

## İn vitro şartlarda Yetiştirilen Buttum (*Pistacia khinjuk* Stocks)'da Çözünür Karbonhidrat Değerleri ile Antioksidan Peroksidaz Aktivitesi üzerine Tuz Stresinin Etkileri

Emine AYAZ TİLKAT<sup>1</sup>, Alevcan KAPLAN<sup>2</sup>, Ayşe HOŞER<sup>3</sup>, Engin TİLKAT<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Doç. Dr., Batman Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, BATMAN,  
[eayaztilkat@gmail.com](mailto:eayaztilkat@gmail.com)

<sup>2</sup>Dr., Batman Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Gıda Teknolojisi Programı, BATMAN,  
[kaplanalevcan@gmail.com](mailto:kaplanalevcan@gmail.com)

<sup>3</sup>MSc, Batman Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, BATMAN,  
[aysehosr@gmail.com](mailto:aysehosr@gmail.com)

<sup>4</sup>Prof. Dr., Batman Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, BATMAN,  
[engintilkat@gmail.com](mailto:engintilkat@gmail.com)

Geliş Tarihi/Received:  
09.08.2017

Kabul Tarihi/Accepted:  
04.10.2017

Yayın Tarihi/Published:  
27.12.2017

### ÖZ

Bu çalışmada, in vitro koşullarda kültüre alınan Buttum (*Pistacia khinjuk* Stocks) bitkisine ait olgun tohumlar farklı tuz (NaCl) parametrelerine (0, 50, 100, 150, 200, 250 mM) tabi tutulmuştur. Farklı NaCl konsantrasyonlarını içeren ve hormonsuz MS (Murashige ve Skoog, 1962) besi ortamında çimlendirilen tohumlar, 4 hafta boyunca tuz stresine maruz bırakılmıştır. Kültür sonunda elde edilen fidelerin kök ve yapraklarında bulunan çözünür karbonhidrat değerleri (Glukoz ve Fruktoz) ile yapraklarında bulunan peroksidaz enzim (POD) aktiviteleri araştırılmıştır. İnceleme sonucunda artan NaCl konsantrasyonuna bağlı olarak hem çözünür karbonhidrat değerlerinde, hem de POD aktivitelerinde pozitif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** *Pistacia khinjuk* Stocks, tuz stresi, POD, glukoz, fruktoz.

## The Effects of Salt Stress on Antioxidant Peroxydase Activity and Soluble Sugar Values of *Pistacia khinjuk* Stocks Raised in vitro

### ABSTRACT

In this study, mature seeds of Buttum (*Pistacia khinjuk* Stocks) cultured in vitro conditions were exposed to different salt (NaCl) parameters (0, 50, 100, 150, 200, 250 mM). The seeds germinated in hormone-free MS (Murashige and Skoog, 1962) medium containing different concentrations of NaCl were exposed to salt stress for 4 weeks. The soluble carbohydrate values (Glucose and Fructose) found in the roots and leaves and peroxidase enzyme (POD) activities in leaves of the seedlings obtained at the end of culture were investigated. As a result of the investigation, it was determined that there is a positive correlation between soluble carbohydrate values and POD activities due to the increased NaCl concentration.

**Key words:** *Pistacia khinjuk* Stocks, salt stress, POD, glucose, fructose

### 1. GİRİŞ

*Pistacia* L. cinsi, 70 cins ve 600'ün üzerinde türü bünyesinde barındıran kozmopolit bir familya olan Anacardiaceae familyasına mensuptur. *Pistacia* cinsi içerisinde *P.lentiscus* L., *P.atlantica* Desf., *P. terebinthus* L., *P. vera* L., ve *P. khinjuk* Stocks gibi ticari öneme sahip türler de bulunmaktadır. Bu cinsin üyeleri 8–10 m uzunluğuna ulaşabilen çalı veya ağaç yapısında her dem yeşil, dioik, reçine içeren kserofit bitkiler olarak karakterize edilirler. *Pistacia* cinsine ait farklı türlerin farklı kısımları, geleneksel tıpta

tonik, afrodisyak, diüretik, antiseptik, antihipertansif, özellikleri nedeniyle gastrointestinal, karaciğer, idrar ve solunum yolu rahatsızlıkları ile diş ve diş eti hastalıkları gibi birçok hastalıkla mücadelede kullanılmıştır. Aynı zamanda literatürde yine bu türlerin antioksidan, antimikrobiyal, antiviral, antikolinesteraz, anti-inflamatuar, antidiyabetik, antitümör ve gastrointestinal bozukluklardaki yararlı etkileri ve geniş farmakolojik aktivitelerini ortaya koyan birçok bilimsel çalışma da mevcuttur. Terpenoidler, fenolik bileşikler, yağlı asitler ve steroller gibi çeşitli fitokimyasal bileşenler de, *Pistacia* türlerinin farklı bölümlerinden izole edilmiş ve tanımlanmıştır (Bozorgi ve ark., 2013).

