

Bazı bitki uçucu yağlarının ***Sitophilus oryzae* L.**,
***Sitophilus granarius* L.** (Col.: Curculionidae) ve
***Acanthoscelides obtectus* Say.** (Col.:
Bruchidae)'a karşı fumigant etkileri*

Ömer Cem KARAKOÇ**

Ayhan GÖKÇE**

İsa TELCİ***

Summary

Fumigant activity of some plant essential oils against *Sitophilus oryzae* L., *Sitophilus granarius* L. (Col.: Curculionidae) and *Acanthoscelides obtectus* Say. (Col.: Bruchidae)

In this study fumigant toxicities of *Salvia officinalis* L. (Labiatae), *Cuminum cyminum* L. (Apiaceae), *Anethum graviolens* L. (Apiaceae), *Mentha spicata spicata* L. (Labiatae), *Micromeria fruticosa brachycalyx* P.H. Davis (Labiatae) and *Ocimum minimum* L. (Labiatae) essential oils were evaluated against three important stored product insects, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius* and *Sitophilus oryzae*, under laboratory conditions. In single dose screening test, fumigant toxicities of essential oils were tested at three different temperatures, 10, 20 and 30 °C. The results showed that *M. spicata spicata* and *M. fruticosa brachycalyx* had high fumigant toxicities to all tested insect species by 100% mortality in 24 hours. In bioassay of experiments, dose-mortality studies were carried out with the promising essential oils at 20 °C. *C. cyminum* for *A. obtectus* (LC₅₀ = 29,01 µl/l), *A. graviolens* for *S. granarius* (LC₅₀ = 80,40 µl/l) and *M. fruticosa brachycalyx* for *S. oryzae* (LC₅₀ = 32,25 µl/l) appeared to be the most active essential oils.

Key words: *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae*, essential oil, fumigant

Anahtar sözcükler: *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae*, uçucu yağlar, fumigant

* Bu çalışma Ömer Cem Karakoç'un yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

** Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 60240 Tokat
e-posta: omercem78@hotmail.com

*** Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, 60240 Tokat

Alınış (Received): 28.04.2006

Giriş

Günümüzde bitki ekstraktlarının tarımsal üretimde kayıplara neden olan hastalık ve zararlıların kontrolünde kullanımı ile ilgili araştırmalar artarak devam etmektedir. Uçucu yağlar en çok üzerinde çalışma yapılan bitkisel orijinli kimyasallardan olup bu maddelerin çeşitli etkileri depo zararlıları özellikle de Curculionidae ve Bruchidae familyalarına ait olan türler üzerinde test edilmektedir (Shaaya et al., 1991, Huang et al. 1997, Keita et al., 2001, Kim et al., 2003, Lee et al., 2004, Papachristos et al., 2004). Bunun sebepleri olarak; bu familyalara ait olan türlerin geniş bir konukçu dizisine sahip olmaları, depolanmış ürünlerde genellikle primer zararlı konumunda olmaları, yeryüzünde geniş alanlara yayılmış olmaları, kısa sürede çok sayıda döl vermeleri, buna bağlı olarak kullanılan kimyasallara yönelik kısa sürede direnç kazanmaları, depoların diğer ortamlar ile karşılaştırıldığında sıcaklık ve nem kontrolünün daha kolay sağlanması ve tüketiciden gelen pestisitlerin tarımsal üretimde kullanımının kısıtlanmasına yönelik talepleri olarak sıralayabiliriz.

Depo zararlısı türlerin üzerinde uçucu yağlar ile yapılan çalışmalarda, uçucu yağların fumigant etkileri (Singh et al., 1989, Lee et al., 2001, Papachristos & Stamopoulos, 2004), kontak toksisiteyi (Huang & Ho, 1998, Huang et al. 2002), beslenmeyi durdurucu etkileri (Huang et al. 2000) ve diğer davranışlar üzerindeki etkileri (Keita et al., 2001, Regnault-Roger et al., 2004) araştırılmıştır. Bu araştırmalar daha çok tarama çalışmaları halinde olması, çalışmaların tek bir sıcaklıkta yürütülmesi gibi faktörler nedeniyle bu çalışmalarda elde edilen sonuçların büyük kısmı depo zararlıları ile mücadelede uygulamaya aktarılamamıştır. Dünyada ve ülkemizdeki tarımsal ürünlerin depolama koşulları düşünüldüğünde, farklı sıcaklıklarda etkili olabilen yüksek fumigant aktiviteye sahip olan bitkisel orijinli kimyasallara ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu çalışmada, ülkemizde yetişen bazı bitkilerden elde edilmiş olan uçucu yağların depolanmış tahıl ve baklagillerde önemli kayıplara neden olan ***Sitophilus granarius*** L. ve ***Sitophilus oryzae*** L. (Coleoptera: Curculionidae) ile ***Acanthoscelides obtectus*** (Say) (Coleoptera: Bruchidae)'un kontrolünde kullanılabilirliklerini belirlemek için, bu zararlılara karşı söz konusu uçucu yağların fumigant toksisitelerinin farklı sıcaklıklarda araştırılması ve en ümitvar sonuçlar elde edilen uçucu yağlar ile doz ölüm denemelerinin yapılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Böcek kültürlerinin yetiştirilmesi

