

Besinler ve Beslenme Çalışmalarında *Drosophila*

Eda GÜNEŞ¹

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı, Konya

Geliş (Received): 23.03.2016

Kabul (Accepted): 05.05.2016

ÖZET: Bu çalışma, beslenme yoluyla vücuda alınan birçok besinin model organizma olarak kullanılan *Drosophila melanogaster* üzerinde meydana getirdiği değişikliklerin açıklanması amacıyla hazırlanmış bir derlemedir. Birçok bitkinin doğal kullanımları dışında, alternatif tıpta ilaç ve antioksidan madde olarak da kullanıldığı bilinmektedir. Kullanım miktarına bağlı olarak antimikrobiyal etki, biyolojik parametreler üzerinde değişme ve oksidan-antioksidan özelliklere sahiptirler. Çeşitli kimyasallar, gıda katkıları, baharatlar, bitkiler ve yağları *D. melanogaster* üzerinde morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal tepkilere neden olmaktadır. Yapay besine eklenen bitkisel ürünlerin güvenli tüketim miktarlarının model organizmalarda denenerek belirlenmesi, insan gibi besin zinciri yoluyla etkilenebilecek canlılar için önem arz etmekte ve daha ayrıntılı çalışmaların yapılma gereğini ortaya çıkarmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Beslenme, *Drosophila*, Bitkisel ürünler

Drosophila in Food and Nutrition Studies

ABSTRACT: This is a review study aimed to describe the changes on a model organism; *Drosophila melanogaster* by taking varies nutrition into the body. Many plants, with the exception of being used naturally, are known to be used in alternative medicine as a drug or antioxidant substance. Depending on the amount of usage; these substances could have an effect of antimicrobial activity, changes on the biological parameters and oxidant- antioxidant effects. It is observed that various chemicals, food additives, spices or flavorings herbs and oils used in traditional or local dishes cause morphological, physiological, biochemical responses on *D. melanogaster*. Determination of safe consumption amount of herbal products added to artificial food is important to human beings affected through the food chain and presents more detailed and required study.

Key Words: Nutrition, *Drosophila*, Herbal products

GİRİŞ

Beslenme, enerjinin besinlerden elde edilerek akışının sağlandığı döngü içinde yer alan fizyolojik bir süreçtir. Canlılar arasında beslenme seviyelerine bağlı olarak değişen bir ilişki bulunmaktadır. Beslenme seviyesi canlının; türüne, beslenme alışkanlığına, yaşama şekli gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. İnsan, hayvan, bitki vb. bütün canlılar arasında hayatın sürdürülebilmesi için yaşadıkları çevre ile de ilişkili olarak ekolojik bir dengenin olduğu görülmektedir.

Beslenme çalışmalarının çoğunda kimyasallar ya da besinlerin hedef/hedef olmayan canlılar üzerinde, çevresel-tarımsal açıdan etkisi açıklanmaya çalışılmıştır. Kimyasallar gibi çeşitli bitkisel ürünlerin (baharat ve tatlandırıcı olarak kullanılan bitkiler, yağları, gıda katkı maddeleri) canlılarda sağlıklı kullanımı için doz-yanıt ilişkisinin belirlenmesi gerekmektedir. Canlıda meydana gelebilecek değişimlerin başarılı şekilde tahmin edilebilmesi için model organizmalar hayati öneme sahiptir (Dahmann, 2008). Bakteri (*Escherichia coli* T. Escherich), maya (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen), bitki [*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.], omurgasız (*Caenorhabditis elegans* Maupas, *Drosophila melanogaster* Meigen) ve omurgalı (*Mus musculus* L.) canlılar model organizma olarak kullanılmaktadır.

Ekolojik denge içinde böceklerin geniş bir yer tutması, besin içeriklerinin direk kontrol altında

tutulabilmesi, besine eklenecek maddelerin kolay uygulanabilir olması (Chapman ve Partridge, 1996; Piper ve ark., 2005a) gibi sebepler; böceklerin beslenme çalışmalarında tercih edilebilirliklerini arttırmaktadır. Beslenme çalışmalarında tercih edilen ve 1901 yılından beri deney hayvanı olarak kullanılan *D. melanogaster*; beslenme, sıcaklık, popülasyon yoğunluğu, radyasyon, nem gibi faktörlerden farklı şekillerde etkilenen ektodermik bir canlıdır (Clark ve Rockstein, 1964; Keser, 2010).

Derleme olarak hazırlanan bu çalışmada, beslenme yoluyla vücuda alınan çeşitli maddelerin *D. melanogaster* üzerinde meydana getirdiği değişimler ve öneminden bahsedilmektedir.

Beslenme Çalışmaları

Etkinliği bilimsel olarak ortaya koyulan bazı besinler (bitki ve ekstraktları, yağları), hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde beslenme desteği olarak kullanılmaktadır. Örneğin yüksek yağlı diyetle beslenen farelerin besinlerine eklenen oleoik asit'in glikoz toleransını arttırdığı ve metabolik bozuklukları önlemede etkili olduğu ifade edilmektedir (Sato ve ark., 2007). Hindilerin besinlerine eklenen zeytin yaprağı ekstraktının (5-10 g) mikrobiyal gelişimi önlediği (Botsoglou ve ark., 2010) ve farelerde ise hiçbir toksik etkisi olmadığı (Christian ve ark., 2004) belirlenmiştir. Farelerde yapılan kalori kısıtlaması deneyleri insan dışındaki diğer primatlarda yaşam süresinin uzamasıyla

ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Sohal ve Weindruch, 1996). Besinlerine İstiridy mantarı [*Pleurotus ostreatus* (Jacq.). P. Kumm.] ekstraktı eklenmesiyle yaşlanan farelerdeki oksidasyonun azalarak antioksidan durumun iyileşeceği belirtilmiştir (Jayakumar ve ark., 2006).