*P.khinjuk* Stocks ise genel olarak “Kızvan” ve Buttum olarak da adlandırılır. Ülkemizde Gaziantep, Siirt, Hakkâri, Bitlis ve kısmen Mardin illerinde yoğun olarak bulunur. Çoğu *Pistacia* türleri gibi kışın yaprağını döker ve boyları 10 metreyi bulan ağaçlar oluştururlar. Tohumları yenir ve yağ çıkarılmasında kullanılır. Bittim yağı içerdiği yüksek E vitamini oranı nedeniyle güçlü antioksidan etki gösterir. Geleneksel tıpta ciltte oluşan yara ve tahribatların temizlenmesi için dezenfektan bir madde olarak, sedef hastalığı olan kişilerin vücutlarında meydana gelen kaşıntıların giderilmesi amacı ile kullanılır. Tohumdan çıkarılan yağdan yapılan sabuna “Bittim sabunu” denir. Bittim yağı ve bu yağdan elde edilen bittim sabunları birçok saç ve cilt problemi kullanılmaktadır. Bıdım, Bıtım, Bıttım, Buddum, Butum, Gizven (Mardin) olarak ta yurdun değişik yörelerinde adlandırılır. *Pistacia vera*, *P. terebinthus*, *P. atlantica* türleriyle yakın ilgilidir (Tilkat, 2003; Tilkat ve ark., 2005).

Küresel anlamda ise Türkiye, Kıbrıs, Suriye, Irak, İran, Afganistan ve Pakistan’da doğal olarak bulunan buttum (*P.khinjuk* Stocks), çoğunlukla taşlık yerlerde ve kayalık dağ arazilerde, kuru step-orman veya bozkır oluşumlarının olduğu kurak ve yarı-kurak bölgelerde yetişmektedir (Al-Saghir ve Porter, 2012). Kurak ve yarı-kurak bölgelerde toprak ve sulama suyundaki tuzluluk bitkilerin gelişimini etkileyerek ürün verimliliğini sınırlandıran önemli abiyotik stres faktörlerinden birini oluşturur. Toprakta biriken tuzlar hem toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini bozmakta hem de bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Yüksek tuzluluğun bitkiler üzerine olan zararlı etkileri, kısmi olarak verimlilikte azalma, tüm bitki seviyesinde ise ölüme kadar varan hasarlar şeklinde gözlenebilmektedir. Tuzluluğun hasar oluşturan bir başka etkisi de, yüksek tuz konsantrasyonlarına maruz bırakılan bitkinin dokularındaki Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonlarının birikmesidir. Hem Na<sup>+</sup> hem de Cl<sup>-</sup> iyonlarının hücreye girişi akut iyon dengesizliklerine, membran kararsızlığına ve azalan fotosentez etkinliği gibi pek çok fizyolojik işlev bozukluklarına yol açmakla birlikte aynı zamanda azot ve karbon metabolizmasını da olumsuz şekilde etkilemektedir (Gupta ve Huang, 2014; Yıldız ve ark., 2010). Bitkiler stres faktörlerine morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikleri içeren farklı mekanizmalar yoluyla karşı koymaktadır. Enzim aktivasyonu ile birlikte, çözünür karbonhidratlar, prolin, glisin-betain gibi metabolik olarak uyumlu bileşenlerin biriktirilmesi homeostasinin korunması ve devamı açısından önemlidir (Mirzaei ve Yousefzadeh, 2013).

Dünyada ve ülkemizde toprak tuzluluğu giderek artan oranlarda bir problem oluştururken aynı zamanda verim azalmakta ve bazı alanlar aşırı tuzlanma nedeniyle tamamen üretim dışı kalmaktadır. Bu durum ülkemizde bitki doku kültürü teknikleri kullanılarak bitkilerin tuzluluğa toleranslarının belirlenmesi ve tuzluluğa toleranslı bitkilerin geliştirilmesinin önemini arttırmıştır. Yetiştirilen bitkilerin veriminde görülen azalmaların, toprak çözeltilisinin tuz konsantrasyonuna bağlı olduğu kadar, bitkilerin tuza dayanıklılığı ile de ilgili olduğu bilinmektedir (Ekmekçi ve ark., 2005).

