

***Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae)'de Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın Total Oksidatif Stres Üzerinde Etkisi**

Eda GÜNEŞ

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Konya

Received (Geliş): 26.04.2016

Accepted (Kabul): 07.06.2016

ÖZET: Tüketimi 2013 yılından beri artan *Chenopodium quinoa* Willd. temel amino asitler, vitaminler ve mineraller bakımından iyi bir kaynaktır. Bu makalede, *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae) yapay diyetine Kinoa eklenerek beslenen ergin bireylerde total oksidasyon ve antioksidan seviyeleri ve aralarındaki ilişki belirlenmesi amaçlanmıştır. *D. melanogaster* larvaları ergin evreye kadar Kinoa unu (%0,1-1) ile yetiştirilmiştir. Kinoa konsantrasyonları ile beslenen ergin bireylerde Total antioksidan kapasite (TAS), total oksidan stres (TOS) ve oksidatif stres indeksi (OSI) belirlenmiştir. En düşük konsantrasyonla (%0,1) beslenen böceğin TOS aktivitesinde ($11.55 \pm 0.07 \mu\text{mol/l}$) kontrolle kıyasla önemli derecede artış görülmüştür. Besinsel karışımlara Kinoa eklenmesi oksidasyon seviyesini artırırken, antioksidan seviyeyi değiştirmedikleri belirlenmiştir. Yüksek miktarda Kinoa tüketimi ise antioksidan aktiviteyi ($1.85 \pm 0.03 \text{ mmol/l}$) yükseltmiştir. Çevre dostu biyoteknolojik metod olarak Kinoa'nın kullanılması ile çevrenin korunmasında önemli rol oynayabileceği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kinoa, *Drosophila melanogaster*, Beslenme, Oksidatif Stres

The Effect of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) on the Total Oxidative Stress *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae)

ABSTRACT: *Chenopodium quinoa* Willd., the consumption of which has increased since 2013, is a good source for essential amino acids, vitamins and minerals. In this paper, it is aimed to determine the total oxidation and antioxidant levels and the interaction between them for *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae) adults fed with quinoa added artificial diets. *D. melanogaster* larvae were cultivated with quinoa flour (0.1-1%) until the adult stage. Total antioxidant capacity (TAS), total oxidant stress (TOS) and oxidative stress index (OSI) were determined in adults fed with quinoa concentrations. When compared to control, a significant increase was observed in the TOS activity ($11.55 \pm 0.07 \mu\text{mol}$) of the insect fed with the lowest concentration (0.1%). It was detected that while quinoa adding to the nutritional compounds increased the level of oxidation, the level of antioxidant activity unchanged. The consumption of large amounts of quinoa increased antioxidant activity ($1.85 \pm 0.03 \text{ mmol}$). It is emphasized that the usage of quinoa as an eco-friendly method might play an important role for protection of the environment.

Key Words: Quinoa, *Drosophila melanogaster*, Nutrition, Oxidative Stress

GİRİŞ

Fizyolojik bir süreç olarak görülen beslenme, canlıların hayatlarının sürdürülmesi için gerekli olan enerji akışında vazgeçilmez bir unsurdur. Besin içeriğinde bulunan makro moleküller ve miktarları, canlıların gelişimiyle pozitif yada negatif korelasyon göstermektedir. Değişen ve bozulan ekolojik denge içinde besin ihtiyacı ve rekabeti de giderek artmaktadır. Özellikle zirai amaçlarla kullanılan kimyasallar, katkı maddeleri, metaller gibi çeşitli çevresel kirlenmeler, organizmanın besiniyle doğrudan yada dolaylı olarak temas ederek bir yada bir kaç neslini etkilemektedir. Bu durum canlıda oluşabilecek fizyolojik, biyokimyasal deformasyonlar ve adaptasyonların, ve kullanılan maddelerin etki ve etkinliğinin anlaşılma gereğini ortaya çıkarmaktadır.

Anavatanı Güney Amerika'nın batı kıyıları olan Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), kuraklık tuzluluk gibi olumsuz şartlara adapte olabilen yeni bir alternatif tarım ürünü olarak görülmektedir (Jancurová

ve ark., 2009). Özellikle Birleşmiş Milletler'in 2013 yılını "Uluslararası Kinoa yılı" olarak ilan etmesinden sonra, Dünya'da Kinoa talebinin giderek arttığı görülmektedir. Buğday ve pirinçe alternatif olarak kullanılan ve daha fazla protein bulundurmasının yanında vitamin ve lif oranının yüksek olması; Demir, kalsiyum, fosfor, magnezyum ve çinko gibi mineralleri içermesi Kinoa'ya duyulan ilgiyi arttıran sebeplerdendir. Bu bitkide bulunan Süperoksit dismutaz (SOD) enzimi sayesinde yaşlanmayı geciktirdiği bilinirken; hayvan yemi, ilaç hammaddesi ve böcek kovucu olarak kullanılmaktadır (Guzmán ve ark., 2015).

