

Orijinal araştırma (Original article)

Bazı bitki uçucu yağlarının ve monoterpenoid bileşenlerinin Amerikan hamamböceği, *Periplaneta americana* (Dictyoptera: Blattidae), erginlerine karşı fumigant toksisitesi¹

Fumigant toxicity of some plant essential oils and their selected monoterpenoid components against adult American cockroach, *Periplaneta americana* (Dictyoptera: Blattidae)

Yasemin Bengü YILMAZ²

Hasan TUNAZ^{2*}

Summary

The purpose of this study is to examine the fumigant effects of some plant essential oils and their selected monoterpenoid components to American cockroach (*Periplaneta americana*). In this study, *Allium sativum*, *Allium cepa*, *Thymus vulgaris*, *Oregano dubium*, *Rosemarinus officinalis* and *Brassica nigra* essential oils and carvacrol, citronella, allyl isothiocyanate and eugenol were tested on the adults. Responses varied according to plant material, concentration, and exposure time. *B. nigra* plant essential oil and its monoterpenoid component derivate allyl isothiocyanate (100%), *A. sativum* (73%) *O. dubium* (13%) caused mortality of adults at the end of 24 hours exposure time; *B. nigra* plant essential oil and its monoterpenoid component derivate allyl isothiocyanate (100%), *A. sativum* (78%), *A. cepa* (46%), *O. dubium* (13%) and Carvacrol (6%) caused mortality of adults at the end of 48 hours exposure time. The other plant essential oils and their monoterpenoid components showed little or no mortality. The data obtained from this study indicate that *A. sativum*, *B. nigra* plant essential oils and allyl isothiocyanate monoterpenoid component have potential as fumigants for use against *P. americana*.

Key words: Essential oil, Monoterpenoid component, *Periplaneta americana*, *Allium sativum*, *Brassica nigra*, Allyl isothiocyanate

Özet

Bu çalışmada bazı bitki uçucu yağları ve monoterpenoid bileşenlerinin Amerikan Hamamböceği (*Periplaneta americana*) 'ne fumigant etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda *P. americana* erginlerine 24 ve 48 saat maruz bırakma süresinde *Allium sativum*, *Allium cepa*, *Thymus vulgaris*, *Oregano dubium*, *Rosemarinus officinalis*, *Brassica nigra* bitkilerinden elde edilen uçucu yağlar ve Carvacrol, Citronella, Allyl isothiocyanate, Eugenol bileşenleri 5µl l⁻¹ konsantrasyonda test edilmiştir. Kullanılan bitki materyali, konsantrasyon ve maruz bırakma süresinin ölüm oranı üzerine etkisi farklılık göstermiştir. Erginlerde 24 saat maruz bırakma süresi sonunda ölüm oranları, *B. nigra* uçucu yağı ve aynı uçucu yağın ana bileşeni olan Allyl isothiocyanate' da (%100), *A. sativum* (%73) *O. dubium* (%13); 48 saat maruz bırakma süresi sonunda *B. nigra* uçucu yağı ve aynı bitkiden elde edilen Allyl isothiocyanate bileşeninde (%100), *A. sativum* (%78), *A. cepa* (%46), *O. dubium* (%13) ve Carvacrol (%6) olarak kaydedilmiştir. Diğer taraftan, diğer bitkilerinden elde edilen uçucu yağlar ve bileşenler erginler üzerinde düşük ya da hiç toksisite göstermemiştir. Bu çalışmadan elde edilen veriler *P. americana* mücadelesinde *A. sativum* ve *B. nigra* bitki uçucu yağı ile Allyl isothiocyanate bileşeninin potansiyel fumigant olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar sözcükler: Uçucu yağ, Monoterpenoid bileşen, *Periplaneta americana*, *Allium sativum*, *Brassica nigra*, Allyl isothiocyanate

¹ Bu çalışma KSÜ Fen bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda hazırlanan Yüksek lisans tezinin bir bölümüdür ve tez KSÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje no: 2010 / 2 -4YLS)

² KSÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Kahramanmaraş

* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: htunaz@ksu.edu.tr

Alınış (Received): 12.11.2012

Kabul ediliş (Accepted): 16.05.2013

Giriş

Hamamböcekleri ev, lokanta, otel ve benzeri gibi yerlerin mutfak veya yemekhanelerinde bulunan atık, kırıntı, çöplerle besin ihtiyaçlarını karşılarlar. Hayatsal faaliyetlerini bu şekilde sürdürmelerinin yanı sıra, özellikle birçok alanda gezinmelerinden dolayı tezgahlarda bulunan eşyalara patojen mikroorganizmaları taşıyarak çeşitli hastalıklara vektörlük yapmaktadırlar. Bununla birlikte, birçok insanda alerjik etkiye sebep olmakta ve diğer yandan insanlarda astım hastalığını tetikleyebilmektedir. Gıda zehirlenmelerinin %95'i hamam böceklerinin salya, dışkı ve yumurtalarını bıraktığı besin maddelerini insanların tüketmesi ile gerçekleşmektedir. Pislikte ve daha sonra yiyecekler üzerinde gezindiklerinden bakteri ve sporozoaları bulaştırmaları, gezdikleri yerlerde pis bir koku bırakmalarından dolayı tıbbi ve ekonomik bir zararlıdırlar (Roberts, 1996).