*Pistacia* cinsi içerisinde yer alan *P.atlantica*, *P.mutica*, *P.lentiscus*, *P.chinensis*, *P.integerrima* ve özellikle *P.vera* türü ve varyeteleri üzerine literatürde tuz stresi çalışmaları bulunmaktadır (Cristiano, 2016; Ben Hamed ve Lefi, 2015; Asadollahi ve Mozaffari, 2013; Benhassaini ve ark., 2012; Feng 2011; Adish ve ark., 2010). Ancak çalışmamızın materyalini oluşturan *P.khinjuk* Stocks bitkisinin tuza toleransı hakkında henüz literatür bilgisi bulunmamaktadır. Bununla birlikte literatürde tür üzerinde sadece kuraklık stresine yönelik çalışmalar mevcuttur (Ranjbarfordoei ve ark., 2002; Shahraji ve ark., 2010; Mirzaei ve

Yousefzadeh, 2013). Bu bağlamda çalışmamızda, in vitro şartlar altında farklı tuz parametrelerinde yetiştirilen *P.khinjuk* Stocks'un, antioksidan POD enzim aktivitesi ile çözünür karbonhidrat değerlerine ilişkin verdiği yanıtlar araştırılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Explant kaynağı olarak *Pistacia khinjuk* Stocks'a ait olgun tohumlar kullanılmış ve tohumlar Gaziantep Fıstık Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir.

### 2.2. Yöntem

#### 2.2.1. İn vitro Çalışmalar ve NaCl Uygulamaları

Doku kültürü çalışmaları Tilkat ve ark., (2005)'ın *P. khinjuk* Stocks'un juvenil dokuları üzerine geliştirdiği sterilizasyon yöntemi modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Öncelikle tohumların yüzey sterilizasyonu %20'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) içerisinde 20 dk bekletilmek suretiyle yapılmış akabinde tohumlar 5'er dk olmak üzere 7'şer kez steril saf su ile yıkanarak sodyum hipokloritin dokulardan uzaklaşması sağlanmıştır. Sterilizasyonu tamamlanan tohumlar 0 (kontrol) hariç, 50, 100, 150, 200 ve 250 mM olmak üzere 5 farklı tuz parametreleri içeren % 3 sukroz ve % 0.55 agar ile desteklenmiş, her kapta 50 ml hormonsuz Murashige ve Skoog (MS) (1962) besi ortamı içeren Magenta GA 7 kültür kaplarına inoküle edilmiştir. Kültürler, 50 µmol m-2s-1 ışık şiddetinde 25±2°C de sabit bir sıcaklıkta 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık olacak şekilde ayarlanmış bir büyüme odasında 4 hafta süresince gelişmeye bırakılmıştır.

#### 2.2.2. Çözünür Karbonhidrat Tayini

Analiz, Halhoul ve Kleinberg (1972)'in yöntemi temel alınarak yapılmıştır. Analiz için önceden kurutulmuş bitki yaprak ve kök materyalinden 100'er mg tartılıp, 10 ml %80 (v/v)'lik soğuk etanolle birlikte 15 ml'lik poliüretan tüplerde 30 dk boyunca homojenize edilmiştir (Edmund Bühler SM 25 shaker). Çözünmeyen kısımlar 5 ml %80 (v/v)'lik soğuk etanolle yıkandıktan sonra tüm çözünebilir kısımlar 5000xg'de 10 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Üst faz +4 °C'de saklanmıştır. Glukoz ve fruktoz miktarının belirlenmesi için 0.5 ml yaprak ve kök örnekleri alınarak üzerine 2.5 ml taze hazırlanmış antron çözeltisi (150 mg antron+100 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) eklenmiş ve sonra 40 °C'ye ayarlanmış bir su banyosunda glukoz için (glukoz+sukroz) 5 dk; fruktoz için (fruktoz+sukroz) 30 dk boyunca bekletilmiştir. Soğutulduktan sonra absorbanslar spektrofotometrede (CE 5502 UV spectrophotometer) 625 nm dalga boyunda okunmuştur. Okunan standartların regresyon eğrileri çizilmiş ve bu eğrilerden yararlanarak toplam şeker miktarı tespit edilmiştir.

#### 2.2.3. Peroksidaz Aktivite Tayini

Peroksidaz aktivite tayini ise Kumar ve Khan (1982)'a göre yapılmıştır. Bu analiz için; 2 ml 0.1 M fosfat tamponu (pH 6.8), 1 ml 0.01 M pyrogallol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>), 1 ml 0.005 M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hazırlanmıştır. Bu çözeltiler sırasıyla konulmuş ve üzerine 0.5 ml enzim ekstraktı ilave edilmiştir. Daha sonra reaksiyona 1 ml 2.5 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklendikten sonra, solüsyon 25 0C'de 5 dk inkübe edilmiştir. Sıfırıncı zamanda ekstrakta 2.5 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenmesinden sonra oluşan purpurogallin formunun miktarı, blank preparatına karşı 420 nm'de ölçülerek belirlenmiştir. Bir ünite (U), 0.1 min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> proteinin absorbansındaki değişimi ifade etmektedir.