Denemede kullanılan ***S. oryzae***, ***S. granarius*** ve ***A. obtectus*** erginleri Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nde bulunan stok kültürlerinden elde edilmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere aynı yaşta bireyler

elde etmek amacıyla, 1 lt cam kavanozlara **S. granarius** ve **S. oryzae** için 200 g buğday (**Triticum aestivum** L. cv. Bezostiya) ve **A. obtectus** için 200 gr. barbunya (**Phaseolus vulgaris sphaericus** Mart) konulmuştur. Yetiştirme ortamları -20 °C de bir hafta süreyle bekletilerek zararlı enfeksiyonundan temiz hale getirilmiştir. Stok kültürden elde edilen ergin bireyler bu kavanozlara transfer edilerek 48 saat süreyle yumurta bırakmaları sağlanmıştır. Bu süre sonunda ergin bireyler kavanozlardan uzaklaştırılmış ve sadece yumurta ile bulaşık materyalin kalması sağlanarak 27±2 °C sıcaklıkta ve % 50±10 nisbi nem koşullarında karanlık iklim odasında inkübe edilmiş ve ergin çıkışları beklenmiştir.

Bitki materyalleri ve uçucu yağların elde edilmesi

Çalışmada kullanılan bitkiler ve aksamaları Çizelge 1'de sunulmuştur. Yaprakları kullanılacak bitkiler çiçeklenme döneminde, meyveleri kullanılan bitkiler meyve bağlama döneminden sonra hasat edilmiş ve etüv içerisinde 35 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş olarak destilasyona hazır hale getirilmiştir. Kurutulmuş olan bitki örneklerinden Neo-clevenger evaporatör kullanılarak buhar distilasyon yöntemiyle uçucu yağlar elde edilmiş ve uçucu yağlar çalışmada kullanılacağı kadar olan sürede cam tüpler içerisinde buzdolabında +4°C'de saklanmıştır (Marotti et al., 1996).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan bitkiler ve kullanılan kısımları

Türkçe ismi	Bilimsel adı	Familyası	Uçucu yağ izole edilen kısmı
Adaçayı	Salvia officinalis L.	Labiatae	Yapraklar
Kimyon	Cuminum cyminum L.	Apiaceae	Meyve
Dereotu	Anethum graveolens L.	Apiaceae	Meyve
Nane	Mentha spicata spicata L.	Labiatae	Yapraklar
Taşnanesi	Micromeria fruticosa brachycalyx PH Davis	Labiatae	Yapraklar
Reyhan	Ocimum minimum L.	Labiatae	Yapraklar

Tek doz fumigant etki çalışmaları

Cam tüplere (65 ml) **S. oryzae** ve **S. granarius** için daha önceden steril edilmiş olan 10 g buğday, **A. obtectus** için 10 g barbunya transfer edilmiş ve her bir cam tüpte 20 ergin böcek olacak şekilde hazırlanmıştır. Whatman filtre kağıdından kesilen 20 mm çapında diskler toplu iğne vasıtasıyla cam tüplerin kapaklarına sabitlenmiştir. Uçucu yağlar aseton ile % 10'luk uçucu yağ/aseton (v/v) karışımı olacak şekilde seyreltildikten sonra Gilson™ pipet yardımıyla alınarak uçucu yağ için 150 µl/l doz olacak şekilde filtre kağıtlarına emdirilmiştir. Yapılan ön

çalışmalarda denemede kullanılan uçucu yağların 150 µl/l dozunda birbirinden farklı değerlerde ölümlere yol açtığı saptandığından çalışmada bu doz tek doz fumigant etki çalışmalarında kullanılmıştır. DDVP kimyasal standart olarak uçucu yağların etkilerinin karşılaştırılması amacıyla depo zararlıları için önerilen dozda kullanılmıştır. Kontrolde 150 µl/l dozunda sadece aseton kullanılmıştır. Asetonun fumigant etkisi olduğundan (Tunç et al. 1997), emdirme işlemi tamamlandıktan sonra filtre kağıtlarındaki asetonun uçması için, steril 90 mm'lik petri kaplarına transfer edilmiş kağıtlar çeker ocak altına yerleştirilerek 15 dk oda sıcaklığında tutulmuştur. Bu sürenin sonunda kapaklar cam tüplerin üzerine kapatılarak tüm tüpler 10, 20 ve 30 °C'deki inkübatörlere yerleştirilmiştir. Denemeler tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuş olup her bir muamele üç defa tekrar edilmiştir. Böcekler yukarıda belirtilen sıcaklıklarda karanlık olarak 24 saat boyunca inkube edilmişlerdir. Yirmi dört saat sonunda ilk ölüm sayımları yapılmış, ölü böcekler uzaklaştırılarak sağlıklı böcekler içerisinde uçucu yağ içermeyen yeni 65 ml'lik cam tüplere aktarılarak yukarıda belirtilen koşullarda tutulmuşlardır. Ölüm oranları 24 saat aralıklarla 7 gün süreyle kayıt altına alınmıştır.