Besin içeriğinin kontrol altında tutulabilme imkanı, besine eklenmesi düşünülen maddelerin kolay uygulanabilir olması ve muhtemel etkinin kısa sürede görülebilmesi gibi sebepler; büyük organizmalar yerine böcekler gibi küçük canlıların beslenme çalışmalarında tercih edilebilirliklerini arttırmaktadır (Chapman ve Partridge, 1996; Piper ve ark., 2005).

Beslenme, sıcaklık, popülasyon yoğunluğu, radyasyon, nem gibi çeşitli faktörlerden farklı şekillerde etkilenen ektodermik bir böcek olan *Drosophila melanogaster*; 1901 yılından beri deney hayvanı olarak kullanılmaktadır (Clark ve Rockstein, 1964; Keser, 2010).

Bu çalışmanın amacı, Kinova'dan elde edilen un konsantrasyonlarının *D. melanogaster*'in diyetine eklenerek beslenme yoluyla böceğin erginlerinde oluşabilecek oksidatif durum tespitini yapmaktır. Yapay diyetine Kinova eklenerek ergin hale gelen böceklerde; total antioksidan kapasite (TAS), total oksidan stres (TOS) ve oksidatif stres indeks (OSI) düzeyleri belirlenerek Kinova'nın etkisi incelenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Laboratuarda yapay diyet ile beslenen *D. melanogaster* (Wild type, W¹¹¹⁸) kültürü (Rogina ve ark., 2000; Lesch ve ark., 2007); her birinde 50 böcek olacak şekilde tasarlanan kültür şişeleri (250 cc) inkübatöre (25°C, % 60 nem, 12 s aydınlık/karanlık) yerleştirilerek deney düzeneği hazırlanmıştır. Yeni ergin hale gelen sinekler (6 erkek:18 dişi) olgunlaşmaları, çiftleşmeleri ve yumurta bırakmaları için yeni şişelere alınmıştır. Sinekler yumurtaları toplamak için 8 saat sonra şişelerden uzaklaştırılmıştır. Her bir deney şişesine 25 adet larva (yumurtadan yeni çıkan) aktarılmıştır (Kaya ve ark., 2000). Kuru ağırlığının 100 gr'mında; 16.5 g protein, 6.3 g yağ, 3.8 g lif, 3.8 g kül, 69 g karbonhidrat bulunan (Valencia-Chamorro, 2003) ve ticari amaçlı olarak satılan Kinova havanda sıvı azot ile ezilerek un haline getirilmiştir. Kinova unundan hazırlanacak konsantrasyonlar için su kullanılmış, iyice çözülmeleri sağlanmış, besine donmadan önce eklenmiştir. Kültürle aynı içerik ve özelliklere göre hazırlanan besinlere, kontrol grubu haricinde farklı konsantrasyonlarda Kinova unu (% 0.1-1) eklenerek deney düzeneği hazırlanmıştır. *Drosophila* ve farklı canlılarla yapılan çalışmalar göz önüne alınarak ön denemeler sonucunda konsantrasyonlar belirlenmiştir (Nsimba ve ark., 2008; Guzmán ve ark., 2015; Sortibrán ve ark., 2015). Larvaların ergin oluncaya kadar bu konsantrasyonlarla beslenmesi sağlanmıştır. Belirlenen konsantrasyonların birbirlerine çok yakın olarak ortaya çıkan etkilerini daha net göre bilmek için; kontrol, en düşük ve en yüksek konsantrasyonların biyokimyasal analizleri yapılmıştır. Holometabol böceklerde larval ve ergin dönemdeki beslenme düzeyleri önemli olduğu için ergin bireyler üzerinde biyokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Ergin bireyler üzerinde yapılan deneylerde en az 20 bireyle çalışılmaktadır (Taşkın ve ark., 2007). Bizde çalışmamızda her konsantrasyondan

eşit dişi ve erkek toplanmasına dikkat ederek 25 ergin birey toplanmıştır. 1 ml soğuk tampon ile (0.5 M Potasyum Fosfat tamponu pH 7.2) üç kez homojenize edilerek örnekler kullanılmıştır (Homogenizer, Branson). Örneklerin süpernatantları toplanarak (4°C ve 20.000g de 30 dk) biyokimyasal analizler yapılmaya kadar -18°C'de saklanmıştır.