Evlerde ve yiyecek, içecek imal edilen bölgelerde zararlı böceklere karşı yoğun şekilde sentetik pestisit uygulaması yapılmaktadır. Geniş spektrumlu sentetik insektisitlerin uzun süre kullanılmasının çevre, insan sağlığı ve faydalı organizmalar üzerine çok zararlı etkileri olduğu bilinmektedir (Pimentel et al., 1992; Mansour et al., 2004). Hamamböcekleri geniş ölçüde kullanılmakta olan insektisitlere dayanıklılık geliştirmişlerdir (Rust & Reiersen, 1991; Dong et al., 1998; Holbrook et al., 1999; Jia Lin et al., 2007). Insektisitlerin insan ve hayvan sağlığı yönünden tehdit oluşturması, doğal dengeye olan zararı ve insektisitlere karşı kazandıkları dayanıklılıktan dolayı hamamböceklerine karşı alternatif mücadele yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Son yıllarda artan çevre bilinci ve pestisitlerin insan sağlığına olan olumsuz etkileri nedeniyle sentetik ilaçlara göre daha çabuk ve kolay parçalanabilen, hedef dışı organizmalara ve çevreye etkisi çok az olan bitkisel kökenli alternatifler aranmaktadır (Arnason et al., 1989; Feng & Isman, 1995; Wewetzer, 1995; Hedin et al., 1997; Momen et al., 1997). Bitkiler zengin biyoaktif kimyasallara sahip oldukları için böcek kontrolünde potansiyel alternatif olabilirler (Kim et al., 2003b). Bitki uçucu yağlarının ve monoterpenoid bileşenlerin birçoğu doğada hızla parçalanır, vücutta ve çevrede birikmez bu yüzden böcek mücadele etmenleri olarak ele alınmaktadırlar (Arnason et al., 1989; Hedin et al., 1997).

Son yıllarda bir çok bitki uçucu yağının ve onların bileşenlerinin insektisit aktiviteleri ile ilgili bir çok çalışma yürütülmüştür (Regnault-Roger et al., 1993; Regnault-Roger & Hamraoui, 1995; Golob et al., 1999; Weaver & Subramanyam, 2000; Kéita et al., 2001; Lee et al., 2001; Andronikashvili & Reichmuth, 2002; Kalinovic et al., 2002; Papachristos & Stamopoulos, 2002; Kim et al., 2003 a). Prakash & Rao (1997) ise sekizyüz altmışaltı bitki türünün böceklerle mücadelede kullanılabilecek 256 aktif madde ürettiğini bildirmiştir. Fakat, hamamböceği mücadelesinde yağların kullanımına dair az sayıda çalışma yapılmıştır (Regnault-Roger et al., 1993; Weaver & Subramenyum, 2000; Lee et al., 2001; Papachristos & Stamopoulos, 2002; Kim et al., 2003b; Park et al., 2006; Rozman et al., 2007). Bitki uçucu yağ ve bileşenlerinin böcek öldürücü aktivitesinden yola çıkarak bunların *P. americana*'ya insektisit etkileri araştırılmış ve pulegone, cavracrol ve thymol bileşenlerinin böcekler üzerinde en yüksek toksik etkiyi verdiği görülmüştür (Tong & Coats, 2010). Bir diğer çalışmada allyl isothiocyanate bileşeni ve sarımsak uçucu yağının *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae) erginlerine karşı yüksek insektisit aktiviteye sahip olduğu ve bu zararlıya karşı potansiyel fumigant olarak kullanılabileceği ortaya çıkmıştır (Tunaz et al., 2009). Karabiber bitkisinden elde edilen bitki uçucu yağı *P. americana* ergin ve nimflerinin mücadelesinde kullanılabileceği açıklanmıştır (Ling et al., 2009). Başka bir çalışmada terpenden ve benzenden elde edilen uçucu yağların *P. americana* ergin dişilerinde kontakt ve fumigant etkisi; nimflerde repellent etkisi incelenmiş, benzenlerin terpenlere göre toksik ve repellent etkiyi daha fazla gösterdiği kaydedilmiş, bileşiklerin aromatik halkalarındaki yan zincirdeki çift bantların ve methoxy grubunun değişmesi repellent ve toksik etkisini önemli derecede değiştirdiği ortaya çıkmıştır (Ngoh et al., 1998).

Böcekler karşı test edilen semiokimyasallar arasında bitki ekstraktları, uçucu yağlar ve olerosinler bulunmaktadır. Bitki uçucu yağları böcekler üzerinde fümigant, kontakt insektisit, repellent (kaçırıcı), attractant (çekici), yumurta bırakmayı ve yemeyi engelleyici etkiler göstermektedir (Isman, 2000; Shaaya et al., 1997; Singh & Singh, 1991; Huang et al., 1997; Stamopoulos, 1991; Weaver & Subramanyam, 2000; Shakarami et al., 2003, 2004; Negahban et al., 2006, 2007).

Böcekler henüz modern teknolojiyle tanışmamış bazı şehirlerde depolanmış tahılların kalite ve kantite azalmasına neden olmaktadır (Gupta et al., 1999). Methyl bromidin kullanımı gelecekte ozon tabakasına verdiği zarar ve yüksek toksisite oluşturması sebebiyle yasaklanmıştır. Depolanmış ürünlerin ilaçlanması amacıyla doğal orijinli ilaçların kullanılması yaygın olarak kapalı alan çalışmaları şeklinde yapılmaktadır (Isman, 2006). *B. germanica* 'nın ergin, ve değişik nimf dönemlerinin her iki cinsiyetinde 12 adet bitki uçucu yağının fumigant etkisi incelenmiş ve böceğin biyolojik dönem farklılıklarında her uçucu yağ için hassas bir değişimin olduğu gözlenmiştir (Phillips & Appel, 2010). Yine *B. germanica*'nın erginlerinde sarımsak uçucu yağı ve allyl isothiocyanate bileşeninin yüksek insektisit etkiye sahip olduğu ve bu böceğin mücadelesinde potansiyel bir fumigant olarak kullanılabilmesi kanısına varılmıştır (Tunaz et al., 2009). Tüm bu uçucu yağların insektisit etkisinden yola çıkarak bu çalışmanın amacı, bazı bitki uçucu yağlarının ve etkili olan bazı monoterpeneoid bileşenlerinin değişik konsantrasyonlarda ve sürelerde Amerikan hamamböceğine karşı fumigant etkinliklerini ortaya koymaktır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Test edilen böcekler