Fumigant etki için doz-ölüm denemeleri

Tek doz denemeleri sonunda ümitvar sonuçlar elde edilen uçucu yağlar ile doz-ölüm denemeleri yukarıda yazıldığı gibi 20 °C'de yürütülmüştür. Bu çalışmada **A. obtectus** için **C. cyminum**, **M. spicata**, **M. fruticosa** ve **S. officinalis**; **S. granarius** için **A. graviolens** ve **O. minimum** ve **S. oryzae** için **A. graviolens**, **C. cyminum**, **M. spicata** ve **M. fruticosa** uçucu yağları kullanılmıştır. Doz ölüm çalışmasında, ön denemeler ile belirlenmiş olan 0.38, 0.75, 3.8, 7.5, 38, 75 ve 150 µl/l dozlar kullanılmıştır. Deneme, tesadüf blokları deneme deseninde kurulmuş olup her bir blok test edilen tüm dozları ve kontrolü içermektedir. Tüm deneme üç kez tekrarlanmış olup kontroller, belirtilen dozlarda aseton ile muamele edilmiştir.

İstatistiksel analizler

Tek-doz tarama testlerinde elde edilen sonuçlar, önce % ölüm değerlerine çevrilmiş daha sonra arcsin transformasyonuna tabi tutulmuştur (Zar, 1996). Oluşan değerler iki yönlü varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar % 5'lik önem seviyesinde Tukey çoklu karşılaştırma testiyle ortaya konmuştur. Sıcaklığın bitki uçucu yağlarının toksisiteleri üzerindeki etkileri varyans analizi yöntemiyle test edilmiştir. Tüm istatistiksel analizler MINITAB (Release 14) paket programı yardımıyla yürütülmüştür (McKenzie & Goldman, 2005). Doz-ölüm deneme sonuçları Polo-PC probit paket programı (LeOra, 1994) yardımıyla analiz edilerek, LC₅₀, LC₉₀ değerleri, güven aralıkları ve nispi oranlar belirlenmiştir. LC₅₀, LC₉₀ arasındaki farklılıklar güven aralıklarının karşılaştırılması ile yapılmıştır.

Araştırma Sonuçları

Uçucu yağların *Acanthoscelides obtectus*'a fumigant etkileri

Üç farklı sıcaklıkta yapılan tek-doza denemeleri sonunda, test edilen uçucu yağların *A. obtectus* erginlerine karşı değişen oranlarda etkiler gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 2). Uçucu yağ uygulamaları 10 °C'de % 11,6-97,6 arasında değişen oranlarda ölümlere neden olmuşlar ve uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($F=10,29$; $sd=7,16$; $P<0,05$). Test edilen yağlardan en yüksek ölüm % 97,6 ile *M. fruticosa*'da görülürken, bunu % 93,3 ile *C. cuminum* ve % 86,9 ile *S. officinalis* izlemiştir. İlginç olarak kimyasal standart DDVP 24 saat sonunda yalnızca % 46,6 oranında ölüme yol açmıştır. Uçucu yağların fumigant etkileri 20 °C'de yapılan denemelerde artış göstermiş olup denemede kullanılan tüm uçucu yağlar istatistiksel olarak kontrolden farklı ölümlere yol açmıştır ($F=29,75$; $sd=7,16$; $P<0,05$). Bu sıcaklıkta uçucu yağ uygulamasında görülen ölüm değerleri % 93,3-100 arasında değişiklik göstermekte olup bu değerler arasında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık yoktur (Çizelge 2). Uçucu yağlar ile 30°C'de yapılan fumigant toksisite denemelerinde, test edilen böceklerin tümü hem DDVP hem de uçucu yağların etkileri sonucunda 24 saat sonunda ölmüşlerdir. Test edilen tüm uçucu yağlar istatistiksel olarak kontrolden farklıdır.

Çizelge 2. Farklı bitkilerden elde edilen uçucu yağların *Acanthoscelides obtectus* Say.'a olan 24 saat sonundaki fumigant etkileri

Muamele	Sıcaklık		
	10°C	20°C	30°C
	Ort.% Ölüm±S.H.	Ort.% Ölüm±S.H.	Ort.% Ölüm±S.H.
Kontrol	0,00±0,00 c ¹ A ²	0,00±0,00 bA	0,00±0,00 bA
<i>Anethum graviolens</i>	63,41±0,21 abB	93,30±3,19 aA	100,00±0,00 aA
<i>Cuminum cyminum</i>	93,30±3,20 aA	100,00±0,00 aA	100,00±0,00 aA
<i>Mentha spicata spicata</i>	19,31±9,05 bcB	93,30±3,19 aA	100,00±0,00 aA
<i>Micromeria fruticosa brachycalyx</i>	97,63±2,04aA	100,00±0,00 aA	100,00±0,00 aA
<i>Ocimum minimum</i>	11,62±5,26 bcB	95,46±1,96 aA	100,00±0,00 aA
<i>Salvia officinalis</i>	86,99±8,54 aA	98,85±1,96 aA	100,00±0,00 aA
DDVP	46,65±2,60 abB	98,85±1,96 aA	100,00±0,00 aA

¹ Aynı sütündeki ortalamaları takip eden farklı küçük harfler, ortalamaların istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğunu gösterir (Anova $P<0,05$, Tukey test).

² Aynı satırdaki ortalamaları takip eden farklı büyük harfler, ortalamaların istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğunu gösterir (Anova $P<0,05$, Tukey test).