Örnekteki antioksidanların koyu mavi-yeşil renkli ABST radikalini renksiz forma indirgemesine dayanan TAS ölçümünde; ticari kitler (Rel Assay Diagnostics) kullanılarak kit prosedüründe belirtildiği şekilde spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) örneklerin absorbsansları 660 nm'de ölçülmüştür (Erel, 2004; Özgün ve ark., 2013; Güneş, 2015). Çalışmalarda verilen standart formüle göre örneklerin TAS düzeyleri (mmol Trolox Eq L) hesaplanmıştır (Erel, 2004). Örnekteki oksidanların ferröz iyon-şelatör kompleksini ferrik iyonlara okside etmesiyle ferrik iyonlar asidik ortamda kromojen madde ile renk oluşturması esasına dayanan TOS ölçümünde; ticari kit (Rel Assay Diagnostics) ve kit prosedürü kullanılarak spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) örneklerin absorbsansları (530 nm'de) ölçülmüştür (Erel, 2005; Özgün ve ark., 2013; Güneş, 2015). Çalışmalarda verilen standart formüle göre örneklerin TOS düzeyleri (µmol H₂O₂Eq L) hesaplanmıştır (Erel, 2005). Deneyler dört kez tekrar edilerek; TOS/TAS seviyeleri ile OSI değerleri belirlenmiştir (Erel, 2005).

Homojen ve normal dağılım gösteren grupların ortalamaları arasındaki farklılığın belirlenmesinde (LSD) SPSS.17 paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile karşılaştırılmıştır. Deney gruplarının ortalama, standart sapmaları (ort. ± SS) ve istatistiki olarak anlamlı kabul edilen farklılıklar (P<0.05) tablo ile gösterilmiştir (SPSS, 1997).

BULGULAR

Kinova ile beslenmeyen kontrol grubu böceğin TOS ve TAS düzeylerinin normal seviyede olduğu belirlenmiştir (TOS için 8.00-5.00; TAS için 1.45-2.00). Düşük Kinova konsantrasyonu ile beslenen böceklerin TOS düzeyinin yükselerek oksidan seviyeye çıktığı, yüksek konsantrasyonda da oksidan seviyede olan TOS düzeyine rağmen TAS aktivitesinin arttığı görülmektedir (Çizelge 1). Yapılan besleme çalışmasında kontrol grubuna kıyasla Kinova unu konsantrasyonlarının böceğin TOS değerini anlamlı olarak yükselttiği bulunmuştur (p<0.05). Düşük Kinova konsantrasyonu böceğin TAS düzeyinde fark oluşturmazken, yüksek konsantrasyon kontrol grubuna göre anlamlı yükseldiği belirlenmiştir (p<0.05).

Çizelge 1. Kinoa'nın ununun *D. melanogaster* erginlerinde TOS, TAS, OSI düzeylerine etkisi

Biyokimyasal Analizler	Deney Grupları ve Tanımlayıcı İstatistikler		
	(0.0) Kontrol Ort. $\pm$ SS	% 0.1 Kinoa Ort. $\pm$ SS	% 1 Kinoa Ort. $\pm$ SS
TOS (μ mol L)	8.17 $\pm$ 0.01a	11.55 $\pm$ 0.07b	10.85 $\pm$ 0.04c
TAS (mmol L)	1.53 $\pm$ 0.01a	1.55 $\pm$ 0.21a	1.85 $\pm$ 0.03b
OSI	5.33 $\pm$ 0.01a	7.45 $\pm$ 0.14b	5.86 $\pm$ 0.03a

Aynı satırda farklı harfleri içeren değerler biribirinden farklıdır (p<0.05, LSD testi)

Kinoa konsantrasyonuna bağlı olarak böceğin TAS değerlerinin arttığı, ancak TOS ve OSI önce arttığı sonra düştüğü görülmektedir. Uygulanan konsantrasyonların TOS ve TAS değerleri arasında farklılıklar oluşturduğu, OSI verilerine ve teşhis tablosuna göre (Rel Assay Diagnosquare) böceğin normal antioksidan ve yüksek oksidan seviye içinde bulunduğu görülmektedir. Bu durum kullanılan maddeye karşı oluşabileceği gibi; yetersiz beslenme, obezite, yumurta oluşumu gibi bir çok nedenden de kaynaklana bilmektedir.

TARTIŞMA

Sağlıklı beslenmenin öneminin arttığı günümüzde, yüksek besin içeriğine sahip Kinoa gibi yeni gıdalar tüketicinin ilgisini çekmektedir. Diyabet, damar tıkanıklığı, alzheimer, kanser gibi oksidatif stres kaynaklı hastalıkların tedavisinde; yaşlanma geçiktirici, hayvan yemi, ilaç hammaddesi, böcek kovucu gibi etkilere sahip olduğu bilinen (Nsimba ve ark., 2008; Ekmekçi, 2014) Kinoa'nın antioksidan özelliği olduğu bilinmesine rağmen *D. melanogaster*'in TAS ve TOS düzeyleri ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Kinoa; Amerika kıtasında yıllardır yetiştirilen, yüksek ve düşük sıcaklığa dayanıklı, toprağın asitlik derecesine karşı geniş toleransa sahip, protein içeriği diğer tahıllara oranla daha yüksek, temel amino asitler bakımından zengin ve glisemik indeksi düşük olan bir bitkidir (Valencia-Chamorro, 2003; Jancurová ve ark., 2009; Ekmekçi, 2014). Vitamin ve mineral bakımından da [Kalsiyum, çinko, fosfor, magnezyum, demir, potasyum, bakır, Tiamin (B₁), Riboflavin (B₂), Niasin (B₃), Askorbik asit (C), γ - ve α -Tokoferol, β -Karoten] zengin bir içeriğe sahiptir.