Etki mekanizması belli olmayan besinlerin ise fazla ve bilinçsiz kullanılması ya da besin maddeleri üzerinde bulunan kalıntılar (ilaç, kimyasal); çeşitli şekillerde hayatımıza girerek çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Ratların böceklerle bulaşık buğday unu ile beslenmeleri lipit peroksidasyonunu arttırdığı (Elhassaneen ve Abd El-Moaty, 2003), Alman hamam böceği (*Blattella germanica* L.) ile yapılan deneylerde ise yüksek şeker (0.5 M) ve borik asit (% 2) konsantrasyonlarının böceği besinden uzaklaştırdığı ve dolayısıyla besin almasını önleyici etki yaptığı belirlenmiştir (Gore ve Schal, 2004; Gore ve ark., 2004).

Böylece canlıların sindirim fizyolojisinde oluşabilecek deformasyonlar ve adaptasyonların anlaşılmasını sağlamaktadır. Bu sebepten dolayı sadece besin değil, besinle doğrudan ya da dolaylı ilişkili (temas halinde) olan maddelerin canlıda oluşturacağı morfolojik, fizyolojik ya da biyokimyasal etkilerinin anlaşılma amacı ortaya çıkmaktadır.

Böcek beslenme çalışmalarında genellikle vitaminler, mineraller, katkı maddeleri, çevresel kirlenmeler (metaller, kimyasallar vb.), toksik ya da non-toksik olduğu düşünülen maddeler farklı oranlarda model organizmanın kullandığı besine ilave edilmektedir. Ayrıca böcekler için yapay besin içerikleri oluşturularak, yararlı/zararlı mücadelesinde kitlesel üretim yöntemleri de geliştirilmektedir. Kullanılan bu maddelerin canlının bir ya da birkaç biyolojik döneminde (yumurta, larva, pup, ergin), bazen de bir yada bir kaç nesil boyunca oluşturabileceği etki belirlenmeye çalışılmaktadır. Özellikle holometabol böceklerde larva ve ergin dönemde beslenmede makromolekül düzeylerinin önemi büyüktür (Mair ve ark., 2005). Çünkü besin kaynağında bulunan protein, yağ, karbonhidrat gibi makro moleküllerin miktarı enerjinin elde edilmesi için canlının gelişimiyle korelasyon (negatif yada pozitif) göstermektedir.

Beslenme ve *Drosophila*

Drosophila larvaları ekşiyen meyveler üzerinde geliştigiinden dolayı meyve sinekleri olarak da adlandırılmaktadır. *D. melanogaster*, Drosophilidae familyası içerisinde bulunan türlerden biridir (Wheeler, 1981; Adams ve ark., 2000). Kısa gelişme biyolojisine sahip, nicel olarak beslenme gereksinimi bilinen (Sang, 1956) ve obezite çalışmalarında kullanılan *D. melanogaster*'in; ömür uzunluğu, oksidan-antioksidan denge üzerinde bazı kimyasallar (organik insektisitler gibi) ile, açlık ve aşırı besin alımıyla oluşabilecek etkiler çalışılmaktadır (Tettweiler ve ark., 2005). Ayrıca besin maddelerinin hedef olmayan canlılar ve hedef tarımsal zararlılar üzerinde etkisini anlamak için de *Drosophila* kullanılmaktadır.

Besinlerin kalitesi ve tüketim miktarı strese dirençte önemli bir parametredir. Özellikle larval beslenme ile böceğin farklı biyolojik dönemlerinde stresi tolere ederek üreme için önemli olduğu bilinmektedir (Hoffmann ve Parsons, 1991; Rion ve Kawecki, 2007; Lee ve ark., 2008a; Sisodia ve Sing, 2012). Yeterince besin alamayan ve beslenemeyen larvaların pupa dönemine geçmesi için yeterli vücut büyüklüğüne erişemediği belirtilmektedir (De Moed ve ark., 1999). Ayrıca yeterli ve yetersiz beslenmenin bağışıklığı sağlanmasında ve enfeksiyonla mücadelede önemli olduğu, *D. melanogaster*'de diyetsel glukoz düzeyinin patojeniteye karşı (*Providencia rettgeri*) savunma kalitesini değiştirdiği belirtilmektedir (Unckless ve ark., 2015). Metabolik ve gelişimsel istekler göz önüne alındığında, *Drosophila*'nın genetik çeşitleri arasında nicelik ve nitelik bakımından da geniş bir diyet kompozisyonuna sahip olduğu görülmektedir (Reed ve ark., 2010). Hafif açlık durumunda besin kısıtlamasının sineğin ömrünü uzattığı, ergin bireylerde açlığa direnci arttırdığı bilinmektedir (Piper ve ark., 2005a; Piper ve ark., 2005b; Wenzel, 2006; Burger ve ark., 2007; Smith ve ark., 2007; Sisodia ve Singh, 2012). Açlığa karşı dirençte ise ergin bireylerin lipit miktarı artmaktadır (Driver ve Cosopodiotis, 1979; Sisodia ve Singh, 2012). Ayrıca açlığa direnç eşeyler arasında farklılık göstermekte, yağ/protein oranıyla bağlantılı olarak *Drosophila* dişileri açlığa daha dirençli oldukları ifade edilmektedir (Wang ve ark., 2004). Besin kısıtlaması çalışmalarında 150 g L maya ve şeker kullanıldığında (optimum maya miktarı 100 g L: şeker 50 g L) ömür uzunluğunu arttırdığı görülmektedir (Mair ve ark., 2005; Bass ve ark., 2007). Kalori kısıtlamasına çalışmaları *Drosophila*'nın besininde şeker kısıtlamasına gidilmesi, ömür uzunluğunu arttırdığını göstermektedir (Min ve ark., 2007). Besin ortamına şeker kaynağı olarak sukroz yerine galaktoz konulması; ömür uzunluğunu kısaltıp Malondialdehit (MDA) miktarını arttırdığı, Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin ise azaldığı belirtilmektedir (Jordens ve ark., 1999). *D. melanogaster*'in yapay diyetinde kullanılan maya miktarında kısıtlamaya (20 g L ve daha az) gidilmesi ise ömür uzunluğunu arttırdığı görülmektedir (Chi ve ark., 2014). Böceğin diyetine eklenen A ve E vitaminleri total antioksidan kapasiteyi fazlalaştırırken, C vitamini eklenmesi toksik etkiyi arttırdığı ifade edilmiştir (Bahadorani ve Hilliker, 2008).