Doz-ölüm denemeleri sonunda test edilen bitkilerden *C. cuminum*'un *A. obtectus*'a karşı 20 °C de en yüksek toksisiteyi gösterdiği ve bu bitkiye ait LC₅₀

(29,17 $\mu\text{l/l}$) ve LC_{90} (94,73 $\mu\text{l/l}$) değerlerinin güven aralıkları diğer bitkilere ait bu değerlerle karşılaştırıldığında farklı olduğu gözlenmiştir. **M. fruticosa**, **M. spicata** ve **S. officinalis**'in LC_{50} değerleri sırasıyla 43,81; 48,96 ve 53,74 $\mu\text{l/l}$ olup bu bitkilerin **A. obtectus**'a olan fumigant toksisite bakımdan aralarında herhangi bir farklılık bulunmamıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Uçucu yağların 20° C'de 24 saat sonundaki **Acanthoscelides obtectus** Say. için toksisite değerleri

Muamele	Slope \pm S.H.	LC_{50} ($\mu\text{l/l}$) (Güven Aralığı)	LC_{90} ($\mu\text{l/l}$) (Güven Aralığı)	Nispi Oran
Cuminum cyminum	2,58 \pm 0,16	29,01 (25,17-33,42)	94,73 (81,28-111,41)	*
Mentha spicata spicata	2,38 \pm 0,27	48,96 (43,64-54,81)	159,85 (141,35-182,18)	0,59
Micromeria fruticosa brachycalyx	2,42 \pm 0,19	43,81 (39,26-48,80)	143,78 (126,61-162,93)	0,66
Salvia officinalis	2,40 \pm 0,92	53,74 (47,00-61,28)	175,45 (152,91-203,24)	0,54

Uçucu yağların *Sitophilus granarius*'a fumigant etkileri

Çizelge 4'de sunulduğu gibi, **S. granarius** üzerinde test edilen uçucu yağlardan yalnızca **C. cyminum** ve **M. fruticosa**'dan elde edilen uçucu yağlar 10 °C'de ölüme neden olmuş olup bunlar istatistiksel olarak kontrolden ve diğer uçucu yağlardan farklıdır (F=84,6; sd=7,16; P<0,05). Kimyasal standart DDVP 24 saat sonunda test edilen böceklerin tamamını öldürürken, **C. cyminum** % 63,9 **M. fruticosa** ise % 9,3 oranında ölümlere neden olmuşlardır. Denemenin yürütüldüğü ortam sıcaklığının 20°C olması durumunda uçucu yağların etkinliklerinin 10°C ye oranla arttığı görülmüştür (Çizelge 4). Test edilen uçucu yağlardan **S. officinalis** dışındaki tüm yağlar istatistiksel olarak, kontrole göre önemli derecede ölümlere yol açmış olup, bu değerler % 25,2 ile % 100 arasında değişmektedir (F=14,88; sd=7,16; P<0,05). **M. fruticosa**, test edilen yağlar içerisinde en yüksek fumigant aktiviteyi göstermiş ve 24 saat sonunda % 100 ölüme neden olmuştur. Uçucu yağların 24 saat sonundaki **S. granarius** erginlerine olan toksisitesinin ortam sıcaklığının 30°C olması durumunda diğer sıcaklıklarla karşılaştırıldığında arttığı gözlenmiştir. Test edilen tüm yağlar ve kimyasal standart DDVP kontrolden istatistiksel olarak önemli derecede ölümlere neden olmuştur (F=38,93; sd=7,16; P<0,05). Bu sıcaklıkta yapılan denemelerde **M. fruticosa** ve **M. spicata**'dan elde edilen uçucu yağların her ikisi de % 100 ölüme neden olmuştur ve istatistiksel olarak **S. officinalis**, **O. minimum** ve **C. cyminum**'dan farklıdır.

Tek doz tarama testleri sonucu yüksek etki gösteren **A. graviolens**, **C. cyminum** ve **M. spicata** nın **S. granarius** erginlerine olan fumigant etkileriyle

İlgili yapılan doz-ölüm denemeleri sonucunda **A. graviolens** en düşük LC₅₀ değerine sahip olup LC₅₀ değeri 80,4 µl/l'dir (Çizelge 5). **C. cyminum** LC₅₀ değeri bakımından **A. graviolens**'i izlemekte olup LC₅₀ değeri 107,59 µl/l dir. İlginç olarak **M. spicata**'dan elde edilen uçucu yağların LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri test edilen uçucu yağlar içerisinde en yüksek değer olup sırasıyla 283,72 ve 935,32 µl/l'dir. LC₅₀ değeri bakımından **A. graviolens** ve **C. cyminum** arasında da bir farklılık gözlenmemekte olup **A. graviolens**, **M. spicata** dan LC₅₀ değeri bakımından farklıdır. LC₉₀ değerleri karşılaştırıldığında, üç bitkinin uçucu yağları arasında LC₉₀ değerleri arasında herhangi bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 5).