Bir çok çalışmada besinlerin sindirilmesi ve solunum sırasında serbest radikallerden etkilenen DNA, protein, lipid gibi hücresel makro moleküllerin oksidatif stresin oluşması ile ilişkilendirilmektedir. Reaktif oksijen türler (ROT) ile oksidatif hasara maruz kalan hücrede normal fonksiyonları yerine getirilebilmesi için antioksidan mekanizma devreye

girmektedir. Böylece sağlıklı bireylerde oksidan-antioksidan denge sağlanarak ROT'lar uzaklaştırılmaktadır. Savunma mekanizmasının yetersiz kaldığı durumlarda dengenin oksidan lehine kaydığı ve stresin oluştuğu bilinmektedir (Singh, 1998). Oksidan ve antioksidan moleküller çeşitli analitik yöntemlerle ölçüle bilmektedir (Tarpey ve ark., 2004; Çobanoğlu, 2011; Güneş, 2015). Son zamanlarda bu moleküllerin bir örnekte ayrı ayrı ölçülmesi zaman alıcı ve zor olduğu için daha pratik olan total oksidan yada antioksidan durumun ölçülmesi tercih edilmektedir (Ghiselli ve ark., 2000; Erel, 2004; Erel, 2005; Çobanoğlu, 2011). Erel (2005) TAS ve TOS ölçümü için kolay, dayanıklı ve ekonomik bir yöntem geliştirmiş, ve oksidatif indeksinin hesaplanmasını sağlamışlardır (Kosecik ve ark., 2005; Çobanoğlu, 2011; Güneş, 2015).

Her canlının farklı savunma mekanizması bulunmaktadır. Kurak bölgelerde yetişen bitkilerde bulunan saponin içeriği strese karşı bitkinin savunma mekanizması olarak görülürken, soğukkanlı hayvanlarda saponinin toksik etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir (Fidan, 2007). Böceklerin tüm dokularında ve sindirim kanalında (ortabarsakta ve peritrofik zarda, yağ dokusunda bulunan antioksidan enzimler) oluşan oksidatif etkiye savunma amaçlı enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar bulunmakta ve kullanılmaktadır (Ahmad 1992, Kono ve Shishido 1992, Felton ve Summers 1995, Barbehennve Stannard 2004). Katalaz (CAT), Süperoksit dismutaz (SOD), indirgenmiş glutatyon (GSH), Glutatyon redüktaz (GR), GST, Disülfid redüktaz, Metionin sülfoksit redüktaz (MSR), Tioredoksin peroksidaz (TRXP) gibi enzimler *Drosophila*'da bulunan antioksidan enzimlerdir (Moskovitz ve ark., 1997; Missirlis ve ark., 2003). Kinoa gibi saponin içeren bitkilerin diyetle eklenmesi insan gibi omurgalı canlılarda yarar sağlarken, omurgasızlarda sindirim kanalı hücrelerinin dökülmesine (Fidan, 2007) (membranolitik etki) dolayısıyla böceğin yetersiz beslenmesine neden olabileceği söylenmektedir. Kinoa'nın hasat

sonrasında yapılan işlemlerle saponinden kaynaklanan açılma giderilmekte, saponin bulunan ürünün böcek ilacı olarak kullanılabileceği söylenmektedir (Paredes, 2010). Çalışmamızda Kinoa konsantrasyonuna bağlı olarak böceğin TOS aktivitesinde meydana gelen artış böceğin strese maruz kaldığını gösterirken, TAS değerlerinin de artması savunma sisteminin devreye girdiğini göstermektedir. Böylece çalışmamızdaki gibi işlem görmüş Kinoa'nın da böcekte oksidasyon seviyesinde yükselme oluşturmaya, yeterince hidrolize edilemeyen saponin etkisinden kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca yeterince beslenemeyen larvalar pupasyona geçemediği (De Moed ve ark., 1999), bağışıklığın baskılanarak enfeksiyonla mücadelede diyetel glukoz miktarının savunma kalitesini değiştirdiği bilinmektedir (Unckless ve ark., 2015). Bu sonuçlar çalışmada diyetle eklenen Kinoa konsantrasyonları ile böceğin besin almasını engellebileceği ve oksidasyon oluşturma ihtimalini arttırmaktadır. Çünkü *Drosophila*'da açlık durumunda direncin fazlalaşarak erginlerin lipit miktarını arttıracığı bilinmektedir (Driver ve Cosopodiotis, 1979; Sisodia ve Sing, 2012). Artan lipit miktarı böcekte lipit peroksidasyonunun oluşmasına sebep olabilir. Ayrıca besinsel karbohidrat değişikliği bile böcekte oksidatif strese sebep olabilmektedir (Jordens ve ark., 1999). Çalışmamızda besin içeriğinde kullanılan şeker kaynaklarına ek olarak Kinoa'da kullanılması (karbohidrat miktarı 69 g 100g) diyetel karbohidrat miktarının artmasını sağlayarak lipit peroksidasyonu, protein ve enzim oksidasyonuna, ve hücrel glutatyon miktarının azalmasına neden olarak antioksidan enzim aktivitesini düşürebilir.