Bu çalışmada ev ve diğer binaların zararlısı olan *Periplaneta americana* (Amerikan hamamböceği) kullanılmıştır. 50 lt' lik plastik kutular içerisinde kültüre alınan *P. americana*, 25 °C sıcaklık ve %60±5 nispi nem ve karanlık ortamda iklim odalarında tutulmuştur. *P. americana*'nın yaşam alanı kovalara yerleştirilen yumurta kutuları ile sağlanmış olup, besin ihtiyacı haftanın 2 günü köpek maması verilerek karşılanmıştır. Su ihtiyacı ise ağız tülle kapatılmış küçük şişeler kova içine yerleştirilerek giderilmiş ve su tüpleri haftanın 3 günü değiştirilmiştir. *P. americana* 'nın ergin dönemleri biyolojik testler için kullanılmıştır.

Test edilen uçucu yağ ve bileşenler

Kullanılan uçucu yağlar ve bileşenleri Çizelge 1'de verilmiş olup, biyolojik testlerde kullanılacakları süreye kadar 4±1°C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Çizelge 1. Test edilen uçucu yağlar ve bileşenleri

Test edilen yağlar ve bileşenler	Elde edilen bitki aksamı	Temin edilen firma
<i>Allium sativum</i> (Sarımsak)	Soğan	Liberty Natural Products
<i>Allium cepa</i> (Soğan)	Soğan	Liberty Natural Products
<i>Thymus vulgaris</i> (Kekik)	Yaprak	Mountain Rose Herbs
<i>Oregano dubium</i> (Beyaz kekik)	Yaprak	ATL
<i>Rosemarinus officinalis</i> (Biberiye)	Çiçek/Yaprak	Liberty Natural Products
<i>Brassica nigra</i> (Hardal)	Tohum	ATL
Carvacrol		Fluka
Citronella		Sigma
Allyl isothiocyanate		Merck
Eugenol		Merck

Biyolojik testler

Biyolojik testler için 50 lt'lik plastik kutular içerisinde kültüre alınan *P. americana*, 25°C sıcaklık ve %60±5 nispi nemde iklim odalarında tutulmuş ve ergin dönemi kullanılmıştır. Yapılan biyolojik testlerde denemeler tek seferde 3 tekerrürlü olarak ele alınmış, ve her tekerrürde 5 adet böcek kullanılmıştır. Denemeler 1 lt'lik cam kavanozlarda yapılmıştır. Kavanoz kapaklarının alt kısmına küçük kurutma kağıtları yapıştırılmış ve konsantrasyon ayarlaması yapılan bitki uçucu yağ ve bileşenleri bu kurutma kağıdı üzerine uygulanmıştır. Denemelerin çevre koşullarından etkilenmemesi için biyolojik testlerin yapıldığı kavanozlar oda sıcaklığında içlerinde besin olacak şekilde muhafaza edilmiştir.

Farklı bitkisel uçucu yağ ve bileşenlerinin fumigasyon yöntemi ile amerikan hamam böceği erginine karşı toksik etkisi

Uygulama, 1 lt'lik kavanozların kapağına yapıştırılmış olan kurutma kağıtlarına mikro pipet ile 5 µl bitki uçucu yağı ya da bileşenlerin emdirilmesi şeklinde yapılmıştır. Denemelerde sarımsak, soğan, kekik, beyaz kekik, biberiye, hardal bitkilerinden elde edilen uçucu yağlar ve carvacrol, citronella, allyl isothiocyanate, eugenol bileşenleri kullanılmıştır. 24 ve 48 saatlik denemeler aynı zamanda ayrı ayrı kurulmuş; 24 ve 48 saat sonunda ölü-canlı sayımı yapılmıştır.

Sarımsak yağı, hardal yağı ve allyl isothiocyanate bileşeninin farklı konsantrasyonlarının amerikan hamam böceği erginine karşı toksik etkisi

Çalışmada, 24 saatlik süre içinde *P. americana* erginlerine sarımsak yağının 1, 5, 10, 15, 20 ve 50 µl l⁻¹; hardal yağının 0.5, 1, 2, 3, 4 ve 5 µl l⁻¹ ve allyl isothiocyanate bileşeninin ise 18 saatteki 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 ve 0.5 µl l⁻¹lik konsantrasyonları tek seferde 3 tekerrür ve her tekerrüre 5 ergin böcek gelecek şekilde uygulanmış, ölü-canlı sayımları yapılmış ve kaydedilmiştir.

Sarımsak uçucu yağı, hardal yağı ve allyl isothiocyanate bileşeninin *p. americana* erginlerine farklı uygulama sürelerinde toksik etkisi

Çalışmada, her zaman aralığı için ayrı grup oluşturularak aynı zamanda başlanıp; sarımsak yağının 20 µl l⁻¹ sabit konsantrasyonda *P. americana* erginlerine 3, 6, 9, 12, 18 ve 24 saat sonra etkileri; hardal yağının 2µl l⁻¹ sabit konsantrasyonda 3, 6, 9, 12, 18 ve 24 saat sonra etkileri ve allyl isothiocyanate bileşeninin ise 0.5 µl l⁻¹ sabit konsantrasyonda 3, 6, 9, 12, 18 ve 24 saat sonra etkileri ölü canlı sayımı yapılarak test edilmiş ve farklı zaman aralıklarındaki ölümler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Buna ek olarak testlerde kullanılan uçucu yağ ve bileşenlerinin LT₅₀ ve LT₉₀ değerleri hesaplanmıştır.