Diyetle alınan Protein:Karbonhidrat oranı böceğin yaşamsal özelliklerini etkilemektedir (Lee ve ark., 2008b; Ja ve ark., 2009; Fanson ve Taylor, 2012; Bruce ve ark., 2013; Sentinella ve ark., 2013; Adler ve Bonduriansky, 2014; Unckless ve ark., 2015). Diyetle alınan proteinler insülin sinyalini uyardığı gibi bakteriyel koruyucu özellikte göstermektedir (Wong ve ark., 2014). *Drosophila*'da olduğu gibi diyetle bulunan yağ, karbonhidrat ve protein eksikliği yada dengesizliğinin oluşması; büyüme, üreme ve hayatta kalma gibi birçok yaşamsal özelliği etkilemektedir (Hendrichs ve ark., 1991; Wang ve Clark, 1995;

Andersen ve ark., 2010; Sisodia ve Singh, 2012). Hindistan cevizi yağı (%5-20) ile beslenen dişi sineklerin trigliserit seviyelerinin artarak ömür uzunluklarının kısaltıldığı ifade edilmektedir (Heinrichsen ve Haddad, 2012). Yüksek yağlı diyetle beslenen sineklerde; amino asit miktarının ve protein seviyesinin önemli derecede azaldığı bilinmektedir (Heinrichsen ve ark., 2013). Diyetel olarak alınan yağlardan hayvani yağların (sığır, domuz) ömür uzunluğunu kısalttığı ve böcek için uygun olmadığı ifade edilmiştir (Chapman ve Partridge, 1996; Piper ve ark., 2005a). Ayrıca yüksek yağlı diyetlerin metabolik fenotiplerde popülasyon varyansını arttırdığı görülmektedir (Reed ve ark., 2010).

D. melanogaster üzerinde yapılan besleme çalışmalarına bakıldığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır (Woodruff ve ark., 1985; Gelegen ve Yeşilada, 2000; Demir ve ark., 2008; Sarıkaya ve ark., 2006; Erciyas ve Sarıkaya, 2009; Ertan, 2009; Ridley, 2011; Deepa ve ark., 2012; Altun Çolak, 2013; Benli, 2013; Güneş, 2013; Krishna ve Watson, 2013; Yıldız, 2013; Dayanıklı, 2014; Güler, 2014; Podder ve Roy, 2014; Ünver ve Uysal, 2014).

A) Çeşitli kimyasallar:

- Ağır metal kirliliğine sebep olan Kadmiyum nitrat'ın ergin ömür uzunluğunu kısalttığı,
- Kadmiyum klorür'ün yumurta verimini azalttığı,
- Sentetik insektisit Borik asit'in böceğin besin almasını uyarması sonucu fazla miktarda kimyasal tüketmesine bağlı olarak beslenme fizyolojisinde değişikliklere ve dokularında oksidatif hasara sebep olabileceği,
- Florlu insektisit Kriyolit'in (150 µg) böceği öldürmede etkili olduğu,
- Plastik madde üretiminde ve pestisit olarak kullanılan Dioksin'in total oksidan aktivitenin arttırdığı,
- İlaç olarak kullanılan Klortetraksilin'in (50 µg ve üstü dozlarda) böceğin gelişim süresini uzattığı ve yumurta verimini fazlalastırdığı,
- Polifenollerden olan ve antioksidan özellik gösteren pirogallol'ün (10 ppm) uygulanması böcekte negatif bir etkiye sahip olduğu ve SOD enzim aktivitesini azalttığı,

B) Gıda katkıları:

- Gıda katkı maddesi olarak kullanılan Ferrolaktat'ın (E585) DNA hasarına sebep olduğu,
- Güvenli gıda katkı maddesi olarak bilinen Karvakrol'ün enzim inhibitörü (asetilkolinesteraz) olarak etkisi gösterdiği,
- Çeşitli koruyucu maddelerin (sorbik asit, potasyum sorbat, benzoik asit, sodyum benzoat, potasyum asetat, sodyum metabisüfit, potasyum metabisüfit, sodyum tetraborat, sodyum sülfid ve borik asit) farklı etkilerinin bulunduğu; bu maddelerden en az etkiye potasyum asetat, en fazla etkiye ise sorbik asit'in neden olduğu,
- Gıda koruyucularının bazılarının (sodyum nitrit, sodyum nitrat, potasyum nitrit, potasyum nitrat,

sodyum florür) toksik etki bazılarının ise mutajenik (benzil alkolün) özelliğe sebep olabileceği,

- Gıda boyalarından (eritrosin, indigokarmin, patent blue, amarant, karminik asit) patent blue'nun 25 mg'dan, karminik asit'in 20 mg'dan, eritrosin'in 6 mg'dan, indigolormin'in 2 mg'dan, amarant'ın 10 mg'dan fazla kullanılması böcekte lethal etki gösterdiği,
- Gıdalara aroma vermek amacıyla kullanılan Benzaldehit'in ise mutajenik ve genotoksik olduğu belirlenmiştir.