Çizelge 4. Farklı bitkilerden elde edilen uçucu yağların **Sitophilus granaries** L.'a olan 24 saat sonundaki fumigant etkileri

Muamele	Sıcaklık		
	10°C	20°C	30°C
	Ort.% Ölüm±S.H.	Ort.% Ölüm±S.H.	Ort.% Ölüm±S.H.
Kontrol	0,00±0,00 d ¹ A ²	0,56±0,97 cA	0,00±0,00 cA
Anethum graviolens	0,00±0,00 dC	56,73±0,34 bB	95,46±1,96 abA
Cuminum cyminum	63,89±1,54 bA	89,06±0,82 abA	76,82±0,25 bA
Mentha spicata spicata	0,00±0,00 dC	90,39±0,42 abB	100,00±0,00 aA
Micromeria fruticosa brachycalyx	9,25±0,00 cB	100,00±0,00 aA	100,00±0,00 aA
Ocimum minimum	0,00±0,00 dB	25,16±16,36 bc AB	68,84±6,89 bA
Salvia officinalis	0,00±0,00 dB	3,28±1,55 cB	83,65±0,38 bA
DDVP	100,00±0,00 aA	100,00±0,00 aA	100,00±0,00 aA

¹ Aynı sütündeki ortalamaları takip eden farklı küçük harfler, ortalamaların istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğunu gösterir (Anova $P < 0,05$, Tukey test).

² Aynı satırdaki ortalamaları takip eden farklı büyük harfler, ortalamaların istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğunu gösterir (Anova $P < 0,05$, Tukey test).

Çizelge 5. Uçucu yağların 20° C'de 24 saat sonundaki **Sitophilus granarius** L. için toksisite değerleri

Muamele	Slope±S.H.	LC ₅₀ (µl/l)	LC ₉₀ (µl/l)	Nispi Oran
		(Güven Aralığı)	(Güven Aralığı)	
Anethum graviolens	1,88±0,16	80,40 (42,99-144,66)	265,06 (146,87-909,86)	*
Cuminum cyminum	3,60±0,34	107,59 (66,19-204,98)	354,68 (190,47-1530,46)	0,75
Mentha spicata spicata	3,39±0,56	283,72 (150,09-993,65)	935,32 (392,64-7668,67)	0,28

Uçucu yağların *Sitophilus oryzae*'ye fumigant etkileri

Çizelge 6'da sunulduğu gibi, uçucu yağların 10 °C'de **S. oryzae** erginlerine karşı tek-doz fumigant etki testlerinden elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur ($F=41,47$; $sd=7,16$; $P<0,05$). **M. fruticosa**'nın uçucu yağı yüksek derecede aktivite göstermiş ve 24 saat sonunda test edilen böceklerin % 96,3'ünün ölümüne neden olmuştur. Test edilen bitkilerden **C. cyminum**, bu sıcaklıkta düşük düzeyde fumigant etki göstermiş ve yalnızca % 15,7 oranında ölüme neden olmuştur. Denemede kullanılan bitkilerin uçucu yağlarının fumigant etkileri sıcaklığın 10 °C'den 20 °C'ye çıkması durumunda önemli oranla artış göstermiş olup aralarında istatistiksel olarak farklılıklar bulunmaktadır ($F=53,31$; $sd=7,16$; $P<0,05$). Bu sıcaklıkta 24 saat sonunda % 100 ölüme neden olan **M. fruticosa** ve DDVP istatistiksel olarak diğer uygulamalardan farklıdır (Çizelge 6). İlginç olarak **M. spicata** ve **A. graviolens**, 20 °C' deki etkileri 10 °C'deki ile karşılaştırıldığında bu bitkilerden elde edilen uçucu yağların toksisiteleri önemli derecede artmış olup sırasıyla % 83,7 ve % 68,5 ölümlere neden olmuşlardır. Uçucu yağların toksisitelerinin ortam sıcaklığının 30 °C olması durumunda arttığı ve elde edilen değerler kontrolle karşılaştırıldığında tüm bitki uçucu yağlarının istatistiksel olarak kontrolden farklı olduğu saptanmıştır ($F=128,40$; $sd=7,16$; $P<0,05$). **C. cyminum** (% 98,9) dışında tüm uçucu yağlar 24 saat sonunda test edilen tüm ergin **S. oryzae** bireylerinin ölümüne neden olmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Farklı bitkilerden elde edilen uçucu yağların *Sitophilus oryzae* L.'ye olan 24 saat sonundaki fumigant etkileri

Muamele	Sıcaklık		
	10°C	20°C	30°C
Kontrol	Ort. % Ölüm±S.H. 0,00±0,00 c ¹ A ²	Ort. % Ölüm±S.H. 0,00±0,00 dA	Ort. % Ölüm±S.H. 0,56±0,97 bA
Anethum graviolens	1,14±1,96 bcC	68,48±0,38 bcB	100,00±0,00 aA
Cuminum cyminum	15,72±1,27 bB	39,48±4,10 cB	98,85±1,96 aA
Mentha spicata spicata	1,14±1,96 bC	83,65±0,38 bB	100,00±0,00 aA
M. fruticosa brachycalyx	96,31±4,22 aA	100,00±0,00 aA	100,00±0,00 aA
Ocimum minimum	1,14±1,96 bcB	2,24±0,97 dB	100,00±0,00 aA
Salvia officinalis	0,00±0,00 cB	7,73±3,93 dB	100,00±0,00 aA
DDVP	100,00±0,00 aA	100,00±0,00 aA	100,00±0,00 aA

¹ Aynı sütündeki ortalamaları takip eden farklı küçük harfler, ortalamaların istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğunu gösterir (Anova $P<0,05$, Tukey test).