Letal sürenin belirlenmesi

Uygulama sonucu çıkan veriler Arcsin transformasyonuna (Zar, 1996) tabi tutularak , tek yönlü varyans analizi (SAS, 1989) uygulanmış ve %5 'lik LSD testine göre kıyaslanmıştır. % 50 veya üzerinde ölüme sebep olan yağ ve bileşenlerin letal süre değerinin tespiti için POLO-PC (LeOra Software, 1987) programı kullanılarak probit analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları LT₅₀, LT₉₀ ve LC₅₀ LC₉₀ değerlerinin alt ve üst güvenlik aralıklarına göre değerlendirilmiştir.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Farklı bitkisel uçucu yağ ve bileşenlerin fumigasyon yöntemi ile amerikan hamam böceği erginine karşı toksik etkisi

Çizelge 2'de görüldüğü gibi uygulanan bitki uçucu yağları ve bileşenler *P. americana* erginlerinde farklı etkiler göstermiştir. Buna göre; ergin dönemde ele alınan bileşikler bakımından 24 saatlik süre

sonunda en yüksek etki *Brassica nigra* uçucu yağı ve bu bitkinin bileşenlerinden biri olan allyl isothiocyanate bileşeninde görülürken (%100 ölüm), bunları %73 ölümle *Allium sativum* uçucu yağı takip etmiş, *Oregano dubium* uçucu yağında ise %13 ölüm görülmüştür. Ele alınan diğer bileşenlerde ve uçucu yağlarda ise 24 saatlik süre sonunda herhangi bir ölüm gözlenmemiştir. Kırksekiz saatlik süre zarfında yine en yüksek etki *B. nigra* uçucu yağı ve aynı bitkiden elde edilen allyl isothiocyanate bileşeninde (%100 ölüm), bunu %73 ölüm ile *A. sativum*, %46 ölüm ile *Allium cepa*, %13 ölüm ile *O. dubium* ve en düşük ölüm oranı olan %6 ile cavarcol bileşeni takip etmiştir. Ele alınan diğer bileşen ve bitki uçucu yağlarında ise herhangi bir ölüm gözlenmemiştir

Çizelge 2. *Periplaneta americana* erginlerine karşı bazı uçucu yağların ve moterpenoid bileşiklerin fumigant toksisiteleri

Uçucu yağlar ve bileşikler (5 µl l ⁻¹)	% Ölüm ±SH	
	24 Saat	48 Saat
<i>Allium sativum</i>	73±13b	73± 13b
<i>Allium cepa</i>	0 ± 0c	46±6c
<i>Thymus vulgaris</i>	0±0c	0±0d
<i>Oregano dubium</i>	13 ±13c	13 ±13d
<i>Rosemarinus officinalis</i>	0 ± 0c	0±0d
<i>Brassica nigra</i>	100±0a	100±0a
Allyl isothiocyanate	100±0a	100±0a
Eugenol	0 ± 0c	0 ± 0d
Carvacrol	0 ± 0c	6 ±6d
Citronella	0 ±0c	0 ± 0d
Kontrol	0 ± 0c	0±0 d

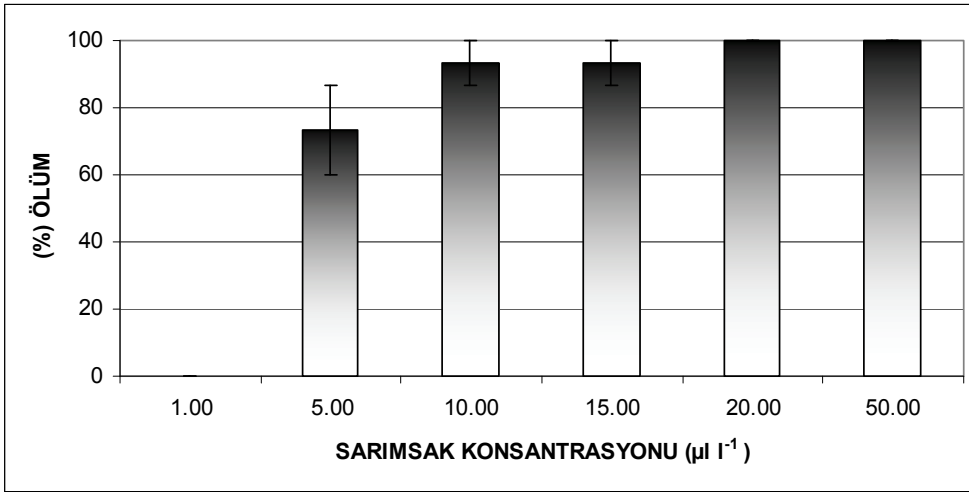
* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.0001$).

Sarımsak yağı, hardal yağı ve allyl isothiocyanate bileşeninin farklı konsantrasyonlarının amerikan hamam böceği erginine karşı toksik etkisi

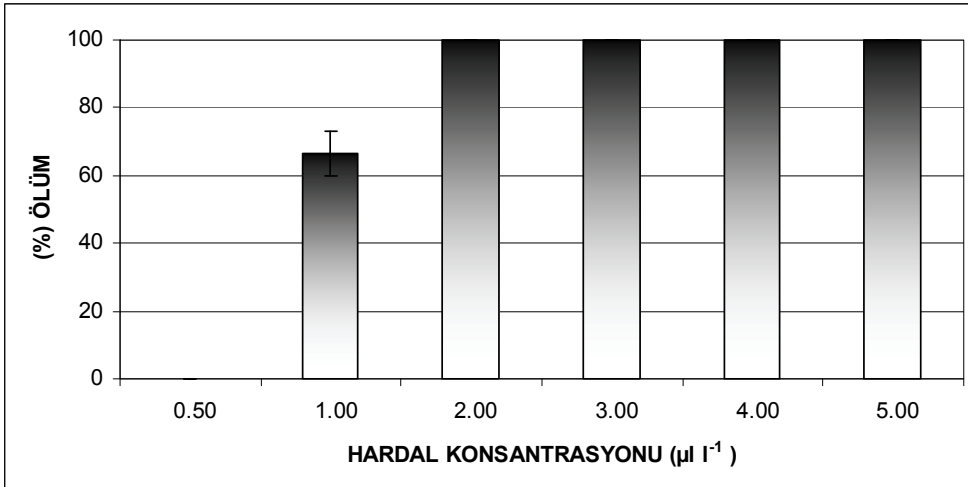
Sarımsak bitkisinden elde edilen uçucu yağın *P. americana* erginlerine karşı farklı konsantrasyonlardaki etkileri Şekil 1'de verilmiştir. Yapılan gözlemlerde konsantrasyon arttıkça ölüm oranı artmıştır. Biyolojik testler sonucunda 1 µl l⁻¹ konsantrasyonda ölüm gözlenmezken, 5, 10 ve 15 µl l⁻¹ konsantrasyonlar %73-94 toksik etki göstermiştir. %100'lük ölüm miktarı ise 20 ve 50 µl l⁻¹ konsantrasyonlarının kullanılmasıyla elde edilmiştir.