Bir çok çalışmada; tıbbi değeri olan ve alternatif tıpta da kullanılan çeşitli bitki ekstralarının, bitki yağlarının (kanola, mısır, zeytin yağı, soya, kızartma yağları) genotoksik veya serbest oksijen radikallerini süpürücü molekülleri ile güçlü birer antioksidan kaynağı olarak kullanılması, kromozom hasarı oluşturma yada koruma özellikleri, antimutajenik-antikanserojenik ve fenotipik etkileri *Drosophila*'da test edilmektedir (Evangelista ve ark., 2006; Campos-Sanchez ve ark., 2007; Kounatidis ve ark., 2009; Demir, 2011). Yapılan çalışmalarda besine eklenen maddelerin etkileri aşağıda verilmiştir (Giovannucci ve Stephenson, 1997; Karpouhtsis ve ark., 1998; Lazutka ve ark., 2001; Idaomar ve ark., 2002; Pavlidou ve ark., 2004; Azırak, 2007; Jafari ve ark., 2007; Bahadorani ve Hilliker, 2008; Li ve ark., 2008; Jafari ve ark., 2008; Uysal ve ark., 2009; Sun ve ark., 2010; Peng ve ark., 2012; Altun Çolak, 2013; Sofija ve ark., 2013; Yıldız, 2013; Turna, 2012; Mihajilov-Krstev ve ark., 2014; Güneş ve Nizamhoğlu, 2014; Uzunlar ve ark., 2014; Zhang ve ark., 2014; Güneş, 2015; Lashmanova ve ark., 2015).

A) Bitkiler ve ekstraktları:

- Yulaf unu (*Avena sativa* L.) kullanımı, böceğin diyetel yağ miktarını artırarak lipid peroksidasyonunun arttırmasını sağlayarak total oksidasyon kapasitesini arttırdığı,
- İspanyol kekiği'nin (*Coridothymus capitatus* L. Hoffmann ve Link) esansiyel yağ bileşenlerinden dolayı bir miktar insektisidal etki gösterdiği, fakat *Drosophila*'da genotoksik olmadığı,
- Kaya kekiği olarak da bilinen Zahter (*Thymbra Spicata* L.)'in insektisidal aktiviteye sahipken *Drosophila*'da genotoksik etkiye sahip olmadığı,
- Adaçayı'nın (*Salvia* L.) genotoksik (Letal doz₅₀ %4.2-36.2) olmadığı,
- Böceğe İmidakloprid ve Asetamiprid insektisitlerine karşı bitki ekstraları [*Salvia lavandulifolia* Vahl., *Hypericum scabrum* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.ve *Teucrium orientale* L.] verilmesi (1:1 v/v) artan asetilkolinesteraz (AChE) enzim aktivitesinin azalmasına sebep olduğu,
- Doza bağlı olarak kullanılan dereotu (*Anethum graveolens* L.) *Drosophila*'nın mutasyon sıklığını arttırdığı,
- Altınotu'nun (*Helichrysum* Mill.) uçucu yağ bileşenleri ile sitokrom P-450 enzim sistemini etkileyerek böcekteki mutajeniteyi azalttığı,

- Genotoksik etkisi olmayan Ahlat'ın (*Pyrus elaeagrifolia* Pall.) *Drosophila*'daki mutasyonları azalttığı,
- Aroma verici olarak kullanılan *Artemisia absinthium* L.'un %6.31 oranında kullanılması ve yüksek miktarda *Artemisia dracunculus* Ledeb.'in tüketilmesi böcekte toksik etki yaptığı,
- Kakao'nun böceğin SOD aktivitesini artırarak yaşam süresinde uzamaya sebep olduğu,
- *Lobaria pulmonaria* L. likenin (0.5-2 ml) böceğin ömür uzunluğunu arttırdığı,
- *Rosa damascena* ekstraktı'nın (2.5 gmL) böceğin mortalitesinde azalmaya sebep olduğu,
- Geleneksel Çin tıbbında kullanılan bitki Lu-Duo-Wei ve *Rhodiola* (30 mg) kökü'nün *Drosophila*'nın ömür uzunluğunu ve yumurta verimini artırarak oksidatif hasarı azalttığı,
- Havuç'un, toplanan böcek larva ve pupa sayısını arttırdığı,
- Havuç ve muz denemelerinden havucun böceğin çiftleşmeye etkisini daha başarılı olmasını sağladığı,
- Acai palmye (*Euterpe oleracea* Mart.) meyvesinin yüksek yağlı diyetle böceğe verilmesi ömür uzunluğunu artırarak oksidatif stresi azalttığı,
- Alıç'ın (0.4-0.8 mg) böceğin ömür uzunluğunu ve enzim aktivitesini artırırken MDA miktarını azalttığı,
- Yaban mersini'nin (5 mg) böceğin ömür uzunluğunu uzattığı ve antioksidan enzim aktivitelerini (SOD, CAT) düzenlediği,

B) Bitkisel bileşenler:

- Kekik (*Thymus vulgaris* L.)'in esansiyel yağ bileşeni olan Timol, keklik otu (*Origanum vulgare* L.) ve kekik yağının ana bileşeni olan Karvakrol'ün böceğin AChE enzim inhibitörü olarak etki yaptığı,
- Nane (*Mentha* L.) yağı ve ekstraktlarının böcekte oldukça toksik olduğu, doza bağlı olmadan mutasyonlara sebep olduğu,
- Farklı bitkilerde bulunan doğal fitokimyasal Resvaratol'ün böcekte oluşan oksidatif hasarı (lipid peroksidasyonunu) azalttığı,
- Ayrıca γ -terpinene, α -terpinene, tannic acid, safrole, robinetin, rhamnetin, quercetin, mentol, menton, pulegone, menthofuran, limonene, pinene, pektin, oleoresin, naringin, myristicin, methyleugenol, menton gibi tıbbi ve baharat olarak kullanılan bitkisel komponentlerden terpinen ve p-Cymene'in *Drosophila* için genotoksik olmadığı,
- 1.8-cineole, Carvacrol ve Camphor'un ise insektisit etkiye sahip olduğu,
- Havuç, yosun, turuncu meyve ve sebzelerde bulunan karotenoidlerin (β -karoten, fukosantin) böceğin ömür uzunluğunu %30 artırarak, oksidatif strese direnç göstermede etkili olduğu,

- 0.1 mg Lutein'in *Drosophila*'nın ömür uzunluğunu arttırdığı, SOD ve katalaz (CAT) enzim aktivitesini düzenleyerek MDA seviyesini azalttığı,
- Yeşil çay kateşinleri ve brokoli ekstratlarını içeren %5 yağlı diyetle böceğin beslenmesi; ömür uzunluğunu arttırdığı, total lipid peroksidasyonunu azalttığı, SOD ve CAT aktivitelerinin arttırdığı görülmektedir.