### 2.2.4. İstatistiksel Analiz

Tüm sonuçlar Duncan çoklu aralık testi kullanılarak ortalama değer  $\pm$  standart hata olacak şekilde sunulmuştur. Uygulamalar arasındaki farklılıkları göstermek için  $P < 0.05$  seviyesi anlamlı olarak kabul edilmiş, her deney 3 tekrarlı ve her uygulama 3-10 aksenik çimlendirilmiş fide içermektedir.

## 3. BULGULAR

### 3.1. Çözünür Karbonhidrat Değerleri

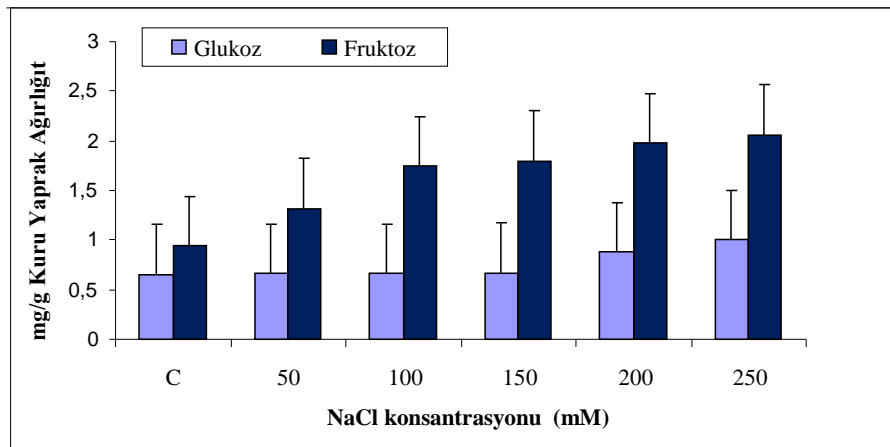
Tuz stresinin neden olduğu çözünür karbonhidrat değerlerinde meydana gelen değişiklikler ile uygulanan tuz konsantrasyonu arasında pozitif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. 4 hafta süresince in vitro koşullar altında farklı parametrelerdeki tuz konsantrasyonlarına maruz bırakılan *P.hinjuk* Stocks fidelerinin kök ve yapraklarına ait glukoz ve fruktoz içerikleri Şekil 1. ve 2.'de gösterilmiştir. Yine 4 haftalık kültür periyodu süresince fidelerin yaprak ve köklerinde biriken çözünür karbonhidrat değerlerine ait istatistiksel veriler ise Tablo 1.'de verilmiştir.

Glukoz ve fruktoz birikimi bakımından, köklerin yapraklara oranla daha yüksek oranlara sahip olduğu görülmektedir. Ancak çözünür karbonhidrat tipi bakımından glukoz ve fruktoz birikimi kendi aralarında karşılaştırıldığında ise hem kök hem de yapraklarda fruktoz birikiminin, glukoz birikimine oranla daha yüksek değerlerde olduğu saptanmıştır.

Artan tuz seviyeleri ile birlikte yapraktaki glukoz miktarı en çok 250 mM'lık (1.00) ve 200 mM'lık (0.88) dozlarda artış gösterirken, 150 mM (0.66), 100 mM (0.66), 50 mM (0.65) tuz konsantrasyonları ile kontrol (0.65) grubu benzer değerler göstermiştir.

Yapraktaki fruktoz miktarı bakımından ise kontrol grubu ile karşılaştırıldığında (0.94), en yüksek artış 250 mM (2.06)'lık tuz konsantrasyonunda tespit edilmiş, bunu sırasıyla 200 (1.98), 150 mM (1.80), 100 mM (1.75) ve 50 mM (1.32) tuz konsantrasyonları takip etmiştir (Tablo 1).

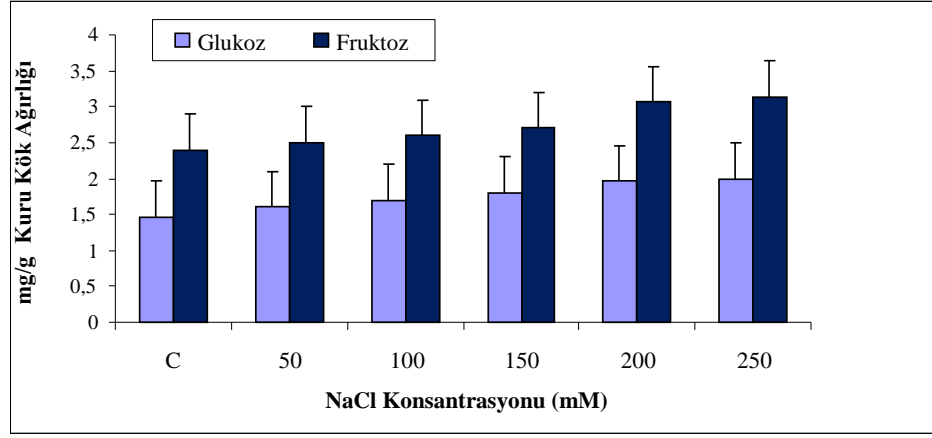
Glukoz ve fruktoz birikimi bakımından uygulanan tuz parametreleri arasında en yüksek değerlerin hem yaprak hem de kök eksplantları için 250 mM'lık tuz konsantrasyonundan elde edildiği tespit edilmiştir.