² Aynı satırdaki ortalamaları takip eden farklı büyük harfler, ortalamaların istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğunu gösterir (Anova $P<0,05$, Tukey test).

Tek-doza tarama testlerinde yüksek fumigant etki gösteren 4 bitkiden elde edilen uçucu yağlar ile yapılan doz ölüm denemesi sonucunda LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri arasında farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 7). Test edilen bitkilerden **M. fruticosa** en düşük LC₅₀ ve LC₉₀ değerine sahip olup diğer bitkilerden farklıdır. **M. spicata**, **S. oryzae**'ye fumigant etki bakımından test edilen bitkiler içinde ikinci en yüksek etkiye sahip olup LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri bakımından diğerlerinden ayrılmaktadır. **S. oryzae** üzerindeki fumigant etki doz-ölüm denemelerinde 4 bitkiden elde edilen doz ölüm doğruları birbirine paralel olmadığı için nispi oranlar değerleri hesaplanamamıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Uçucu yağların 20° C'de 24 saat sonundaki **Sitophilus oryzae** L. için toksisite değerleri

Muamele	Slope±S.H.	LC ₅₀ (μl/l) (Güven Aralığı)	LC ₉₀ (μl/l) (Güven Aralığı)	Nispi Oran
Anethum graviolens	1,58±0,29	300,97 (218,69-520,88)	1943,4 (945,43-7388,37)	*
Cuminum cyminum	1,36±0,22	527,03 (325,13-1145,71)	4642,48 (1884,65-215898,30)	*
Mentha spicata spicata	4,45±0,60	131,3 (118,85-148,51)	254,976 (209,03-359,73)	*
Micromeria fruticosa brachycalyx	4,69±0,37	32,25 (28,88-36,060)	60,49 (53,10-70,51)	*

* Hesaplanamamıştır.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma sonucunda **M. fruticosa** ve **M. spicata**'dan elde edilen uçucu yağların özellikle 20°C ve 30°C'de **A. obtectus**, **S. granarius** ve **S. oryzae**'ye karşı yüksek oranda fumigant aktivite gösterdiği ve test edilen böceklerin % 100'ünü 24 saat içinde öldürdüğü saptanmıştır. Bu sonuçlar daha önce farklı bitkilerden elde edilen uçucu yağlar ile bu zararlılara karşı yapılmış olan çalışmalar ile paralellik göstermektedir (Park et al., 2003; Tapondjou et al., 2002; Lee et al., 2004). İlginç olarak her üç zararlıya karşı yüksek oranda aktivite gösteren bitkilerin ortak olması, bu bitkilerin içeriği olan uçucu yağ veya yağların, geniş spektrumlu olduğu ve çalışmada kullanılan her üç böcek türüne karşı da etkili olduğu sonucunu göstermiştir. Benzer sonuçlar Saraç & Tunç (1995), Shaaya et al. (1997) ve Lee et al. (2004)'un yaptıkları çalışmalarda bildirilmektedir. Bu iki bitkinin uçucu yağlarının analizleri sonucu her iki bitkinin de orta düzeyde Pulegone içerdiği (Telci et al., 2004; 2005) ve bu maddenin iki bitkinin göstermiş olduğu yüksek fumigant toksisite ile ilgili olduğu düşünülebilir. Grundy & Still (1985), yaptıkları çalışmada pulegone'un merkezi sinir sistemindeki acetylcholinesterase enzimini, aynen kimyasal insektisit gruplarından karbamatlılarda olduğu gibi, inhibe ettiğini bildirmektedir. Bu bulgu, çalışmamız sırasındaki gözlemler ile paralellik göstermekte olup,

fumigant etki çalışmalarında böceklerin denemeye başladıktan kısa süre sonra öldüğü gözlemlenmiştir. Test edilen bitkilerden **C. cyminum**, üç depo zararlısı türde de yüksek oranda fumigant toksisite göstermiştir. Benzer sonuçlar Huang & Ho (1998) tarafından da bildirilmektedir. Bu araştırmacılar **Tribolium castaneum** (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) ve **S. zeamais**'da **Cinnamomum aromaticum** L. (Lauraceae)'un ekstraktlarının beslenmeyi durdurucu ve toksik etkilerini araştırmış bitkinin ana içeriği olan cinnemaldehyde'nin test edilen böceklerde yüksek oranda fumigant toksisite gösterdiğini bildirmektedirler.

Tek-doza deneme çalışmalarında, sıcaklığın 10 °C'den 20 °C ve 30°C'ye çıkarılmasına paralel olarak ölümlerde de önemli derecede artışlar gözlemlenmiştir. Sıcaklığın artmasıyla birlikte böcek metabolizmasındaki artış ve buna bağlı olarak da kısa sürede etkin olacak maddenin bünyeye alınışı ile açıklanabilir (Nakakita & Ikenaga, 1997). Chaudhry et al. (2004) farklı sıcaklıklarda **Lasioderma serricorne** (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae)'nin fumigant insektisitlerden olan magnezyum phosphine olan duyarlılıklarını ölçmüş ve sıcaklık 5 °C'den 25 °C'ye çıkarıldığında zararlının solunum düzeyinin arttığını ve buna bağlı olarak daha fazla miktarda phosphine maruz kalarak kısa bir sürede öldüğünü bildirmektedirler. Buna ilaveten uçucu yağların sıcaklık arttıkça daha hızlı bir şekilde gaz haline geçmesi ve test edilen atmosferde yüksek konsantrasyonlara ulaşması nedeniyle, böceklerdeki ölüm oranının artışı ile açıklanabilir.