SONUÇ

Omurgasız canlılardan böcekler ve model organizmalar insana benzer homolog bölgeler ve biyokimyasal yolların bulunmasından dolayı birçok omurgalı ve memeli canlı gibi beslenme çalışmalarında tercih edilebilmektedir. Farklı böcek türleri (ipek böceği, arılar, sivrisinek, hamam böceği, karınca, termit, pire, karasinek, balmumu güvesi, meyve sineği) ve beslenme teknikleri esas alınarak tarımsal zararlı böcekler ile mücadele edilmektedir. Bitki ve ekstraktları besinlerle birlikte alınması canlıda oksidatif hasarın önlenmesine yardımcı olurken, yetersiz beslenmeye de sebep olabilmektedir. *D. melanogaster*'in farklı besin tipiyle beslenmesine bağlı olarak yumurta sayısını ayarladığı, larva döneminde alınan besinin pupa ve ergin dönemle ilişkili olduğu ifade edilmiştir. Bu durumun böceğin neslini tehlikeye sokmamak için gerçekleştirildiği düşünülmektedir (Partridge ve ark., 1987). Yapılan bazı çalışmalarda toksik etki yada toksik dozda uygulanan bitkilerin (doğal bitki toksinleri) böceklerin sindirim epitel hücrelerinden emiliminin gerçekleşmediği ve beslenme eksikliğine neden olarak protein miktarlarında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Rharrabe ve ark., 2008). Ayrıca besinsel toksik maddelere karşı böceklerin fizyolojik adaptasyon sergileyerek enzim aktivitelerinde yükselmelerin olduğu da bilinmektedir (Peric-Mataruga ve ark., 1997).

Antibakteriyel, antiviral, antifungal ve antiparazit olarak kullanılan baharatların *D. melanogaster*'in yapay besinine eklenmesi, böcekte doza bağlı olarak genotoksik, mutajenik, insektisidal etki oluşturmaktadır. Çoğunlukla bitkisel ürünler *Drosophila*'da genotoksik özellik göstermeyip, ömür uzunluğunu artırarak oksidatif stresi azaltmada etkili olduğu görülmektedir. Bitkisel ürünler ve baharatlar önce model organizmalarda denenmesi ile hedef olmayan canlılara etkisi azaltılarak, güvenli besinsel kullanım miktarlarının belirlenmesi çevre ve insan açısından önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Adams, M.D., Celniker, S.E., Holt, R.A., Evans, C.A., Gocayne, J.D., Amanatides, P.G. 2000. The Genome Sequence of *Drosophila melanogaster*. Science, 287(5461): 2185-2195.
- 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.

