

Ruta graveolens L. Uçucu Yağının *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) Larva ve Erginleri Üzerine Fumigant Etkisi

Fulya KAYA APAK^{*1} , Hayrettin İlker ÖZDEMİR¹ 

¹ Adnan menderes Üniversitesi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Laboratuvar Teknolojisi Programı, Koçarlı, Aydın

Öz: Bu çalışma, sedef otu (*Ruta graveolens* L.) bitkisinin çiçek ve yapraklarından elde edilen uçucu yağın Khapra böceği [*Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae)] larva ve erginlerine karşı fumigant etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Stok kültürlerin yetiştirilmesi ve denemeler 35±2 °C sıcaklık ve 16 saat aydınlık 8 saat karanlık fotoperiyot koşullarında 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 3 tekrar olacak şekilde yürütülmüştür. Çalışmalarda 10 ml'lik cam tüplerin içerisine 10'ar adet buğday ve 10'ar adet *T. granarium* erginleri ve larvaları ayrı ayrı bırakılarak 10 mm çapındaki kurutma kağıtlarına *R. graveolens* uçucu yağının 5 konsantrasyonu (1.5, 3.5, 6.5, 9.2 ve 12.0 µl/ml) 10 µl olacak şekilde uygulanmış ve kurutma kağıtlarının iğnelerle monte edildiği kapaklar kapatılarak 24, 48 ve 72 saat sonundaki canlı ve ölü birey sayıları dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmıştır. *T. granarium* larva ve erginlerine karşı fumigant etki testlerinden elde edilen sonuçlara göre; toksisitenin bitki uçucu yağının uygulama doz ve uygulama süresine bağlı olarak değiştiği ve zararlının larvaları üzerinde 72 saat sonunda %100'e varan etki göstermesi yanında ergin bireylerde ise en fazla etkinin 3.5 µl/ml'lik konsantrasyonda %28.57 olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Sedef otu, Khapra böceği, alternatif mücadele, depo, zararlı

Fumigant Effect of *Ruta graveolens* L. essential oil against larvae and adult of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae)

Abstract: This study was conducted to determine the fumigant effects of the essential oil from *Ruta graveolens* L. flowers and leaves against Khapra beetle [*Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae)] larvae and adults. Cultivation of stock cultures and experiments were carried out under 35±2 °C temperature and 16 hours light 8 hours dark photoperiod conditions in 3 replicates with in each repetition. In the studies, 10 pieces of wheat and 10 pieces of *T. granarium* larvae or adults were put in 10 ml glass tubes. Different 5 concentrations (1.5, 3.5, 6.5, 9.2 and 12.0 µl/ml) of *R. graveolens* essential oil were used 10 µl for each tube. Results evaluated by considering the number of live and dead individuals at the end of 24, 48 and 72 hours. According to the results obtained from fumigant effect tests against *T. granarium* larvae and adults; it has been determined that the toxicity varies depending on the application dose and the application time of the plant essential oil and it has an effect of 100% on the larvae of the pest at the end of the 72 hour, and the maximum effect in adult individuals is 28.57% at a concentration of 3.5 µl/ml.

Keywords: Rue, Khapra beetle, alternative control, store, pest

GİRİŞ

Hububat ve tahıllar insan beslenmesi açısından önemli bir besin grubunu oluşturmaktadırlar. Kurubaklagiller ve tam tahıl tanelerinde sağlık üzerinde olumlu etkileri olan karotenoidler, flavonoidler, izoflavonlar, bazı kükürtlü bileşikler gibi yüzlerce doğal olarak bulunan maddeler bulunmaktadır. Günlük enerji ihtiyacının büyük bir kısmı, %60-90'ı karbonhidratlardan oluşan tahıl grubu ürünler ile sağlanmakta olup, kurubaklagiller de içerdiği protein nedeniyle beslenmede önemli bir yere sahip olmakla birlikte bitkisel protein ihtiyacının da %18.5'ini karşılamaktadırlar (Tamer, 1996). Depolanarak saklanarak yıl içinde uzun vadede tüketiminin sağlanabilmesi tahıllara ve hubabata verilen önemi daha da artırmaktadır (Karabudak, 2012). Fakat bu durum depoda buldukları süre boyunca kurubaklagiller ve tahılları fungus, bakteri, böcek ve kemirgen gibi zararlı etmenlerin saldırılarına uğratmaktadır. Özellikle böcekler tarafından ileri derecede zarar görerek önemli kalite ve kantite kayıplarına uğrarlar (Shaaya ve ark., 1991). Khapra böceği [*Trogoderma*