Kinoa'da %2-10 oranında yağ bulunurken, linolenik (18:2n-6, %52 ve 18:3n-6, %40) asit gibi temel yağ asidi açısından zengin bir kaynak olduğu bilinmektedir (Jancurová ve ark., 2009). Diyetle alınan yağ, karbohidrat, protein miktarı böceğin yaşamsal özelliklerini etkilemektedir (Lee ve ark., 2008; Ja ve ark., 2009; Fason ve Taylor, 2012; Bruce ve ark., 2013; Sentinella ve ark., 2013; Adler ve Bonduriansky, 2014; Unckless ve ark., 2015). Yüksek doymuş yağlı diyetle beslenen sineklerde; amino asit miktarının ve protein seviyesinin önemli derecede azaldığı bilinmektedir (Heinrichsen ve ark., 2013). *Drosophila*'da uygulanan düşük doymamış diyetel yağlar lipit peroksidasyonunun oluşmasına nede olurken, besinsel konsantrasyonun artması ROT'ların doymamış yağ asitlerine verebilecekleri zararı arttırmaktadır (Halliwell, 1994; Heinle ve Betz, 1994). Çalışmamızda kullandığımız Kinoa'da bulunan doymamış yağ asitlerinin konsantrasyona bağlı olarak ROT'nin oluşma olasılığını kuvvetlendirmektedir.

Çeşitli bitki ekstreleri (*Thymus vulgaris* L., *Origanum vulgare* L., *Avena sativa* L., kakao, brokoli, yeşil çay, Lu-Duo-Wei ve *Rhodiola* kökü), yağları (*Origanum onites* L., *Origanum minutiflorum*

O.Schwarz & P.H.Davis vb.) ve bileşenleri (Karvakrol, Resvaratol, Lütein, Thymoquinone gibi) ile yapılan çalışmalarda *Drosophila*'da genotoksik olmadıkları ve oksidatif hasarı engelledikleri görülmektedir (Cui ve ark. 1999; Li ve ark., 2007; Bahadorani ve Hilliker, 2008; Turna, 2012; Sarıkaya ve ark., 2012; Altun Çolak, 2013; Demir ve ark., 2013; Schriner ve ark., 2013; Yıldız, 2013). Fakat *Chenopodium ambrosioides* L. gibi bitkisel ekstratlar ise *Drosophila*'nın yaşama ve gelişimini olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Wohlenberg ve Lopes-da-Silva, 2009). Karotenoidler, A, C ve E vitaminleri gibi çeşitli antioksidan aktivite gösteren maddenin beslenmeyle vücuda alınması, serbest radikallerin etkisini yok ederek oksidatif stresin önlenmesinde etkili olduğu bilinmektedir (Bahadorani ve ark., 2008). Askorbik asit *Drosophila*'da mutajenlerin genotoksik etkinin azaltılmasında kullanılmaktadır (Kaya ve ark., 2002). Çalışmamızda Kinoa'nın antioksidan içeriği (Askorbik asit, Tokoferol, β -Karoten, Tiamin, Riboflavin, Niasin) sayesinde yüksek konsantrasyonlarda böceğin artan TOS düzeyine karşı TAS aktivitesinde de yükseliş meydana gelerek canlılığın korunduğu düşünülmektedir. Böceklerde artan strese karşı antioksidan savunma sistemi enzim aktivitesindeki yükselişin oksidatif strese direnç göstermesi (Uysal ve ark., 2009) çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

SONUÇ

Besinsel karışımlara eklenen düşük konsantrasyondaki Kinoa'unun böceğin oksidasyon seviyesini arttırdığı, yüksek konsantrasyonda da oksidasyon seviyesi artarken metabolizma tarafından tolere edilebilmek için antioksidan aktivitenin yükseldiği görülmektedir. Kinoa, hasat sonrasında saponinden kaynaklanan acılığın giderilmesi için işleme tabi tutulmaktadır. Bu sonuçlar Kinoa'nın böcekte toksik etki oluşturmaya bağlı olarak, hedef olmayan canlılar ve çevre için zirai mücadelede kimyasal maddeler yerine biyoteknik yöntem olarak işlenmemiş halde kullanılabilirliğini göstermektedir. Özellikle çevreye dost biyoteknik yöntemlerin oluşturulmasında kullanılan bitkisel ekstratların canlılarda oluşabilecek direnç mekanizmaları ve etkilerinin aydınlatılmasında daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Adler, M.I., Bonduriansky, R. 2014. Why do the well-fed appear to die young?: a new evolutionary hypothesis for the effect of dietary restriction on lifespan. *Bioessays*, 36: 439-450.
- Ahmad, S. 1992. Biochemical Defence of Pro-Oxidant Plant Allelochemicals by Herbivorous Insects. *Biochemical Ecology System*, 20: 269-296.