Şekil 1. Artan tuz konsantrasyonlarının *P.hinjuk* Stocks'un yapraklarındaki çözünür karbonhidrat birikimine etkisi.

Köklerdeki çözünür karbonhidrat seviyelerine bakıldığında ise, yapraklardan elde edilen sonuçlara paralel sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir. En yüksek glukoz miktarı, 250 mM (2.00) NaCl uygulamasından elde edilirken, bunu sırasıyla 200 mM (1.96), 150 mM (1.80), 100 mM (1.7) ve 50 mM (1.6)'lık tuz konsantrasyonlarının izlediği görülmüştür. Kontrol grubu (2.4) ile kıyaslandığında, en yüksek fruktoz miktarının (3.14) da, 250 mM'lık tuz uygulamasından elde

edildiği, bunu, 150 mM (2.7), 100 mM (2.6) ve 50 mM (2.5)'lık tuz seviyelerinin ise takip ettiği gözlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Artan tuz konsantrasyonlarının *P.khinjuk* Stocks'un köklerindeki çözünür karbonhidrat birikimine etkisi.

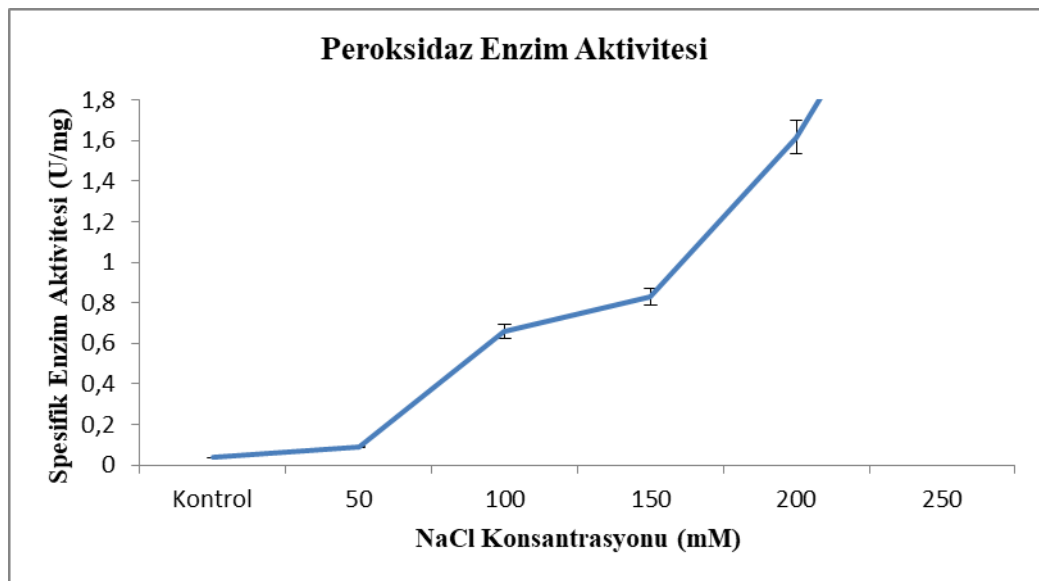
Tablo 1. Artan tuz konsantrasyonlarının *P.khinjuk* Stocks'un yaprak ve köklerindeki çözünür karbonhidrat birikimine ait değerler

NaCl kons. (mM)	Yaprak		Kök	
	Glukoz	Fruktöz	Glukoz	Fruktöz
0 (Kontrol)	0.65±0.02 a	0.94±0.02 a	1.46±0.14 a	2.40±0.11 a
50	0.65±0.01 a	1.32±0.06 b	1.60±0.12 ab	2.50±0.11 ab
100	0.66±0.06 a	1.75±0.10 c	1.70±0.09 abc	2.60±0.05 ab
150	0.66±0.01 a	1.80±0.08 c	1.80±0.11 abc	2.70±0.04 b
200	0.88±0.03 b	1.98±0.06 c	1.96±0.07 bc	3.06±0.03 c
250	1.00±0.04 b	2.06±0.06 c	2.00±0.08 c	3.14±0.04 c

Veriler kültürün 28. gününde işlem başına 3 eksplantın ortalamasıdır. Tabloda bir sütunda farklı bir harfle gösterilen iki ortalama değer bu ortalamaların DUNCAN testine göre  $P \leq 0.05$  düzeylerinde önemli ölçüde farklı olduğunu gösterir.