- Altun Çolak, D. 2013. Dioksinlerin Toksik Etkilerinin *Drosophila* Kanat Benek Testi ve Biyokimyasal Yöntemlerle Belirlenmesi ve Bu Etkilerin Farklı Antioksidanlar İle Giderilmesi Üzerine Araştırmalar. AÜ. Fen Bil. Enstitüsü Biyoloji ABD, Doktora Tezi, 171 s.
- Andersen, L.H., Kristensen, T.N., Loeschcke, V., Toft, S., Mayntz, D. 2010. Protein and Carbohydrate Composition of Larval Food Affects Tolerance to Thermal Stress and Desiccation in Adult *Drosophila melanogaster*. *Journal of Insect Physiology*, 56: 336-340.
- Azırac, S. 2007. Thymol ve Carvacrol'un in Vivo Genotoksik Etkilerinin Araştırılması. Ç.Ü.Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Doktora Tezi, 142 s.
- Bahadorani, S., Hilliker, A.J. 2008. Cocoa Confers Life Span Extension in *Drosophila melanogaster*. *Nutrition Research*, 28: 377-382.
- Bass, T.M., Grandison, R.C., Wong, R., Martinez, P., Partridge, L., Piper, M.D.W. 2007. Optimization of Dietary Restriction Protocols in *Drosophila*. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 1071-108.
- Benli, D. 2013. Bazı gıda koruyucularının *Drosophila melanogaster*'in Yaşama Yüzdesi ve Ömür Uzunluğu Üzerine Etkisinin Araştırılması. CÜ. Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji ABD, 101s.
- Botsoglou, E., Govaris, A., Christaki, E., Botsoglou, N. 2010. Effect of Dietary Olive Leaves and/or α -tocopheroyl Acetate Supplementation on Microbial Growth and Lipid Oxidation of Turkey Breast Fillets During Refrigerated Storage. *Food Chemistry*, 121:17-22.
- Bruce, K.D., Hoxha, S., Carvalho, G.B., Yamada, R., Wang, H.D., Karayan, P., He, S., Brummel, T., Kapahi, P., Ja, W.W. 2013. High Carbohydrate-Low Protein Consumption Maximizes *Drosophila* lifespan. *Journal of Experimental Gerontology*, 48: 1129-1135.
- Burger, J.S.M., Hwangbo, D.S., Corby-Harris, V., Promislow, D.E.L. 2007. The Functional Costs and Benefits of Dietary Restriction in *Drosophila*. *Aging Cell*, 6: 63-71.
- Campos-Sanchez, J., Hamss, R.E., Muñoz-Serrano, A., Analla, M., Alonso-Moraga, A. 2007. Antigenotoxicity Studies of Olive Oils. I Congreso de cultura del olivo, Abstract Book, 783-795p.
- 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.
- Chi, W., Zhang, L., Du, W., Zhuang, X. 2014. A Nutritional Conditional Lethal Mutant Due to Pyridoxine 5 Phosphate Oxidase Deficiency in *Drosophila melanogaster*. *G3(Bethesda)*, 4: 1147.
- Christian, M., Sharper, V., Hoberman, A., Seng, J., Fu, L., Covell, D., Diener, R., Bitler, C., Crea, R. 2004. The Toxicity Profile of Hydrolyzed Aqueous Olive Pulp Extract, *Drug and Chemical Toxicology*, 27: 309-330.
- Clark, A.M., Rockstein, M. 1964. Aging in insect. *Physiology of insecta*, 1: 227-281.
- Dahmann, C. 2008. *Drosophila* Methods And Protocols. Humana Press, 1-432pp.
- Dayanıklı, S. 2014. Gıda katkı maddesi ferrolaktat (e585) 'in *Drosophila melanogaster*' de Yaptığı Genotoksik Etkilerin Smart Testi ve Comet Assay Yöntemiyle Belirlenmesi. T.Ü. Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi, 123 s.
- 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*, 852-858.
- Deepa, P.V., Priyanka, V., Swarna, R., Akshaya, S. 2012. Genotoxicity of benzaldehyde in *Drosophila melanogaster* Using the Wing Somatic Mutation And Recombination Test (Smart) and Protein Profiling. *International Journal of Medical And Clinical Research*, 3(6): 195-198.
- Demir, E. 2011. Ayçiçek ve Soya Yağlarının Kızartma ve Kaynatma Ürünlerinin *Drosophila melanogaster*'de Genotoksik Etkilerinin Araştırılması. AÜ. Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Doktora Tezi, 148 s.
- Demir, E., Kocaoğlu, S., Kaya, B. 2008. Genotoxicity Testing of Four Benzyl Derivatives in the *Drosophila* Wing Spot Test. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 1034-1041.
- Driver, C.J., Cosopodiotis, G. 1979. The Effect of Dietary Fat on Longevity of *Drosophila melanogaster*. *Journal of Experimental Gerontology*, 14: 95-100.
- Elhassaneen, Y.A., Abd El-Moaty, A.A. 2003. Blood Oxidant and Antioxidant Status in Rats Feeding with Insect-Infested Wheat Flour. *Pakistan Journal of Biological Science*, 6(15): 1354-1360.
- Erciyas, K., Sarıkaya, R. 2009. Genotoxic Evaluation Of Sodium Fluoride in the Somatic Mutation and Recombination Test (SMART). *Food and Chemical Toxicology*, 47: 2860-2862.
- Ertan, F., 2009. Simetrik Ftalosiyanın Sentezi ve Porfirazin Molekülünün *Drosophila melanogaster* Üzerine Toksik Etkisi. KÜ. Fen Bil. Ens., Kimya ABD, Yüksek Lisans Tezi, 68 s.
- Evangelista, C.M.W., Antunes, L.M.G., Bianchi, M.L.P. 2006. In Vivo Cytogenetic Effects of Multiple Doses of Dietary Vegetable Oils. *Genetics and Molecular Biology*, 29(4): 730-734.
- Fanson, B.G., Taylor, P.W. 2012. Protein:Carbohydrate Ratios Explain Life Span Patterns Found in Queens and Fruit Fly on Diets Varying in Yeast: Sugar Ratios. *Age (Dordr)*, 34: 1361-1368.
- Gelegen, L., Yeşilada, E. 2000. *Drosophila melanogaster*'in Bazı Gelişimsel Özellikleri Üzerine