- Altun Çolak, D. 2013. Dioksinlerin Toksik Etkilerinin *Drosophila* Kanat Benek Testi ve Biyokimyasal Yöntemlerle Belirlenmesi ve Bu Etkilerin Farklı Antioksidanlar ile Giderilmesi Üzerine Araştırmalar. AÜ. Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Doktora Tezi, 171 s.
- Bahadorani, S., Bahadorani P., Philips J.P., Hilliker A.J. 2008. The Effects of Vitamin Supplementation on *Drosophila* Life Span Under Normoxia and Under Oxidative Stress. Journal of Gerontology. Biological Sciences, 63A(1): 35-42.
- Bahadorani, S., Hilliker, A. J. 2008. Cocoa Confers Life Span Extension in *Drosophila melanogaster*. Nutrition Research, 28: 377-382.
- Barbehenn, R.V., Stannard, J. 2004. Antioxidant Defense of The Midgut Epithelium by The Peritrophic Envelope in Caterpillars. Journal of Insect Physiology, 50: 783-790.
- Bruce, K. D., Hoxha, S., Carvalho, G. B., Yamada, R., Wang, H. D., Karayan, P.,William, W. J. 2013. High Carbohydrate-Low Protein Consumption Maximizes *Drosophila* lifespan. Journal of Experimental Gerontology, 48: 1129-1135.
- Chapman, T., Partridge, L. 1996. Female fitness in *Drosophila melanogaster*: an Interaction Between The Effect of Nutrition and of Encounter Rate With Males. Proceeding of the Royal Society of London Series B Biological Sciences, 263: 755-759.
- Clark, A.M., Rockstein, M. 1964. Aging in Insect. Physiology of insecta, 1: 227-281.
- Çobanoğlu, S. 2011. Deneysel Ateroskleroz Oluşturulmuş Sıçanlarda L-Argininin TAS, TOS ve Oksidatif Stres İndeksine Etkisi. T.Ü.Sağlık Bil. Ens., Tıbbi Biyokimya ABD, Yüksek Lisans Tezi, 93 s.
- Cui, X., Dai, X.G., Li, W.B., Zhang, B.L., Fang, Y.Z. 1999. Effects of Lu-Duo-Wei Capsule on Prolonging Life Span of Housefly and *Drosophila melanogaster*. American Journal of Chinese Medicine, 27: 407.
- De Moed, G.H., Kruitwagen, C.L.J.J., De Jong, G., Scharloo, W. 1999. Critical Weight for the Induction of Pupariation in *Drosophila melanogaster*: Genetic and Environmental Variation. Journal of Evolutionary Biology, 12: 852-858.
- Demir, E., Kaya, B., Marcos, R., Kocaoğlu Cenkci, S., Çetin H. 2013. Investigation of the Genotoxic and Antigenotoxic Properties of Essential Oils Obtained From Two *Origanum* species by *Drosophila* wing SMART assay. Turkish Journal of Biology, 37: 129-138.
- Driver, C.J., Cosopodiotis, G. 1979. The Effect Of Dietary Fat On Longevity of *Drosophila melanogaster*. Journal of Experimental Gerontology, 14: 95-100.
- Ekmekçi, İ. 2014. Glutensiz Ekşi Maya Ekmeği Üretimi İçin Starter Kültür Oluşturulması. EÜ. Fen Bil. Ens., Gıda Mühendisliği ABD, Yüksek lisans Tezi, 84 s.
- Erel, O. 2004. A Novel Automated Direct Measurement Method for Total Antioxidant Capacity Using A New Generation, More Stable ABTS Radical Cation. Clinical Biochemistry, 37(4): 277-285.
- Erel, O. 2005. A New Automated Colorimetric Method For Measuring Total Oxidant Status. Clinical Biochemistry, 38: 1103-1111.
- Fanson, B.G., Taylor, P.W. 2012. Protein:carbohydrate ratios explain life span patterns found in Queensl and fruit fly on diets varying in yeast:sugar ratios. Age (Dordr), 34: 1361-1368.
- Felton, G.W., Summers, C.B. 1995. Antioxidant Systems in Insects. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 9: 187-197.
- Fidan, A.F. 2007. Deneysel Diyabet Oluşturulmuş Ratlarda Diyet Katılan Farklı Yapılardaki Saponin İçerikli Bitkilerin Dna Hasarı, Protein Oksidasyonu ve Lipid Peroksidasyonu ile Bazı Biyokimyasal Parametrelere Etkilerinin Araştırılması. AKÜ. Sağ Bil. Ens., Biyokimya ABD, Doktora Tezi, 138 s.
- Ghiselli, A., Serafini, M., Natella, F., Scaccini, C. 2000. Total Antioxidant Capacity as A Tool to Assess Redox Status: Critical View and Experimental Data. Free Radical Biology and Medicine, 29(11): 1106-1114.
- Güneş, E. 2015. *Drosophila melanogaster*'de Yulaf Unu (*Avena sativa* L.)'nın Total Oksidatif Stres Üzerinde Etkisi. Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi, 6(2): 134-140.
- Guzmán, B., Tenorio, R., Cruz, D.L., Espinal, C., Alvarado, J.A., Mollinedo, P. 2015. Saponins from chenopodium quinoa willd and chenopodium pallidicaule aellen as biocontrollers of phytopathogen fungi and hemolysis agents. Revista Boliviana De Química, 32 (1): 8-14.
- Halliwell, B. 1994. Free Radicals, Antioxidant, And Human Disease: Curiosity. Cause or Consequence. Lancet, 344: 721-724.
- Heinle, H., Betz, E. 1994. Effects of Dietary Garlic Supplementation in Rat Model of Atherosclerosis. Arznei-for, 44: 614-617.
- Heinrichsen, E.T., Zhang, H., Robinson, J.E., Ngo, J., Diop, S., Bodmer, R., Joiner, W.J., Metallo, C.M., Haddad, G.G. 2013. Metabolic and Transcriptional Response to A High-Fat Diet in *Drosophila melanogaster*. Molecular Metabolism, 3: 42-54.
- Ja, W.W., Carvalho, G.B., Zid, B.M., Mak, E.M., Brummel, T., et al. 2009. Water- And Nutrient-Dependent Effects of Dietary Restriction on