### 3.2. Peroksidaz Aktivitesi

4 hafta süresince in vitro ortamda farklı tuz parametreleri altında yetiştirilen *P.khinjuk* Stocks fidelerinin yapraklarında bulunan antioksidan enzim POD aktivitelerine ilişkin veriler Şekil 3'te gösterilmiştir. Tuz konsantrasyonunun artışına bağlı olarak fidelerin POD aktivitelerinin arttığı tespit edilmiş, en düşük POD aktivitesi kontrol grubundan, en yüksek aktivite değeri ise uygulanan maksimum tuz konsantrasyonundan (250mM) elde edilmiştir.



Şekil 3. Artan tuz konsantrasyonlarının *P.khinjuk* Stocks'un yapraklarındaki antioksidan enzim Peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi



#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Tuz stresinin bitkiler üzerindeki etkileri; bitki türüne, uygulanan tuz çeşidi ile miktarına ve maruz kalma süresine bağlı olarak değişmektedir. Bu durum sadece farklı iki bitki türü için değil aynı türün farklı çeşitleri için de geçerlidir (Çulha ve Çakırlar, 2012). Buttum hariç, Pistacia cinsine ait pek çok tür için tuz stresinin; sürgün uzunluğu, yeşil yaprak sayısı, yaprak alanı gibi morfolojik ve Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> 'un total içeriği gibi fizyolojik parametrelerini önemli ölçüde azalttığı (Cristiano ve ark., 2016; Ben Hamed ve Lefi, 2015; Chelli-Chaabouni ve ark.,2010), kök ve sürgünlerin taze ve kuru ağırlığını, klorofil ve karotenoid içeriğini, büyüme parametrelerini azalttığı ancak çözünür karbonhidrat seviyelerini arttırdığı (Asadollahi ve Mozaffari, 2013; Abbaspour ve ark., 2012; Benhassaini ve ark., 2012), yaprak, gövde ve meyve anatomilerini değiştirdiği, stomatal yoğunluğu düşürdüğü (Zarinkamar ve Farjady, 2011), çimlenme yüzdesini düşürdüğü (Ardakani, 2015), süperoksit dismutaz, katalaz ve askorbat peroksidaz gibi antioksidan enzim aktivitelerini de yükselttiği (Tavallali ve ark., 2008) ile ilgili rapor edilmiş birçok çalışma bulunmaktadır.

Ayrıca bir çok diğer bitkide de tuzluluğun antioksidan sistem üzerindeki etkileri rapor edilmiştir. Bu çalışmaların çoğunda NaCl stresinin bitkinin farklı doku ve organlarında peroksidaz aktivitelerini arttırdığını ortaya koymuştur (M'barek ve ark., 2007; Tavallali ve ark., 2008; Kumar ve ark., 2009; Weisany ve ark., 2012; Lotfi ve ark., 2015).

Çalışmamızda *P. khinjuk* Stocks'un farklı tuz parametrelerine verdiği yanıtlardan glukoz ve fruktoz gibi çözünür karbonhidrat seviyeleri ile antioksidan enzim POD'in aktivitesi araştırılmış ve her iki deney sonucunda da tuz konsantrasyonuna bağlı olarak hem çözünür karbonhidrat seviyelerinde hem de antioksidan enzim POD aktivitesinde artış olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda elde ettiğimiz bulguların, gerek Pistacia cinsine ait diğer türler üzerinde yapılmış yukarıda atıfta bulunduğumuz önceki çalışmalar ile, gerekse de farklı bitki türleri için rapor edilmiş sonuçlarla paralellik gösterdiği söylenebilir.