Uçucu yağların zararlılarla mücadelede aktif bir şekilde uygulanmasıyla ilgili en büyük problem, bu maddelerin depolarda ve diğer ortamlarda uygulama zorluğuyla ilgilidir. Bu problemin formülasyon teknolojisiyle geliştirilen yeni teknikler ile aşılması ve buna bağlı olarak da uçucu yağların zararlılarla mücadelede etkin bir şekilde kullanılmasını mümkün kılacaktır. Özellikle mikrokapsül formülasyon teknolojisi ile uçucu yağlardan elde edilecek olan ve insektisit özelliği gösteren madde veya maddeler kapsül içine alınarak belirli miktarlarda yavaş yavaş salınımı ile zararlılarla mücadele etmek mümkün olabilecektir. Moretti et al. (2002), **Rosmarinus officinalis** L. (Labiatae) ve **Thymus herba-barona** Loisel. (Lamiaceae)'dan elde edilen uçucu yağları mikrokapsül formülasyon şeklinde hazırlamış ve **Lymantria dispar** L. (Lepidoptera Lymantriidae)'a karşı etkilerini test etmişlerdir. Bu formülasyon tipi sayesinde uçucu yağların yavaş salınımının sağlandığını ve zararlıya karşı etkili bir koruma gerçekleştirdiğini bildirmektedirler.

Bu çalışmada, 6 farklı bitki türünden elde edilen uçucu yağların Türkiye'de ve dünyada önemli ürün kayıplarına neden olan üç depo zararlısının ergin dönemine karşı fumigant etkileri araştırılmıştır. Ümitvar sonuç elde edilen uçucu yağlar ile doz-ölüm denemeleri kurularak LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri belirlenmiştir. Bunu takiben bundan sonra yapılacak çalışmalarda, bu çalışmada belirlenen uçucu yağlar ile bu zararlıların yumurta, larva ve pupa dönemlerindeki toksisiteyi ile uçucu yağların bu zararlıların hayat uzunluğuna, gelişme süresine ve diğer fizyolojik etkileri üzerine araştırmalar yürütülmesinde konunun daha iyi anlaşılması için fayda olduğu düşünülmektedir. Buna ilave olarak, **M. fruticosa**, **M. spicata** ve

C. cyminum uçucu yağlarının aktif maddelerinin saflaştırılması ve bunların bu zararlılar üzerinde farklı sıcaklıklarda denenmesi yoluyla daha etkin bir şekilde kontrol etmek mümkün olacağı ve sonuçların pratiğe aktarılmasına katkı sağlayacağı şüphesizdir.

Özet

Bu çalışmada, **Salvia officinalis**, **Cuminum cyminum**, **Anethum graviolens**, **Mentha spicata spicata**, **Micromeria fruticosa brachycalyx** ve **Ocimum minimum**'dan elde edilen uçucu yağların fumigant toksisiteleri üç önemli depo zararlısı, **Acanthoscelides obtectus**, **Sitophilus granarius** ve **Sitophilus oryzae** üzerinde laboratuvar şartlarında test edilmiştir. Ön denemelerde uçucu yağların fumigant toksisiteleri tek dozda üç farklı sıcaklıkta (10, 20 ve 30 °C) test edilmiştir. Tek-doz tarama testleri sonucunda her üç zararlıda da taşnanesi ve nane uçucu yağlarının yüksek oranda fumigant etki gösterdiği ve test edilen böceklerin tümünün 24 saat içerisinde ölümüne neden olduğu saptanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde tek-doz tarama testlerinde ümitvar sonuçlar elde edilen bitkiler ile 20 °C'de doz-ölüm denemeleri kurulmuştur. Bu çalışma sonunda **A. obtectus** için kimyon , **S. granarius** için dereotu ve **S. oryzae** içinde taşnanesi en yüksek fumigant toksisite gösteren bitkiler olarak belirlenmiştir.

Yararlanılan Kaynaklar

- Chaudhry, M. Q., H. A. Bell, H. A. Savvidou & A. D. Macnicoll, 2004. Effect of low temperatures on the rate of respiration and uptake of phosphine in different life stages of the Cigarette Beetle **Lasioderma serricorne** (F.). **J. Stored Prod. Res.**, **40**: 125-134.
- Grundy, D. L. & C. C. Still, 1985. Inhibition of Acetylcholinesterases by Pulegone-1,2-epoxide. **Pestic. Biochem. Phys.**, **23** : 383-388.
- Huang, Y., J. M. W. L. Tan, R. H. Tan & S. H. Ho, 1997. Toxic and antifeedant actions of nutmeg oil against **Tribolium castaneum** (Herbst.) and **Sitophilus zeamais** Motsch. **J. Stored Prod. Res.**, **33**: 289-298.
- Huang, Y. & S. H. Ho, 1998. Toxicity and antifeedant activities of ainnamaldehyde against the grain storage insects, **Tribolium castaneum** (Herbst) and **Sitophilus zeamais** Motsch. **J. Stored Prod. Res.**, **34**: 11-17.
- Huang, Y., S. L. Lam & S. H. Ho, 2000. Bioactivity of essential oil from **Elletaria cardamomum** (L.) Maton. to **Sitophilus zeamais**. Motschulsky and **Tribolium castaneum** (Herbst.). **J. Stored Prod. Res.**, **36**: 107-117.
- Huang, Y., S. H. Ho, H. S. Lee & Y. Y. L. Yap, 2002. Insecticidal properties of eugenol, isoeugenol and methyleugenol and their effects on nutrition of **Sitophilus zeamais** Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) and **Tribolium castaneum** (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **J. Stored Prod. Res.**, **38**: 403-412.
- Keita, S. M., C. Vincent, J. P. Schmit, J. T. Arnason & A. Belanger, 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.). **J. Stored Prod. Res.**, **37**: 339-349.