granarium Everts (Coleoptera: Dermestidae)] de dünyanın en önemli depolanmış ürün zararlılarından biri olması yanında (Durrant, 1921), dünya çapında önemli bir karantina zararlısıdır (Lowe ve ark., 2000; Eliopoulos, 2013). *T. granarium*'un ilk kez 1894 yılında Hindistan'da depolanmış ürünler üzerinde bulunduğu bildirilmiştir (Pasek, 2004). Tarımsal ürünlerdeki ihracat kısıtlamalarını ve zararlıyı önlemek için birçok ülke tarafından çok sıkı tedbirler alınmaktadır (Eliopoulos, 2013; Khaliq ve ark., 2018). Bu kısıtlama, Avrupa, Afrika, Avustralya ve özellikle *T. granarium*'un bildirildiği Çin, Afganistan, Tayvan, Irak, Kıbrıs, İran, İsrail, Kore, Hindistan, Lübnan, Myanmar, Pakistan, Bangladeş, Suudi Arabistan, Sri Lanka, Türkiye, Suriye ve Yemen gibi Asya ülkelerinden sevk edilen ürünler için geçerlidir (Khaliq ve ark., 2018). Mücadele yapılmadığı zamanlarda %73 oranında zarar yaptığı bilinen

***Sorumlu Yazar:** fulya.apak@adu.edu.tr

Geliş Tarihi: 6 Mart 2021

Kabul Tarihi: 22 Eylül 2021

T. granarium (Rahman ve ark., 1945) tahıl depolarında, gıda depolarında, tohum işleme tesislerinde, yem üretim tesislerinde, süt tozu fabrikalarında ve ambalaj malzemeleri depolarında (kullanılmış çuvalar, torbalar, kasalar) zarara neden olabilmektedir (Dwivedi ve Shekhawat, 2004). Erginlerin besin almada 14-22 gün yaşayabilmesi yanında larvalarının 4-5 yıl beslenmeden yaşayabilmesi ve *T. granarium* larvalarının buldukları ambarda yarık ve çatlaklar içerisinde barınabilmesi zararlının mücadelesini zorlaştıran bazı önemli yaşayış özellikleri arasındadır. Ayrıca doğrudan sağlam tanede zarar yapabilmesi nedeniyle de varlıkları birinci derecedeki zararlılara bağlı olan türler için de besin sağlayarak, üründe bu türlerin de zarar yapmasına neden olmaktadır (Anonim, 2008).

Geleneksel pestisitlere karşı direnç geliştirmesi (Khaliq ve ark., 2018) ve mücadelesinde yaygın olarak metil bromidin kullanıldığı zararlıya karşı, ozon tabakasını inceltmesinden dolayı metil bromidin yasaklanmasıyla birlikte zararlıyla mücadelede yeni yöntemlerin bulunması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu yöntemlerden biri olan bitkisel pestisitler, modern ekolojik teknolojilerde zararlıların kontrolü için bir alternatif olup, çevre ve insan sağlığı için de tehdit oluşturmamaktadırlar (Isman, 2006). Yapılan birçok çalışmada uçucu yağ ve bitki ekstraktlarının zararlılara karşı beslenmeyi engelleyici (Kaethner, 1992; Alkan ve ark., 2015), büyüme ve gelişmelerini engelleyici (Nasseh ve ark., 1993; Alkan ve ark., 2015), üreme güçlerini azaltıcı (Sathyaseelan ve ark., 2008; Çetin ve Elma, 2017), uzaklaştırıcı (Ignatowicz, 1998; Karaca ve Gökçe, 2014; Akyazı ve ark., 2015) etkileri yanında davranışlarını bozması ve hatta toksik etkileri olduğu bilinmektedir (Kubo, 2006; Koul ve ark., 2008; Pandir ve Baş, 2016; Erol ve ark., 2018; Kesdek ve ark., 2020). Bunun yanında çevreye dost, daha az toksik ve kolay parçalanabilir olmaları da tercih nedenlerindedir (Behal, 1998).

Sedefotu bitkisi 60-100 cm boyolanabilen, çalı görünümünde, oldukça sık çatallaşan, gövde ve dalları yuvarlak, yeşil renkli bir bitkidir. Toprak üstü bölümleri uçucu yağ, alkoloitler, tanen, reçine, rutin adı verilen glikozit ve pektin içermektedir (Yayıntaş, 2018).