Mirzaei ve Yousefzadeh (2013), *P. khinjuk* Stocks'da kuraklık stresinin antioksidan enzim süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), katalaz (CAT), prolin içeriği ve büyüme parametrelerine etkisini değerlendirdikleri çalışmada, kuraklık stresinin sürgün uzunluğu ile yaş ve kuru ağırlığını azalttığını tespit etmişlerdir. Ancak antioksidan enzim bakımından CAT'ın kök ve sürgünlerde diğer enzimlere kıyasla %25 oranında daha fazla aktivite gösterdiğini POD'un normal, SOD'un da aktivite olarak en düşük seviyelerde seyrettiğini, keza prolin içeriğinin de arttığını rapor etmişlerdir. Antioksidan enzim aktivitesi bakımından, bulgularımızın bu çalışma ile de paralellik gösterdiğini söyleyebiliriz. Bitkilerde tuz stresine yanıtta, metabolizma yan ürünü olarak ortaya çıkan süperoksit (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), hidroksil radikali (<sup>•</sup>OH) ve singlet oksijen (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>) gibi reaktif oksijen türlerini nötralize eden antioksidan enzimlerin etkinliklerinin artması, çözünür şekerlerin sentezinin teşvik edilmesi ya da stresle ilgili genlerin aktive edilmesi gibi önemli tolerans stratejileri mevcuttur. Peroksidaz enziminin, bitkilerde stres durumlarında gerçekleşen olaylarda rol aldığı ve sayısız fonksiyonlara sahip olduğu bilinmektedir. Shahraji ve ark., (2010), *P. khinjuk* Stocks'da kuraklık stresinin stomatal iletkenlik, klorofil ve prolin içeriği üzerine yanıtlarını inceledikleri çalışmalarında, stomatal CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun ve prolin içeriğinin arttığını ancak total klorofil miktarının ise düşerek fotosentez etkinliğini de azalttığını tespit etmişlerdir. Yine *P. khinjuk* Stocks ve *P. mutica* L.'da kuraklık stresinin, tuz ve PEG 6000

kombinasyonu ile olan etkilerinin araştırıldığı başka bir çalışmada ise, yaprak ozmotik potansiyeli, klorofil a ve b içerikleri, stomatal iletkenlik, net fotosentetik hız ve su kullanım etkinliğinin azaldığı bildirilmiştir (Ranjbarfordoei ve ark., 2002). Tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde glukoz, fruktoz, sükroz gibi çözüner karbonhidratların birikiminin, ozmotik koruma, ozmotik regülasyon, hücrel makromoleküllerin korunması, hücre pH'sının muhafaza edilmesi ve radikal süpürücü olarak görev yapması gibi işlevleri yerine getirdiği bilinmektedir (Yıldız ve ark., 2010).

Çalışmamızda da ölçülen glukoz ve fruktoz seviyelerinin yapraklarla karşılaştırıldığında köklerde daha yüksek olduğu, bu durumun bitkinin köklerinde yapraklara oranla daha yüksek miktarda ozmotik düzenlemeye ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak tuzlu topraklarda osmotik basıncın yükselmesiyle bitkinin su alımının güçleşmesi ve besin alımının engellemesi nedeniyle bitkinin, çözüner karbohidratları biriktirme ve çoklu savunma sisteminin önemli bir bölümünü oluşturan antioksidan enzimlerin aktivasyonunu arttırarak sahip olduğu savunma sistemini güçlendirme yoluna gittiği söylenebilir. Bu çalışmanın, kurak ve yarı kurak iklim şartlarında tuz stresine maruz kalan *P.khinjuk* Stocks ve diğer *Pistacia* türlerinin tolerans mekanizmalarının detaylı olarak aydınlatılmasında yararlı olacağı kanaatindeyiz.

## KAYNAKÇA

- Abbaspour, H., Afshari, H., ve Abdel-Wahhab, M.A. (2012). Influence of salt stress on growth, pigments, soluble sugars and ion accumulation in three pistachio cultivars. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6 (12), 2468-2473.
- Adish, M., Fekri, M., ve Hokmabadi, H. (2010). Response of Badami-Zarand *Pistachio* Rootstock to Salinity Stress. *Int J Nuts Related Sci*, 1, 1-111.
- Al-Saghir, M.G., ve Porter, D.M. (2012). Taxonomic Revision of the Genus *Pistacia* L. (Anacardiaceae). *AJPS*, 3, 12-32.
- Ardakani, M.J. (2015). Effect of salinity on germination and deployment of *Pistachio vera* var. Badami. *European Journal of Experimental Biology*, 5 (4), 57-59.
- Asadollahi, Z., ve Mozaffari, V. (2013). Effects of salinity and manganese on growth and chemical composition of pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings in perlite medium. *EJGCST*, 3 (4), 13-28.
- Ben hamed, S., ve Lefi, E. (2015). Dynamics of growth and phytomass allocation in seedlings of *Pistacia atlantica* Desf. versus *Pistacia vera* L. under salt stress. *IJAAR*, 1 (6), 16-27.
- Benhassaini, H., Fetati, A., Hocine, A.K., ve Belkhodja, M. (2012). Effect of salt stress on growth and accumulation of proline and soluble sugars on plantlets of *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica* used as rootstocks. *Biotechnol Agron Soc Environ*, 16, 159-165.
- Bozorgi, M., Memariani, Z., Mobli, M., Salehi Surmaghi, M.H., Shams-Ardekani, M.R., ve Rahimi, R. (2013). Five *Pistacia* species (*P. vera*, *P. atlantica*, *P. terebinthus*, *P. khinjuk*, and *P. lentiscus*): A Review of Their Traditional Uses, Phytochemistry, and Pharmacology. *The Scientific World Journal*, 219815, 1- 33.
- Chelli-Chaabouni, A., Mosbahb, A.B., Maalej, M., Gargouric, K., Gargouri-Bouzidd, R., ve Drira N. (2010). In vitro salinity tolerance of two pistachio rootstocks: *Pistacia vera* L. and *P. atlantica* Desf. *Environ Exp Bot*, 69, 302-312.
- Cristiano, G., Camposeo, S., Fracchiolla, M., Vivaldi, G.A., De Lucia B., ve Cazzato, E. (2016). Salinity differentially affects growth and ecophysiology of two mastic tree (*Pistacia lentiscus* L.) accessions. *Forests*, 7 (8), 156.
- Çulha, Ş., ve Çakırlar, H. (2012). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11, 11-34.
- Ekmekçi, E., Apan, M., ve Kara T. (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *OMÜ Zir Fak Dergisi*, 20, 118-125.
- Feng, L. (2011). Comparative Study of Slat Resistance of *Pistacia chinensis* and *Hovenia dulcis* *Journal of Northwest Forestry University*, 3, 41-44.
- Gupta, B., ve Huang, B. (2014). Mechanism of Salinity Tolerance in Plants: Physiological, Biochemical, and Molecular Characterization. *International Journal of Genomics*, 214, 1-18.
- Halhouli, M.N., ve Kleinberg, I. (1972). Differential Determination of Glucose and Fructose Yielding Substances with Anthrone. *Anal. Biochem*, 50, 337-343.
- Kumar, K.B., ve Khan, P.A. (1982). Peroxidase and polyphenol oxidase in excised ragi (*Eleusine coracana* cv. PR 202) leaves during senescence. *Ind J Exp Bot*, 20, 412-416.