Hardal bitkisinden elde edilen uçucu yağın *P. americana* erginlerine karşı farklı konsantrasyonlardaki etkileri Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre 0.5 µl l⁻¹ konsantrasyonda ölüm sağlanamazken, 1 µl l⁻¹lik konsantrasyonda %66 ölüm kaydedilmiştir. Bu uygulama devamında hardal uçucu yağının konsantrasyonları yükseltilecek kullanılmış ve %100 ölüm sonucu 2,3,4 ve 5 µl l⁻¹lik konsantrasyonlarda kaydedilmiştir. 2 µl l⁻¹ konsantrasyon %100 ölüme sebep olduğu için daha yüksek konsantrasyonların kullanımının gereksiz ilaç kullanımına sebep olacağı kanısına varılmıştır.

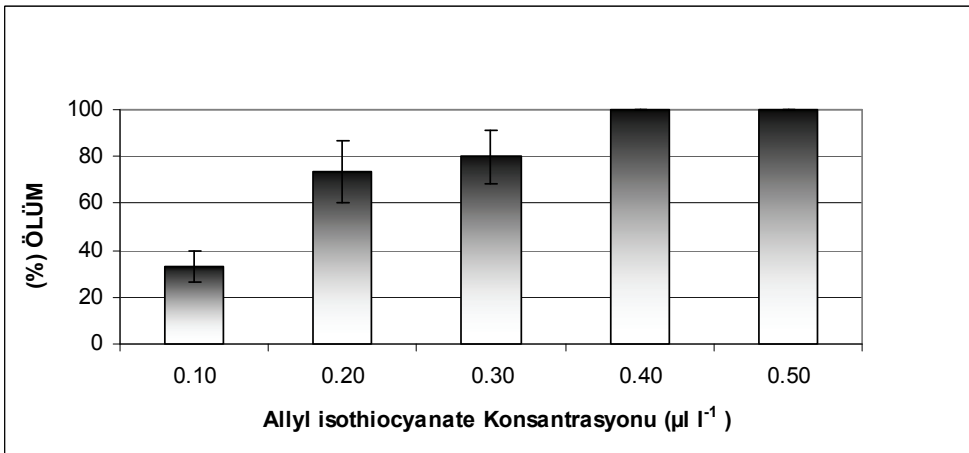
Allyl isothiocyanate bileşeninin farklı konsantrasyonlarının *P. americana* erginlerine fumigant etkisi Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde konsantrasyon arttıkça ölüm oranının arttığı görülmüştür. Testlemelerde 18 saat süre baz alınmış olup sonuç olarak %100 toksik etkiyi 0.4-0.5 µl l⁻¹ gösterirken bu konsantrasyonları %80 ölüm sağlayan 0.3 µl l⁻¹ takip etmiştir. Bileşenin 0.1-0.2 µl l⁻¹lik konsantrasyonları ise popülasyon ölümünde %33 - %70 oranında etkili olmuştur.



Şekil 1. Sarımsak uçucu yağının 24 saat maruz bırakma süresinde farklı konsantrasyonlarının *P. americana* erginlerinde meydana getirdiği ölüm (%).



Şekil 2. Hardal uçucu yağının 24 saat maruz bırakma süresinde farklı konsantrasyonlarının *P. americana* erginlerinde meydana getirdiği ölüm (%).



Şekil 3. Allyl isothiocyante bileşeninin 18 saat maruz bırakma süresinde farklı konsantrasyonlarının *P. americana* erginlerinde meydana getirdiği ölüm (%).

Bazı Bitki Uçucu Yağları ve Bileşenlerinin Amerikan Hamamböceği Erginlerine Karşı LT₅₀ ve LT₉₀ Değerleri

Yapılan testlerin sonucuna göre Amerikan Hamamböceğinin bazı biyolojik dönemlerinde %50 ve üzeri toksik etkili olduğu düşünülen sarımsak uçucu yağı (20µl l⁻¹) ve hardal uçucu yağı (2µl l⁻¹) ile allyl isothiocyanate bileşeninin (0.5µl l⁻¹) sabit konsantrasyonlarının LT₅₀ ve LT₉₀ değerlerini belirlemek için biyolojik testler yürütülmüştür.

Bu doğrultuda sarımsak ve hardal uçucu yağı ile allyl isothiocyanate bileşeninin LT₅₀ ve LT₉₀ değerleri Çizelge 4 'de verilmektedir. Hardal (9.95 saat), allyl isothiocyanate (7.94 saat), sarımsak (6.66 saat) *P. americana* erginlerinin %50'sinin ölümüne 10 saatten daha kısa sürede neden olmuştur. Yağ ve bileşenlerin LT₅₀ değerleri karşılaştırıldığında ise erginler üzerinde en hızlı toksisite oranına sahip olanın sarımsak uçucu yağı olduğu, hardal ve allyl isothiocyanate bileşeninin daha uzun sürede etkili olduğu belirlenmiştir.