- Kim, S-II., J. Y. Roh, D. H. Kim, H. S. Lee & Y. J. Ahn, 2003. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oil againsts *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. **J. Stored Prod. Res.**, **39**: 293-303.
- LeOra Software, 1994. Polo-PC a user's guide to Probit or Logit analysis, 1119 Shattuck Avenue, Berkeley, CA, 94707.
- Lee, B. H., W. S. Choi, S. E. Lee & B. S. Park, 2001. Fumigant toxicity of essential oils and their constituent compounds towards the Rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). **Crop Prot.**, **20**: 317-320.
- Lee, B. H., P. C. Annis, F. Tumaalii & W. S. Choi, 2004. Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-cineole against 3 major stored-grain insects. **J. Stored Prod. Res.**, **40**: 553-564.
- Marotti, M., R. Piccaglia & E. Giovanelli, 1996. Differences in essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.) Italian culturas related to morphological characteristics. **J. Agric. Food Chem.**, **44**: 3926-3929.
- Mckenzie, J. D. & R. Goldman, 2005. The Student Guide to MINITAB Release 14 Manual. Pearson Education, Boston, MA.
- Moretti, M. D. L., G. S. Passino, S. Demontis & E. Bazzoni, 2002. Essential oil formulations useful as a new tool for insect pest control. **AAPS Pharm. Sci. Tech.**, **3**:1-11.
- Nakakita, H. & H. Ikenaga, 1997. Action of low temperature on physiology of *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in rice storage. **J. Stored Prod. Res.**, **33**: 31-38.
- Papachristos, D. P. & D. C. Stamopoulos, 2004. Fumigant toxicity of three essential oil on the eggs of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). **J. Stored Prod. Res.**, **40**: 517-525.
- Papachristos, D. P., K. I. Karamanoli, D. C. Stamopoulos & U. M. Spiroudi, 2004. The relationship between the chemical composition of three essential oils and their insecticidal activity against *Acanthoscelides obtectus*. **Pest Manag. Sci.**, **60**: 514-520.
- Park, I.K., S. G. Lee, D. H. Choi, J. D. Park & Y. J. Ahn, 2003. Insecticidal activities of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtusa* against *Callosobruchus maculatus* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). **J. Stored Prod. Res.**, **39**: 375-385.
- Regnault-Roger, C., M. Ribodeau, A. Hamraoui, I. Bareau, P. Blanchard, M. I. Gil-Munoz & F. T. Barberan, 2004. Polyfenolic compounds of Mediterranean Lamiaceae and investigation of orientational effects on *Acanthoscelides obtectus* (Say). **J. Stored Prod. Res.**, **40**: 395-408.
- Saraç, A. & İ. Tunç, 1995. Toxicity of essential oil vapours to stored product insect. **J. Plant Dis. Prot.**, **102**: 69-74.
- Shaaya, E., U. Ravid, N. Paster, B. Juven, U. Zisman, & V. Pissarev, 1991. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. **J. Chem. Ecol.**, **17**: 499-504.
- Shaaya, E., M. Kostjucovski, J. Eilberk & C. Sukprakarn, 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. **J. Stored Prod. Res.**, **33**: 7-15.

- Singh, D., M. S. Siddioui & S. Sharma, 1989. Reproduction reterdant and fumigant properties in essential oils against rice weevil (Col.: Curculionidae) in the stored wheat. **J. Econ. Entomol.**, **82**: 727-733.
- Tapondjou, L. A., C. Adler, H. Bouda, & D. A. Fontem, 2002. Efficacy of powder and essential oil from **Chenopodium ambrosioides** leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. **J. Stored Prod. Res.**, **38**: 395-402.
- Telci, İ., Ş. N. İncekara, G. Yılmaz, & M. E. Tuğay, 2004. Agronomical and chemical characterization of spearmint (**M. spicata**) originating in Turkey. **Econ. Bot.** **58**: 721-728.
- Telci, İ., E. Bayram, G. Yılmaz & A. B. Avcı, 2005. Türkiye’de kültürü yapılan yerel Fesleğen (**Ocimum** spp.) Genotiplerinin Morfolojik, Agronomik ve Taksonomik özelliklerinin karakterizasyonu ve üstün bitkilerin seleksiyonu. Tubitak Togtag, 3102 (Proje raporu).
- Tunç, İ., Erler, F., Dağlı, F. and Çalış Ö., 1997. Insecticidal activity of acetone vapours. **J. Stored Prod. Res.**, **33**: 181-185
- Zar, J. H., 1996. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey, USA.