- Drosophila* lifespan. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106: 18633-18637.
- Jancurová, M., Minarovičová, L., Dandár, A. 2009. Quinoa. Czech Journal of Food Science, 27(2): 71-79.
- Jordens, R.G., Berry, M.D., Gillott, C., Boulton A.A. 1999. Prolongation of Life in an Experimental Model of Ageing in *Drosophila melanogaster*. Neurochemical Research. 24(2): 227-233.
- Kaya, B., Yanikoglu, A., Creus, A., Marcos, R.2000. The Use of The *Drosophila* Wing Spot Test inThe Genotoxicity Testing of Different Herbicides. Environmental and Molecular Mutagenesis, 36: 40-46.
- Kaya, B., Creus, A., Velazquez, A., Yanikoglu, A. 2002. Marcos R Genotoxicity is Modulated ByAscorbic Acid - Studies Using The Wing Spot Test in *Drosophila*.Mutation Research,520(1-2): 93-101.
- Keser, D. 2010. Aspirin ve Asetaldehitin *Drosophila melanogaster*'in Bazı Gelişimsel Özellikleri Üzerine Etkileri. KÜ. Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi, 68 s.
- Kono, Y., Shishido,T. 1992. Distribution of Glutathione S-Transferase Activity in Insect Tissues. Applied Entomology and Zoology, 27: 391-397.
- Kosecik, M., Erel, O., Sevinc, E., Selek, S. 2005. Increased Oxidative Stress in Children Exposed to Passive Smoking. The International Journal of Cardiology, 100(1): 61-4.
- Lee, K. P., Simpson, S. J., Clissold, F. J., Brooks, R., Ballard, J. W. O., Taylor, P. W., ... Raubenheimer, D. 2008. Lifespan and Reproduction in *Drosophila*: New Insights From Nutritional Geometry. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105: 2498-2503.
- Lesch, C., Goto, A., Lindgren, M., Bidla, G., Dushay, M.S., Theopold, U. 2007. A Role for Hemolymph in Coagulation and Immunity in *Drosophila melanogaster*. Developmental and Comparative Immunology, 31: 1255-1263.
- Li, Y.M., Chan, H.Y.E., Huang, Y., Chen, Z.Y. 2007. Green Tea Catechins Upregulate Superoxide Dismutase and Catalase in Fruit Flies. Molecular Nutrition and Food Research, 51(5): 546-554.
- Missirlis, F., Rahlfs, S., Dimopoulos, N., Bauer, H., Becker, K., Hilliker, A., Phillips, J.P. 2003. A Putative Glutathione Peroxidase of *Drosophila* Encodes Thioredoxin Peroxidase That Provides Resistance Against Oxidative Stress But Fails to Complement A Lack of Catalase Activity. The Journal of Biological Chemistry, 384(3): 463-472.
- Moskovitz, J., Berlett, B.S., Poston, J.M., Stadtman, E.R. 1997. The Yeast Peptidomethionine Sulfoxide Reductase Functions as an Antioxidant In Vivo. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 94: 9585-9589.
- Nsimba, R.Y., Kikuzaki, H., Konishi, Y. 2008. Antioxidant Activity of Various Extracts and Fractions of Chenopodium quinoa and Amaranthus spp. seeds. Food Chemistry, 106: 760-766.
- Özgün, E., Özgün, G.S., Eskiocak, S., Yalçın, Ö., Gökmen, S.S. 2013. Deneysel Kollit L-Karnitinin Serum Paraoksonaz, Arilesteraz ve Laktonaz Aktivitelerine ve Oksidatif Duruma Etkisi. Türk Biyokimya Dergisi, 38(2): 145-153.
- Paredes, L.E.B. 2010.Determinacion De La Actividad Insecticida De La Saponina De Quinoa (Chenopodium quinoa) Hidrolizada Y No Hidrolizada Sobre *Drosophila melanogaster*. Escuela Superior Politecnica De Chimborazo, Facultad De Ciencias, Tesis De Grado, 127 p.
- Piper, M.D.W., Mair, W., Partridge, L. 2005. Counting the Calories: The Role of Specific Nutrients in Extension of Life Span by Food Restriction. Journal of Gerontology, 60A(5): 549-555.
- Rogina, B., Reenan, R.A., Nilsen, S.P., Helfand, S.L. 2000. Extended Life-Span Conferred by Cotransporter Gene Mutations in *Drosophila*. Biogerontology Science, 290: 2137-2140.
- Sarıkaya, R., K. Erciyas, A.F. Erciyas, S. Ay, M.İ. Kara, Sezer, U. 2012. Antioksidanların (Bor ve Thymoquinone) Antigenotoksik Etkilerinin *Drosophila* Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon Testi İle Araştırılması. Tübitak, Araştırma Projesi, 210T159.
- Schriner, S. E., Lee, K., Truong, S., Salvador, K. T., Maler, S., Nam, A., ... Jafari, M. 2013. Extension of *Drosophila* Lifespan by Rhodiola rosea through a Mechanism Independent from Dietary Restriction. Plos One,8(5): e63886.
- Sentinella, A.T., Crean, A.J., Bonduriansky, R. 2013. Dietary Protein Mediates A Trade-Off Between Larval Survival and The Development of Male Secondary Sexual Traits. Functional Ecology, 27: 1134-144.
- Singh, K.K. 1998. Mitochondrial DNA Mutations in Aging, Disease and Cancer. Springer. New York.
- Sisodia, S., Singh, B.N. 2012. Experimental Evidence for Nutrition Regulated Stress Resistance in *Drosophila ananassae*. Plos One, 7(10): 1-9.
- Sortibrán, A.N.C., Téllez, M.G.O., Arnaiz, R.R. 2015. Assessment of the Genotoxic and Antioxidant Activities of Several Vegetables, Spices and Herbs in Combination with Cyclophosphamide and 4-Nitroquinoline n-Oxide in *Drosophila melanogaster*. Advance Techniques in Biology and Medicine, 1: 2-9.
- Tarpey, M.M., Wink, D.A., Grisham, M.B. 2004. Methods for Detection of Reactive Metabolites of Oxygen and Nitrogen: in Vitro And in Vivo