LT₅₀ değerlerine bakıldığında, sarımsak uçucu yağı ile allyl isothiocyanate bileşeninin ve hardal uçucu yağı ile allyl isothiocyanate bileşeninin alt-üst güven aralıklarının çakıştığı, bu nedenle de aynı ergin toksisite süresine sahip oldukları; sarımsak ve hardal uçucu yağlarının alt-üst güven aralıklarının çakışmadığı ve bu sebeple farklı toksisiteye sebep oldukları belirlenmiştir.

P. americana erginlerinin %90'ının ölümüne hardal uçucu yağı (18.44 saat), allyl isothiocyanate bileşeni (16.86 saat), sarımsak uçucu yağı (9.72 saat) süreleri ile etkili olmuşlardır. Uçucu yağlar ve bileşeninin LT₉₀ değerlerinin alt-üst limitleri karşılaştırıldığında en hızlı toksik etkiyi sarımsak uçucu yağının sağladığı, sarımsak uçucu yağı ile allyl isothiocyanate bileşeninin ve hardal uçucu yağı ile allyl isothiocyanate bileşeninin alt-üst güven aralıklarının çakıştığı için toksisite sürelerinin aynı seviyede olduğu; sarımsak ve hardal uçucu yağlarının alt-üst güven aralıklarının çakışmadığı ve bu sebeple farklı toksisite sürelerine sahip oldukları belirlenmiştir.

Çizelge 4. Bazı uçucu yağ ve bileşenlerin *P. americana* erginlerine karşı LT₅₀ ve LT₉₀ değerleri

Uçucu Yağlar ve Bileşenler	n ^a	EĞİM ± SH	LT ₅₀ (saat) (Alt-üst güvenlik aralığı) ^b	LT ₉₀ (saat) (Alt-üst güvenlik aralığı) ^b	χ ^{2c}
Hardal	90	4.78±0.89	9.95 (7.69-12.47)	18.44 (14.28-32.97)	23.01
Sarımsak	90	7.80±1.81	6.66 (5.47-7.64)	9.72 (8.39-12.94)	11.50
Allyl isothiocyanate	90	3.92±0.69	7.94 (5.83-10.29)	16.86 (12.52-31.92)	23.18

^a : Toplam test edilen birey sayısı

^b : Alt-üst güven aralığı (%95 önem seviyesinde)

^c : Chi-square değeri.

Sonuç olarak, sabit maruz bırakma süresinde, bazı uçucu yağların farklı konsantrasyonları *P. americana* erginleri üzerinde önemli bir öldürücü etkiye sahip olmuştur. Elde edilen veriler bitkinin çeşidine ve kullanılan bileşiğe göre değişim göstermiştir. Ergin döneminde sarımsak ve hardal uçucu yağı ile birlikte allyl isothiocyanate bileşeni en yüksek toksisiteyi sağlamıştır. Allyl isothiocyanate bileşiğinin hardal bitkisinden elde edilmiş olması ve bu iki maddenin de böceğin erginlerine etkili olması bitki bileşenleri ile daha fazla çalışma yapılabileceği konusunu gündeme getirmiştir. Hamam böceği mücadelesinde yağların kullanımına dair az sayıda çalışma olmasına rağmen bitki uçucu yağ ve bileşenlerinin böcek öldürücü aktivitesinden yola çıkarak bunların *P. americana*'ya insektisit etkileri araştırılmış ve pulegone, cavracrol ve thymol bileşenlerinin böcekler üzerinde en yüksek toksik etkiyi verdiği görülmüştür (Tong & Coats, 2010). Bir diğer çalışmada allyl isothiocyanate bileşeni ve sarımsak uçucu yağının *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera:Blattellidae) erginlerine karşı yüksek insektisit

aktiviteye sahip olduğu ve bu zararlıya karşı potansiyel fumigant olarak kullanılabilmesi ortaya çıkmıştır (Tunaz et al., 2009). Karabiber bitkisinden elde edilen bitki uçucu yağı *P. americana* ergin ve nimflerinin mücadelesinde kullanılabilmesi açıklanmıştır (Ling et al., 2009). Özellikle Tunaz et al. (2009) çalışmasına göre allyl isothiocyanate bileşeni ve sarımsak uçucu yağının *B. germanica* erginlerine karşı yüksek insektisit aktiviteye sahip olduğunu göstermesi ve benzer olarak bizim çalışmamızda yine *P. americana*'nın ergin döneminde sarımsak ve hardal uçucu yağı ile birlikte allyl isothiocyanate bileşeni en yüksek toksisiteyi sağlaması sarımsak uçucu yağı ve allyl isothiocyanate bileşeninin farklı böceklerde oldukça toksik etkiye sahip olması sebebiyle başka çalışmalara kaynak oluşturabileceği göstermiştir.

Bununla birlikte bu çalışmada uygulaması yapılan diğer uçucu yağ ve bileşenler böceğin kullanılan dönemi üzerinde önemli derecede etkili olmamıştır. Biyolojik testlerde kullanılan bu üç etkili maddenin konsantrasyon arttıkça ölüm oranının da arttığı görülmüştür. Bununla ilişkili olarak ticari amaçlı kullanılan fumigantlarla (metil bromid ve alüminyum-fosfin) yapılan biyolojik testler sonucunda uygulama dozu maruz bırakma süresi ile ölüm oranı arasında paralel bir ilişki olduğu ortaya konmuştur (Lindgren & Vincent, 1965; Bang & Telford, 1966; Bell, 1978; Williams, 1985).