- Kadmiyum Nitratın Etkisi. Turkish Journal of Biology, 24: 585-591.
- Gioannucci, D.R., Stephenson, R.S. 1997. Identification and Distribution of Dietary Precursors of The *Drosophila* Visual Pigment Chromophore: Analysis of Carotenoids in Wild Type and Ninad Mutants By HPLC. Vision Research, 39: 219-229.
- Gore, J.C., Schal, C. 2004. Laboratory Evaluation of Boric Acid-Sugar Solutions As Baits for Management of German Cockroach Infestation. Journal of Economic Entomology, 97: 581-587.
- Gore, J.C., Zurek, L., Santangelo, R.G., Stringham, S.M., Watson, D.W., Schal, C. 2004. Water Solutions of Boric Acid And Sugar for Management of German Cocroach Populations in Livestock Production System. Journal of Economic Entomology, 97: 715-720.
- Güler, P. 2014. *Drosophila melanogaster*'de Larval ve Ergin Dönem Besin Kısıtlamasının Ömür Uzunluğu Üzerine Etkisinin Araştırılması. HÜ. Fen Bil. Ens., Biyoloji Yüksek Lisans Tezi, 100 s.
- Güneş, E. 2013. Borik Asitin *Drosophila melanogaster*'in Bazı Biyolojik Özellikleri ve Antioksidan Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi. BEÜ. Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Doktora Tezi, 169 s.
- Güneş, E., Nizamlioğlu, H.F. 2014. Oxidative Effects Of Tarragon (*Artemisia dracuncululus* L.) on Different Stages Of *Drosophila melanogaster*. The 62nd annual Meeting of the Entomological Society of America (ESA), 16-19 Kasım, Abstract Book, 153p.
- Güneş, E. 2015. *Drosophila melanogaster*'de Yulaf Unu (*Avena sativa* L.)'nin Total Oksidatif Stres Üzerinde Etkisi. Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi, 6(2): 134-140.
- Heinrichsen, E.T., Haddad, G.G. 2012. Role of High-Fat Diet in Stress Response of *Drosophila*. PLOS one, 7(8): 1-8.
- 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.
- Hendrichs, J., Katsoyannos, B.I., Papaj, D.R., Prokopy, R.J. 1991. Sex Differences in Movement Between Natural Feeding and Mating Sites and Tradeoffs Between Food Consumption, Mating Success and Predator Evasion in Mediterranean Fruit Flies (Diptera: Tephritidae). Oecologia, 86: 223-231.
- Hoffmann, A.A., Parsons, P.A. 1991. Evolutionary Genetics and Environmental Stress. Oxford University Press, Oxford.
- Idaomar, M., El Hamss, R., Bakkali, F., Mezzoug, N., Zhiri, A., Baudoux, D., Munoz-Serrano, A., Liemans, V., Alonsomoraga, A. 2002. Genotoxicity and Antigenotoxicity of Some Essential Oils Evaluated By Wing Spot Test of *Drosophila melanogaster*. Mutation Research, 513: 61-68.
- Ja, W.W., Carvalho, G.B., Zid, B.M., Mak, E.M., Brummel, T. 2009. Water- and Nutrient-Dependent Effects of Dietary Restriction on *Drosophila* Life Span. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106: 18633-18637.
- Jafari, M., Felgner, J.S., Bussel, I.I., Hutchili, T., Khodayari, B., Rose, M.R., Vince-Cruz, C., Mueller, L.D. 2007. Rhodiola: A Promising Anti-Aging Chinese Herb. Rejuvenation Research, 10(4): 587-602.
- Jafari, M., Zarban, A., Pham, S., Wang, T. 2008. *Rosa damascena* Decreased Mortality in Adult *Drosophila*. Journal of Medicinal Food, 11(1): 9-13.
- Jayakumar, T., Thomas, P.A., Geraldine, P. 2006. Protective Effect of an Extract of the Oyster Mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on Antioxidants of Major Organs of Aged Rats. Experimental Gerontology, 42: 183-191.
- 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.
- Karpouhtsis, I., Pardali, E., Feggou, E., Kokkini, S., Scouras, Z. G., Mavragani-Tsipidou, P. 1998. Insecticidal and Genotoxic Activities of Oregano Essential Oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(3): 1111-1115.
- 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.
- Kounatidis, I., Papoti, V.T., Nenadis, N., Franzios, G., Oikonomou, M., Partheniou, F., Tsimidou, M., Mavragani-Tsipidou, P. 2009. Evaluation of Potential Genotoxicity of Virgin Olive Oil (VOO) Using the *Drosophila* Wing-Spot Test. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 7785-7789.
- Krishna, M.S., Watson, V. 2013. The Effect Of Pyrogallol on The Pre-Adult Futures of *Drosophila bipectinata*. *Drosophila* Information Service, 96:157-164.
- Lashmanova, E., Proshkinab, E., Zhikrivetskayaa, S., Shevchenko, O., Marusich, E., Leonov, S., Melerzanov, A., Zhavoronkov, A., Moskalev, A. 2015. Fucoxanthin Increases Lifespan of *Drosophila melanogaster* and *Caenorhabditis elegans*. Pharmacological Research, 100: 228-241.
- Lazutka, J.R., Mierauskien, J., Slapsyte, G., Dedonyte, V. 2001. Genotoxicity of Dill (*Anethum graveolens* L.), Peppermint (*Mentha piperita* L.) and Pine (*Pinus sylvestris* L.) Essential Oils in Human Lymphocytes and *Drosophila melanogaster*. Food and Chemical Toxicology, 39(5): 485-492.
- Lee, K.P., Simpson, S.J., Wilson, K. 2008a. Dietary Protein-Quality Influences Melanization and Immune Function in an Insect. Functional Ecology, 22: 1052-1061.
- Lee, K.P., Simpson, S.J., Clissold, F.J., Brooks, R., Ballard, J.W.O. 2008b. Lifespan and Reproduction