- Considerations. AJP Regulatory Integrative and Comparative Physiology, 286(3): R431-44.
- Taşkın, V., K. Küçükakyüz, T. Arslan, B. Çöl, Taşkın Göçmen, B. 2007. The biochemical basis of insecticide resistance and determination of esterase enzyme patterns by using PAGE in field collected populations of *Drosophila melanogaster* from Muğla province of Turkey. Journal of Cell and Molecular Biology, 6(1): 31-40.
- Turna, F. 2012. Resveratrol'ün *Drosophila melanogaster*'de Antigenotoksik Etkilerinin Araştırılması. AÜ. Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi, 81 s.
- Unckless, R.L., Rottschaefer, S.M., Lazzaro, B.P. 2015. The Complex Contributions of Genetics and Nutrition to immunity in *Drosophila melanogaster*. PLOS Genetics, 1-26.
- Uysal, H., Altun, D., Aslan, A. 2009. *Drosophila melanogaster*'de Lobaria pulmonaria (L.) Hoffm. Likeninin Ömür Uzunluğu Üzerine Etkisi. TUBAV Bilim Dergisi, 2: 271-276.
- Valencia-Chamorro, S.A. 2003. Quinoa. In: Caballero B.: Encyclopedia of Food Science and Nutrition. Academic Press, Amsterdam, 8: 4895-4902.
- Wohlenberg V.C., Lopes-da-Silva, M.2009. Effect of *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae) Aqueous Extract on Reproduction and Life Span of *Drosophila melanogaster* (Meigen) (Diptera: Drosophilidae). Bioscience Journal, 25(6):129-132.
- Yıldız, M. 2013. Timol ve Karvakrolün *Drosophila melanogaster* Asetilkolinesteraz Enzimi Üzerine Etkilerinin Araştırılması. AÜ. Fen Bil. Ens., Moleküler Biyoloji ve Genetik ABD, Yüksek Lisans Tezi, 68 s.