Elde edilen verilere bakılarak, *P. americana* ergin dönemine karşı fumigant etkiye sahip ve popülasyonun %90'ının ölümüne bir günden daha kısa sürede sebep olan sarımsak yağı, hardal yağı ve allyl isothiocyanate bileşeninin, sentetik insektisitlere biyo-fumigant olarak potansiyel alternatif olabileceği düşünülmektedir. Ancak; bu uygulamanın yapıldığı yerlerin kapalı alan ya da insanların daimi olarak kullandıkları yerler (ev, pastane, lokanta vs.) olmasından dolayı, etrafa yaydıkları keskin ve hoş olmayan kokuya sahip olmaları bu bileşiklerin kullanımında zorluk çıkarabilmektedir. Özellikle sarımsak ve soğan gibi rahatsızlık verici kokuya sahip bileşiklerin rahatlıkla kullanılabilmesinin sağlanması için; etki alanındaki böceklere toksisitesi, üründe oluşturabileceği kantite ve kalite kaybı, kullanım şeklinin ve konsantrasyonun belirlenebilmesi için detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmanın; insan ve yaşadığı çevreye zararlı yönleri birçok çalışmada ortaya çıkarılmış olan sentetik ilaçların kullanımını azaltacak, biyolojik olarak test edilmiş ve edilecek olan diğer biyo- fumigant çalışmalarına katkı sağlayabileceği görülmüştür.

Yararlanılan kaynaklar

- Andronikashvili, M. & Ch. Reichmuth, 2002. "Repellency and Toxicity of Essential Oils from *Ocimum gratissimum* (Lamiaceae) and *Laurus nobilis* (Lauraceae) from Georgia Against The Rust-red Flour Beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), 749–762". In: Advances in Stored Products Protection (Eds: P.F. Credhont, D.M. Armitage, C.H. Bell, P.M. Cogan & E. Highley). Proceedings of the Eighth International Working Conference of Stored Product Protection, CAB International, Wallingford, Oxon, York, UK.
- Arnason, J.T, B.J.R. Philogene & P. Morand, 1989. Insecticides of Plant Origin. ACS Symp Ser. No 387. American Chemical Society, Washington, Dc, USA, 213 p.
- Bang, Y.H., & H.S. Telford 1996. Effect of sub-lethal doses of fumigants on stored-grain insects. Pulman, Washington Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin No: 50
- Bell, C.H. 1978. "Limiting concentrations for fumigant efficiency in the control of insect pests, 182-192". In: Proceedings of the Second International Working Conference on Stored-Product Entomology (Ed: R. Davis), (10-16 September), Ibadan, Nigeria.
- Dong, K., S.M. Valles, M.E. Scharf, B. Zeichner & G.W. Bennett, 1998. The knockdown resistance (kdr) mutation in pyrethroid-resistant german cockroaches. Pesticide Biochemistry Physiology, 60: 195-204.
- Feng , R. & M.B. Isman, 1995. Selection for resistance to Azadirachtin in the green peach aphid, *Myzus persicae*. Experientia, 51: 831-833.
- Golob, P., M. Dales, A. Fidgen, J. Evans & I. Gudrups, 1999. The use of spices and medicinals as bioactive protectants for grains. FAO Agricultural Services Bulletin No. 137, Viale delle Terme di Caracalla, Rome, Italy (Web page: /http://www.fao.org/docrep/x2230e/x2230e00.htmS.) (Date accessed: October, 2012)

- Gupta, A.K., S.R. Behal, B.K. Awasthi & R.A. Verma 1999. Screening of some maize genotypes against *Sitophilus oryzae*. Indian Journal of Entomology, 61: 265-268.
- Hedin, P.A., R.M. Hollingworth, E.P. Masler, J. Miyamoto & D.G. Thompson, 1997. Phytochemicals for Pest Control, ACS Symp Ser. No 658. American Chemical Society, Washington, Dc, USA, 372pp.
- Holbrook, G.L., J. Roebuck, C.B. Moore & C. Schal, 1999. "Prevalence and magnitude of insecticide resistance in the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae), 141-145". Proceedings of the 3rd International Conference of Urban Pests (Eds: W. H. Robinson, F. Rettich & G. W. Rambo), Graficke Zavody Hronov, Prague, Czech Republic.
- Huang, Y., J.M. W.L. Tan, R. M. Kini & S. H. Ho 1997. Toxic and antifeedant action of nutmeg oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. Journal of Stored Products Research, 33:289-298.
- Isman, M.B., 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection, 19: 603-608.
- Isman, M.B., 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu. Rev. Entomol. 51: 45-66.
- JiaLin, Z., W. MingSheng & C. JianMing, 2007. Resistance investigation of *Blattella germanica* to six insecticides and control strategy in Hefei city, Chinese. J. Vector Biology and Control. 18: 98-99.
- Kalinovic, I., V. Rozman, V. Guberac & S. Maric, 2002. Insecticidal activity of some aromatic plants from Croatia against lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica* F.) on stored wheat, 768-775". In: Advances in Stored Products Protection (Eds: P.F. Credland, D.M. Armitage, C.H. Bell, P.M. Cogan & E. Highley). Proceedings of the Eighth International Working Conference of Stored Product Protection. CAB International, Wallingford, Oxon, York, UK.
- Ke'ita, S.M., C. Vincent, J.P. Schmit, J.T. Arnason & A. Be' langer, 2001. Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research, 37: 339-349.
- Kim, S.I., C. Park, M.H. Ohh, H.C. Cho & Y. J. Ahn, 2003 a. Contact and fumigant activities of aromatic plants extracts and essential oils against *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae). Journal of Stored Products Research, 39: 11-19.
- Kim, S., J.Y. Roh, D. Kim, H. Lee & Y. Ahn, 2003 b. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. Journal of Stored Products Research, 39: 293-303.
- Lee, S.E., B.H. Lee, W.S. Choi, B.S. Park, J.G. Kim & B.C. Campbell, 2001. Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). Pest Management Science, 57: 548-533.
- Leora Software. 1987. Polo-PC. A User's Guide to Probits or Logits Analysis. LeOra Software, Berkeley, CA.
- Lindgren, D.L. & L.E. Vincent, 1965. The susceptibility of Laboratory and field cultures of *Tribolium confusum* and *T. castaneum* to ethylene dibromide, HCN and methyl bromide. Journal of Economic Entomology, 58:551-556.
- Ling, A. I., S. Sulaiman & H. Othman, 2009. In vitro evaluation of *Piper aduncum* Linn. essential oil (Fam: Piperaceae) against *Periplaneta americana* (L.). Iranian Journal of Arthropod-Borne Diseases 3(2): 1-6
- Mansour, F., H. Azaizeh, B. Saadf, Y. Tadmor, F. Abo-Moch & O. Said, 2004. The potential of Middle eastern flora as a source of new safe bio-acaricides to control *Tetranychus cinnabarinus*, the Carmine spider mite. Phytoparasitica, 32: 66-72.
- Momen, F.M., A.S. Reda & A. Amer, 1997. Effect of neem azal-F on *Tetranychus urticae* and three predacious mites of the family Phytoseiidae. Acta Phytopathologica Et Entomologica Hungarica, 32: 355-362.
- Negahban, M., S. Moharrampour & F. Sefidkon, 2007. Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. Journal of Stored Products Research, 43: 123-128.
- Negahban, M., S. Moharrampour & F. Sefidkon, 2006. Insecticidal activity and chemical composition of *Artemisia sieberi* Besser essential oil from Karaj, Iran. Journal of Asia- Pacific Entomology, 9: 61-66.
- Ngoh, S.P., L.E.W. Choo, F.Y. Pang, Y. Huang, R. Manjunatha, M.R., Kini & S.H. Ho, 1998. Insecticidal and repellent properties of nine volatile constituents of essential oils against the American cockroach, *Periplaneta americana* (L.). Pesticide Science, 54: 261-268.
- Papachristos, D.P. & D.C. Stamopoulos, 2002. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Product Research, 38: 117-128.