Yapılan bu çalışmada *Ruta graveolens* bitkisinin çiçek ve yapraklarından elde edilen uçucu yağın *T. granarium* larva ve ergin dönemleri üzerine fumigant etkisi araştırılmıştır. Sedef otu uçucu yağının zararlıya karşı mücadelede fumigant olarak kullanılabilme potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

***Trogoderma granarium*'un Yetiştirilmesi**

Çalışmada kullanılan *T. granarium* larva ve erginleri, içerisinde ikişer kilogram buğday bulunan, kapak kısımları tülde yapılmış 9 litrelik kültür kavanozları içerisinde

zararlının en kısa sürede (18 gün) gelişimini tamamlayabildiği sıcaklık olan 35±2°C'de (Hadaway, 1956) 16 saat aydınlık 8 saat karanlık fotoperiyot koşullarında yetiştirilmiştir. Aynı yaşta bireyler elde etmek için, içerisine iki kg buğday daneleri konulmuş kavanozlar içerisine aktarılan 100 adet *T. granarium* ergin dişi ve erkekleri inkübatörde muhafaza edilerek 72 saat sonunda ergin bireyler kavanozlardan alınmış, yumurta bırakılmış buğday daneleri larva çıkışlarının gerçekleşmesi için inkübatörde bekletilmiştir.

Bitki Materyali Temini

Çalışmada kullanılan sedef otu *R. graveolens* bitkisi Adana ili Ceyhan-Gündoğan Mahallesi Güllüce Dağı 120 m yükseklikten 10.08.2020 tarihinde toplanmıştır. Laboratuvara getirilen *R. graveolens* bitkileri ön temizlik işleminden geçirildikten sonra, direk güneş ışığına maruz kalmayan odalarda kurutma kağıtları üzerine serilerek 1 hafta boyunca oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra denemelerde kullanılmak üzere sedef otunun çiçekleri ve yaprakları birlikte değirmende öğütülerek cam kavanozlara alınmış ve çalışmada kullanılincaya kadar saklama odalarında muhafaza edilmiştir.

Uçucu Yağın Hazırlanması

Ruta graveolens bitkisinden elde edilen kuru örneklerden 50'şer gram tartılıp 500 ml'lik şilifli balonlar içerisine aktarılmış ve üzerlerine 500 ml su (1/10) ilave edilerek Neo-Clevenger cihazına yerleştirilmiştir. Uçucu yağların distilasyon işlemi 1 saat süreyle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen uçucu yağlar, denemede kullanılincaya kadar ağız teflon kapaklı 10 ml'lik cam tüpler içerisinde buzdolabında +4°C'de saklanmıştır.

Fumigant etki çalışmaları

Denemede sıkıştırılmalı kapaklı ve 10 ml hacimli cam tüpler kullanılmıştır. Bir numaralı Whatman filtre kağıdından 10 mm'lik diskler kesilerek toplu iğne yardımıyla cam tüplerin kapaklarına sabitlenmiştir. Sedef otu bitkisinden elde edilen uçucu yağ, metil alkol (Sigma-Aldrich, %99.9) ile hacimce 1.5, 3.5, 6.5, 9.2 ve 12.0 µl/ml'lik uçucu yağ ve metil alkol karışımı olacak şekilde seyreltildikten sonra 10 µl bu dozları içeren uçucu yağlar kurutma kağıtlarına emdirilmiştir. Bu uçucu yağın farklı konsantrasyonlarını karşılaştırmak için, aynı yöntemle sadece metil alkolün kullanıldığı kontrol grubu da oluşturulmuştur. Çözücünün ortamdan uzaklaşması için kurutma kağıdı diskleri 3 dakika süreyle bekletildikten sonra bir toplu iğne yardımıyla lastik kapaklara sabitlenmişlerdir. Cam tüpler içerisine 10'ar adet *T. granarium* larvaları onların beslenmesi için yıkanıp kurutulmuş 10'ar adet buğday danesi konularak muamele edilmiş kurutma kağıtlarının sabitlendiği lastik kapaklar kapatılmıştır. Böcekler gelişimini en kısa sürede (18 gün) tamamlayabildiği sıcaklık olan 35±2°C'de (Hadaway, 1956)

16 saat aydınlık 8 saat karanlık fotoperiyot koşullarında inkübatörde bekletilmiştir. Yirmi dört saat sonunda stereobinoküler mikroskop ile ilk ölü-canlı sayımları yapılmış olup 48 ve 72 saat sonundaki canlı ve ölü birey sayıları da dikkate alınarak değerlendirilmeler yapılmıştır. Deneme aynı şekilde kurularak *T. granarium* erkek ve dişi karışık olarak erginleri üzerinde de denenmiştir.

