S.S., Salunkhe, D.K., *Food Antioxidants*, CRC Publishers, (1996).
- MARTIN, G. B., Brommonschenkel, S. H., Chunwongse, J., Frary, A., Ganai, M. W., Spivey, R., Wu, T., Earle, E. D., Tanksley, S.D., Map-based cloning of a protein kinase gene conferring disease resistance in tomato, *Science*, 262: 1432-1436, (1993).
- MARTINEZ, C.A., Loureiro, M.E., Oliva, M.A., Maestri, M., Differential responses of superoxide dismutase in freezing resistant *Solanum curtilobum* and freezing sensitive *Solanum tuberosum* subjected to oxidative and water stress, *Plant Science*, 160:505-515, (2001).

- MARTINEZ-Valverde, I., Periago, M.J., Provan, G., Chesson, A., Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon lycopersicum*), *J Sci Food Agric.*, 82: 323-330, (2002).
- MILLER, N.J., Evans, C.A.R., The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink, *Food Chemistry*, 60(3): 331-337, (1997).
- MOORE, S., Vrebalov, J., Payton, P., Giovannoni, J., Use of genomic tools to isolate key ripening genes and analyze fruit maturation in tomato, *J. Exp. Bot.*, 53: 2023-2030, (2002).
- NELSON, C.J., QGENE: software for marker-based genomic analysis and breeding, *Mol Breed.*, 3: 229-235, (1997).
- NGUYEN, M.L., Schwartz, S.J., Lycopene: Chemical and biological properties, *Foodtechnology*, 53(2): 38-45, (1999).
- NIELSEN, S.S., AOAC method, 967.21, (1994).
- OU, B., Huang, D., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J.A., Deemer, E.K., Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study, *J. Agric. Food Chem.*, 50: 3122-3128, (2002).
- PADAYATTY, S.J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J.H., Chen, S., Corpe, C., Dutta, A., Dutta, S.K., Levine, M., Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention, *J. Amer. Coll. Nutr.* 22: 18-35, (2003).
- PATERSON, A.H., Lander, E.S., Hewitt, J.D., Peterson, S., Lincoln, S.E., Tanksley, S.D., Resolution of quantitative traits into Mendelian factors using a complete linkage map of restriction fragment polymorphism, *Nature* 335: 721-726, (1988)
- PELLEGRINI, R.R., Proteggente, A., Pannala, A. and Rice-Evans, C., Antioxidant Activity determination-ABTS, *Free Radical Biol. Med.*, 26(9-10):1231-1237, (1999).
- PELLEGRINI, N., Riso, P., Porrini, M. Total Consumption Does Not Affect the Total Antioxidant Capacity of Plasma. *Nutrition*, 6:268-271 (2000).
- PELLEGRINI, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M., Brighenti, F. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays, *J. Nutr.*, 133: 2812-2819, (2003).
- PERCIVAL, M., Antioxidants, *Clinical Nutrition Insights* 1: 1-15, (1998).
- PODSEDEK, A., Sosnowska, D., Anders, B., Antioxidant capacity of tomato products, *Eur. Food Res. Technol.* 217: 96-300, (2003).
- PORTER, J.W., Lincoln, R.E., Inheritance of B-carotene in tomato, *Genetics*, 35: 206-211, (1950).
- RAFFO, A., Leonardi, C., Fogliano, V., Ambrosino, P., Salucci, M., Gennaro, L., Bugianesi, R., Giuffrida, F., Quaglia, G., Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages, *J. Agric. Food Chem.*, 50: 6550-6556, (2002).

- RE, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Free Radical Biol. & Med.*, 26: 1231-1237, (1999).
- RÖMER, S. et al., Elevation of the provitamin A content of transgenic tomato plants, *Nat Biotechnol.*, 18: 666-669, (2000).
- ROUSSEAU, M.C., Jones, C.M., Adams, D., Chetelat, R., Bennett, A., Powell, A., QTL analysis of fruit antioxidants in tomato using *Lycopersicon pennellii* introgression lines, *Theor Appl Genet*, 111: 1396-1408, (2005).
- SAKIHAMA, Y., Cohen, M.F., Grace, S.C., Yamasaki, H., Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants, *Toxicology*, 177: 67-80, (2002).
- SANDMANN, G., Genetic manipulation of carotenoid biosynthesis: strategies, problems and achievements, *Trends in Plant Science*, 6(1): 14-17, (2001).
- SCALFI, L., Fogliano, V., Pentangelo, A., Graziani, G., Giordano, I., Ritieni, A., Antioxidant activity and general fruit characteristics in different ecotypes of Corbarini small tomatoes, *J Agric Food Chem*, 48: 1363-1366, (2000).
- SCEBBA, F., Sebastiani, L., Vitagliano, C., Activities of antioxidant enzymes during senescence of *Prunus armeniaca* leaves, *Biologia Plantarum*, 44(1): 41-46, (2001).
- SIMONNE, A.H., Simonne, E.H., Eitenmiller, R.R., Mills, H.A., Green, N.R., Ascorbic acid and provitamin A contents in unusually colored bell peppers (*Capsicum annuum* L.), *J. Food Comp. Analysis*, 10: 299-311, (1997).
- SINGH, R.P., Sharad, S., Kapur, S., Free radicals and oxidative stress in neurodegenerative diseases: relevance of dietary antioxidants, *J. Ind. Acad. Clin. Med.*, 5: 218-225, (2004).
- SINGLETON, V.L. and Rossi, Jr J.A., Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents, *Amer. J. Enol. Viticul.*, 16:144-158, (1965).
- SURH, Y.J., Seoul, S.K., Anti-tumor promoting potential of selected spice ingredients with oxidative and anti-inflammatory activities, *Food Chem. Toxicol.*, 40: 1091-1097, (2002).
- TANKSLEY, S.D., Ganai, M.W., Prince, J.P., deVicente, M.C., Bonierbale, M.W., Broun, P., Fulton, T.M., Giovannoni, J.J., Grandillo, S., Martin, G.B., Messeguer, R., Miller, J.C., Paterson, A.H., Pineda, O., Roder, M.S., Wing, R.A., Wu, W., Young, N.D., High density molecular linkage maps of the tomato and potato genomes, *Genetics*, 132: 1141-1160, (1992).
- TOOR, R.K., Savage, G.P. Antioxidant Activity in Different Fractions of Tomatoes. *Food Res Int.*, 38:487-494 (2005).
- TOOR, R.K., Savage, G.P. Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chem.*, 99:724-727 (2006).
- VICHNEVETSKAIA, K.D., Roy, D.N., Oxidative stress and antioxidative defense with an emphasis on plant antioxidants, *Envir Rev*, 7: 31-51, (1999).