- Kumar, V., Shriram, V., Nikam, T.D., Jawali, N., ve Shitole, M.G. (2009). Antioxidant enzyme activities and protein profiling under salt stress in *indica* rice genotypes differing in salt tolerance. *Arch Agron Soil Sci*, 55, 379-394.
- Lotfi, A., Jahanbakhshian, Z., Faghihi, F., Seyedi Mahdi., S. (2015). The effect of salinity stress on survival percentage and physiological characteristics in three varieties of pistachio (*Pistacia vera*). *Biologia*, 70 (9), 1185-1192.
- M'barek, B.N., Cheick-M'hamed, H., Raoudha, A., ve Bettaib-Kaab, L. (2007). Relationship Between Peroxidase Activity and Salt Tolerance During Barley Seed Germination. *Agron J*, 6, 433-438.
- Mirzaei, J., ve Yousefzadeh, H. (2013). Peroxidase, superoxide dismutase and catalase activities of the *Pistacia khinjuk* seedlings under drought stress. *Ecopersia*, 1, 329-337.
- Murashige, T., ve Skoog, F.A. (1962). Revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant*, 15, 473-97.
- Ranjbarfordoei, A., Samson, R., Lemeur, R. ve Van Damme P. (2002) Effects of Osmotic Drought Stress Induced by a Combination of NaCl and Polyethylene Glycol on Leaf Water Status, Photosynthetic Gas Exchange, and Water Use Efficiency of *Pistacia khinjuk* and *P. mutica*. *Photosynthetica*, 40, 165-169.
- Shahraji, T.R., Hajimerzai ve Shabaian, N. (2010). Physiological responses of *Pistacia khinjuk* (Stocks) seedlings to water stress. *International Journal of Biological Technology*, 1 (2), 44-49.
- Tavallali, V., Rahemi, M., ve Panahi, B. (2008). Calcium induces salinity tolerance in pistachio rootstocks. *Fruits*, 63, 285-296.
- Tilkat, E., Işıkalın, Ç., ve Onay, A., (2005), In vitro Propagation of *Khinjuk* Pistachio (*Pistacia khinjuk* Stocks) Through Seedling Apical Shoot Tip Culture, *Propagation of Ornamental Plants*, 5 (3), 124-128.
- Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A., ve Ghassemi-Golezani, K. (2012). Changes in antioxidant enzymes activity and plant performance by salinity stress and zinc application in soybean (*Glycine max* L.). *Plant Omics J*, 5, 60- 67.
- Yıldız, M., Terzi, H., Cenkcı, S.E., Arıkan Terzi, E.S., ve Uruşak, B. (2010). Physiological and Biochemical Markers of Salinity Tolerance in Plants. *Anadolu University Journal Of Science And Technology*, 1, 1-33.
- Zarinkamar, F., ve Farjady, E. (2011). Salt's Effect on Anatomy and Deformity of *Pistacia vera* L. Nut. *J Agric Sci Technol*, 1, 599-607.