- Park, I.K., K.S. Choi, D.H. Kim, I.H. Choi, L.S. Kim, W.C. Bak, J. W. Choi & S.C. Shin, 2006. Fumigant activity of plant essential oils and components from horseradish (*Armoracia rusticana*), anise (*Pimpinella anisum*) and garlic (*Allium sativum*) oils against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae). *Pest Management Science*, 62: 723-728.
- Phillips A. K. & A. G. Appel, 2010. Fumigant toxicity of essential oils to the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*, 103(3):781-790.
- Pimentel, D., H. Acquary, M. Biltonen, P. Rice, M. Silva, J. Nelson, V. Lipner, S. Giordano, A. Horowitz & M. D'Amore, 1992. Environmental and economic costs of pesticide use. *Bioscience*, 42: 750-760.
- Prakash, A. & J. Rao, 1997. *Botanical Pesticides in Agriculture*: CRC Pres, New York, pp: 893.
- Regnault-Roger, C., A. Hamraoui, M. Holeman, E. Theron & R. Pinel, 1993. Insecticidal effect of essential oils from Mediterranean plants upon *A. obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Chemical Ecology* 19: 1231-1242.
- Regnault-Roger, C. & A. Hamraoui, 1995. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Stored Products Research*, 31: 291-299.
- Roberts, J., 1996. Cockroaches linked with asthma, *Br. Med. J.* 312: 1630-1637.
- Rozman, V., I. Kalinovic & Z. Korunic, 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 43: 349-355.
- Rust, M.K. & D.A. Reiersen, 1991. Chlorpyrifos resistance in German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) from restaurants. *Journal of Economic Entomology*, 84: 736-740.
- Sas Institute Inc., 1989. SAS/STAT^R User's Guide, Version 6,4th Ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Shaaya, E., M. Kostjukovski, J. Eilberg & C. Sukprakarn, 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33: 7-15.
- Shakarami, J., K. Kamali, S. Moharramipour & M. Meshkatsadat, 2003. Fumigant toxicity and repellency of essential oil of *Artemisia aucheri* on four species of stored pest. *Applied Entomology and Phytopathology*, 71: 61-75.
- Shakarami, J., K. Kamali, S. Moharramipour & M. Meshkatsadat, 2004. Effects of three plant essential oils on biological activity of *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera:Bruchidae). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 35: 965-972.
- Singh, D. & A.K. Singh, 1991. Repellent and insecticidal properties of essential oils against housefly, *Musca domestica* L. *Insect Science and its Application*, 12: 487-491.
- Stamopoulos, D.C., 1991. Effects of four essential oil vapours on the oviposition and fecundity of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae): Laboratory evaluation. *Journal of Stored Products Research*, 27: 199-203.
- Tong, F. & J.R. Coats, 2010. Effects of monoterpenoid insecticides on [³H]-TBOB binding in house fly GABA receptor and 36Cl⁻ uptake in American cockroach ventral nerve cord. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 98: 317-324.
- Tunaz, H., M.K. Er & A.A. Işıkber, 2009. Fumigant toxicity of plant essential oils and selected monoterpenoid components against the adult German cockroach, *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae). *Turkish Journal of Agricultural and Forestry* 33: 211-217.
- Weaver, D.K. & B. Subramanyam, 2000. "Botanicals, 303-320". In: *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM* (Eds: B. Subramanyam & D.W. Hagstrum). Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, USA...
- Wewetzer, A., 1995. Callus cultures of *Azadirachta indica* and their potential for the production of azadirachtin. *Phytoparasitica*, 26: 47-52.
- Williams, P., 1985. Toxicity of methyl bromide in carbon dioxide enriched atmospheres to beetles attacking stored grain. *General Applied Entomology*, 17:17-24.
- Zar, J.H., 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey, U.S.A.