WILLITS, M.G., Kramer, C.M., Prata, R.T., DeLuca, V., Potter, B.G., Steffens, J.C., Graser, G., Utilization of the genetic resources of wild species to create a nontransgenic high flavonoid tomato, *J Agric Food Chem*, 53: 1231-1236, (2005).

YAPING, Z., Suping, Q., Wenli, Y., Zheng, X., Hong, S., Side, Y., Dapu, W., Antioxidant activity of lycopene extracted from tomato paste towards trichloromethyl peroxy radical  $\text{CCl}_3\text{O}_2$ , *Food Chemistry*, 77: 209-212, (2002).

YE, X et al. (2000) Engineering the provitamin A (B-carotene) biosynthetic pathway into carotenoid-free-rice endosperm. *Science* 287: 303-305.

YEMENICIOĞLU, A., Control of Polyphenol oxidase in whole potatoes by low temperature blanching, *Eur. Food Res. Technol*, 214:313-319, (2002).

ZHANG Y, Stommel J.R., RAPD and AFLP tagging and mapping of Beta (B) and Beta modifier (MoB): two genes which influence  $\beta$ -carotene accumulation in fruit of tomato (*Lycopersicon esculentum*), *Theor Appl Genet*, 100: 368-375, (2000).

**TÜBİTAK**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

<b>Proje No: 106O063</b>
<b>Proje Başlığı:</b> Bazı kültür ve yabani domates, biber ve patlıcan türlerinde antioksidant özelliği olan karakter için mevcut genetik varyasyonun tayin edilmesi ve bu karakterleri kontrol eden genlerin moleküler haritalanması
<b>Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar:</b> DOÇ. DR. ANNE FRARY DOÇ. DR. SAMİ DOĞANLAR DOÇ. DR. AHMET YEMENİCİOĞLU DANE RUSÇUKLU, BİLAL ÖKMEN, HASAN ÖZGÜR SİĞVA, YELİZ TÜMBİLEN, MEHMET ALİ KEÇELİ, DUYGU YÜCE, DENİZ GÖL, ÖYKÜM KIRSOY
<b>Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:</b> İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ FEN FAKÜLTESİ BİYOLOJİ BÖLÜMÜ, URLA, İZMİR, 35430
<b>Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:</b>
<b>Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:</b> 01.08.2003 – 01.08.2006
<b>Öz (en çok 70 kelime)</b> Domates, biber ve patlıcan Türkiye’de en çok üretilen ve tüketilen sebzeler olup günlük diyetimizin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu projede bu üç sebze türüne ait sağlık ve besin değeri ile ilgili bazı karakterler çalışılmıştır. Domates’te C vitamini, toplam antioksidant aktivite, likopen içeriği ve fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Biber’de C vitamini, fenolik madde miktarı ve toplam antioksidant aktivite içeriği saptanmıştır. Patlıcan’da ise fenolik madde miktarı ve toplam antioksidant aktivite içeriği belirlenmiştir. Patlıcan ve biberde Türkiyede yetiştirilen bazı önemli çeşit ve hatlar karakterize edilirken, domates’te özel bir haritalama popülasyonu kullanılarak aynı zamanda sağlıkla ilgili karakterlerin genetik esasları da çalışılmıştır.
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Domates, Biber, Patlıcan, Antioksidant karakterler, IBL popülasyonu, QTL
<b>Projeden Yapılan Yayınlar:</b> 1) Mapping of QTL for Antioksidant Traits in Tomato Inbred Backcross Lines of <i>Solanum pimpinellifolium</i> (yazım aşamasında) 2) Determination of Total Water Soluble Antioksidant Activity and Phenolics Content of Turkish Eggplant Cultivars (yazım aşamasında) 3) Antioksidant Activity of Turkish Pepper Cultivars (yazım aşamasında)