- in *Drosophila*: New Insights From Nutritional Geometry. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105: 2498-2503.
- Li, Y.M., Chan, H.Y.E., Yao, X.Q., Huang, Y., Chen, Z.Y. 2008. Green Tea Catechins and Broccoli Reduce Fat-Induced Mortality in *Drosophila melanogaster*. Journal of Nutritional Biochemistry, 19: 376-383.
- Mair, W., Piper, M.D.W., Partridge, L. 2005. Calories Do Not Explain Extension of Life Span by Dietary Restriction in *Drosophila*. PLoS biology, 3(7): 1305-1311.
- Mihajilov-Krstev, T., Jovanović, B., Jović, J., Ilić, B., Miladinović, D., Matejić, J., Rajković, J., Đorđević, L., Cvetković, V., Zlatković, B. 2014. Antimicrobial, Antioxidative, and Insect Repellent Effects of *Artemisia absinthium* Essential Oil. Planta Med, 80: 1698-1705.
- Min, K.J., Flatt, T., Kulaots, I., Tatar, M., 2007. Counting Calories in *Drosophila* Diet Restriction. Experimental Gerontology, 42: 247-251.
- Partridge, L., Hoffman, A., Jones, S. 1987. Male Size And Mating Success in *Drosophila melanogaster* and *Drosophila pseudoobscura* Under Field Conditions. Animal Behaviour, 35: 468-476.
- Pavlidou, V., Karpouhtesis, I., Franzios, G., Zambetaki, A., Scouras, Z., Mavragani-Tsipidou, P. 2004. Insecticidal and Genotoxic Effects of Essential Oils Of Greek sage, *Salvia fruticosa*, and Mint, *Mentha pulegium*, on *Drosophila melanogaster* and *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). Journal of Agricultural and Urban Entomology, 21(1): 39-49.
- Peng, C., Zuo, Y.Y., Kin, M.K., Liang, Y.T., Ma, K.Y., Chan, H.Y.E., Huang, Y., Yu, H.J., Chen, Z.Y., 2012. Blueberry Extract Prolongs Lifespan of *Drosophila melanogaster*. Experimental Gerontology, 47: 170-178.
- Peric-Mataruga, V., Blagojevic, D., Spasic, M.B., Ivanovic, J., Jankovic-Hladni, M. 1997. Effect of The Host Plant on the Antioxidative Defence in the Midgut of *Lymantria dispar* L. Caterpillars of Different Population Origins. Journal of Insect Physiology, 43: 101-106.
- Piper, M.D.W , Mair, W., Partridge, L. 2005a. Counting the Calories: The Role of Specific Nutrients in Extension of Life Span by Food Restriction. Journal of Gerontology, 60A(5): 549-555.
- Piper, M.D.W., Skorupa, D., Partridge, L. 2005b. Diet, Metabolism And Lifespan in *Drosophila*. Journal of Experimental Gerontology, 40: 857-862.
- Podder, S., Roy, S. 2014. Exposure-dependent Variation in Cryolite Induced Lethality in the Nontarget Insect, *Drosophila melanogaster*. Interdisciplinary Toxicology, 7(1): 17-22.
- Reed, L.K., Williams, S., Springston, M., Brown, J., Freeman, K., DesRoches, C.E., Sokolowski, M.B., Gibson, G. 2010. Genotype-by-Diet Interactions Drive Metabolic Phenotype Variation in *Drosophila melanogaster*. Genetics, 185: 1009-1019.
- Rharrabe, K., Amri, H., Bouayad, N., Sayah, F. 2008. Effects of Azadirachtin on Post-Embryonic Development, Energy Reserves And A-Amylase Activity of *Plodia interpunctella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Products Research, 44: 290-294.
- Ridley, E.V. 2011. The impact of chlortetracycline on *Drosophila melanogaster* and *Aedes aegypti*. University of York, Department of Biology, PhD. Thesis, 281p.
- Rion, S., Kawecki, T.J. 2007. Evolutionary Biology Of Starvation Resistance: What We Have Learned from *Drosophila*. Journal of Evolutionary Biology, 20: 1655-1664.
- Sang, J.H. 1956. The Quantitative Nutritional Requirements of *Drosophila melanogaster*. Journal of Experimental Biology, 45-72.
- Sarıkaya, R., Çakır, Ş., Solak, K. 2006. Gıdalardaki Koruyucu Maddelerin *Drosophila melanogaster*'de (mwh x flr) Ömür Uzunluğuna Etkisi. Kastamonu Eğitim Dergisi, 14(1): 173-184.
- Sato, H., Genet, C, Strehle, A. 2007. Anti-Hyperglycemic Activity of a TGR5 Agonist Isolated from *Olea europaea*. Biochemical and Biophysical Research Communications, 362(4): 793-798.
- 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.
- Sisodia, S., Singh, B.N. 2012. Experimental Evidence for Nutrition Regulated Stress Resistance in *Drosophila ananassae*. Plos One, 7(10): 1-9.
- Smith, E.M., Hoi, J.T., Eissenberg, J.C., Shoemaker, J.D., Neckameyer, W.S. 2007. Feeding *Drosophila* A Biotin-Deficient Diet for Multiple Generations Increases Stress Resistance and Lifespan And Alters Gene Expression and Histone Biotinylation Patterns. Journal of Nutrition, 137: 2006-2012.
- Sofija, P.L., Trajković, J., Savić, T. 2013. Mating Frequency of *Drosophila melanogaster* Strains Reared on Carrot And Banana Diets. *Drosophila* Information Service, 96: 4-6.
- Sohal, R.S., Weindruch, R. 1996. Oxidative Stress, Caloric Restriction, and Aging. Science, 273: 59-63.
- Sun, X., Seeberger, J., Alberico, T., Wang, C., Wheeler, C.T., Schauss, A.G., Zou, S. 2010. Açai Palm Fruit (*Euterpe oleracea* Mart.) Pulp Improves Survival of Flies on a High Fat Diet. Experimental Gerontology, 45: 243-251.
- Tettweiler, G., Miron, M., Jenkins, M., Sonenberg, N., Lasko1, P.F. 2005. Starvation and Oxidative Stress Resistance in *Drosophila* Are Mediated through the Eif4e-Binding Protein, d4E-BP. Genes and Development, 19: 1840-1843.
- Turna, F. 2012. Resveratrol'un *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. Likenin Ömür Uzunluğu Üzerine Etkisi. Tüba Bilim Dergisi, 2(3): 271-276.
- Uzunlar, N., Yavuziğit, B.B., İzgü, D. 2014. Ahlatın Gücü: Ahlat (*Pyrus elaeagrifolia*) Meyve Ekstresinin Antigenotoksik Etkilerinin *Drosophila melanogaster* Üzerinde Kanat Smart Analizi İle Araştırılması. Ted prints. tedankara.k12.tr/445/1/Nilsu_Bilge.pdf. (Erişim tarihi: 01.06.2015).
- Ünver, S., Uysal, H. 2014. Neonikotinoid İnsektisitlere Bağlı Olarak *Drosophila melanogaster*'in AChE Aktivitesinde Meydana Gelen Değişikliklerin Bitkisel Ekstraktlar ile Giderilmesi Üzerine Araştırmalar. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 35(4): 107-116.
- Wang, L., Clark, A.G. 1995. Physiological Genetics of the Response to A High Sucrose Diet By *Drosophila melanogaster*. Biochemical Genetics, 33: 149-165.
- Wang, M.H., Lazebny, O., Harshman, L.G., Nuzhdin, S.V. 2004. Environment Dependent Survival of *Drosophila melanogaster*: A Quantitative Genetic Analysis. Aging, 133-140.
- Wenzel, U. 2006. Nutrition, Sirtuins and Aging. Genetics and Nutrition, 1: 85-93.
- Wheeler, M.R. 1981. The Drosophilidae: A Taxonomic Overview. (The Genetics and Biology of *Drosophila*; J. N. Academic Press INC. Ltd., London, Ed. Ashburner, M., Carsen, H.L., Thompson, J.) 3a: 1-84.
- Wong, A.C.N., Dobson, A.J., Douglas, A.E. 2014. Gut Microbiota Dictates The Metabolic Response of *Drosophila* to Diet. Journal of Experimental Biology, 217: 1894-1901.
- Woodruff, R.C., Mason, J.M., Valencia, R., Zimmering, S. 1985. Chemical Mutagenesis Testing in *Drosophila*. V. Results of 53 Coded Compounds Tested For the National Toxicology Program. Environmental Mutagenesis, 7: 677-702.
- 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.
- Zhang, Z., Han, S., Wang, H., Wang, T. 2014. Lutein Extends The Lifespan Of *Drosophila melanogaster*. Archives of Gerontology and Geriatrics, 58: 153-159.