İstatistiksel Analizler

Uçucu yağ konsantrasyonlarının fumigant etki denemelerinde, uygulama sonrası 24, 48 ve 72 saat sonra canlı bireyler üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Abbott (1925)'un formülüne göre yüzde etki değerleri hesaplandıktan sonra elde edilen verilere SPSS Statistics (versiyon 25) paket programı yardımıyla tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) gerçekleştirildikten sonra Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

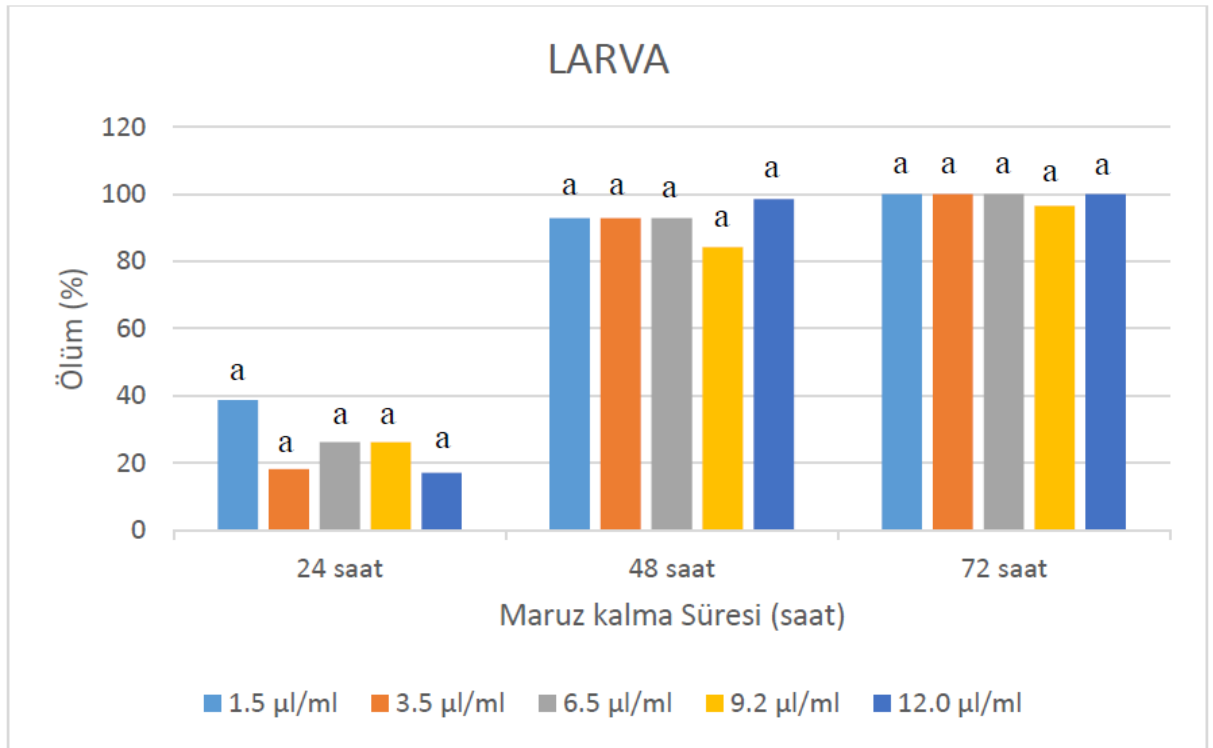
Trogoderma granarium larva ve erginlerine karşı fumigant etki testlerinden elde edilen sonuçlara göre; etkinin bitki uçucu yağının uygulama doz ve uygulama süresine bağlı olarak değiştiği görülmüştür (Şekil 1, Şekil 2).

Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre sedef otu uçucu yağının farklı konsantrasyonlarının *T. granarium* larva ve erginlerine 24, 48 ve 72 saat sonrasındaki yüzde ölüm oranlarına bakıldığında larvalarda 48 saat sonrasında %80'in

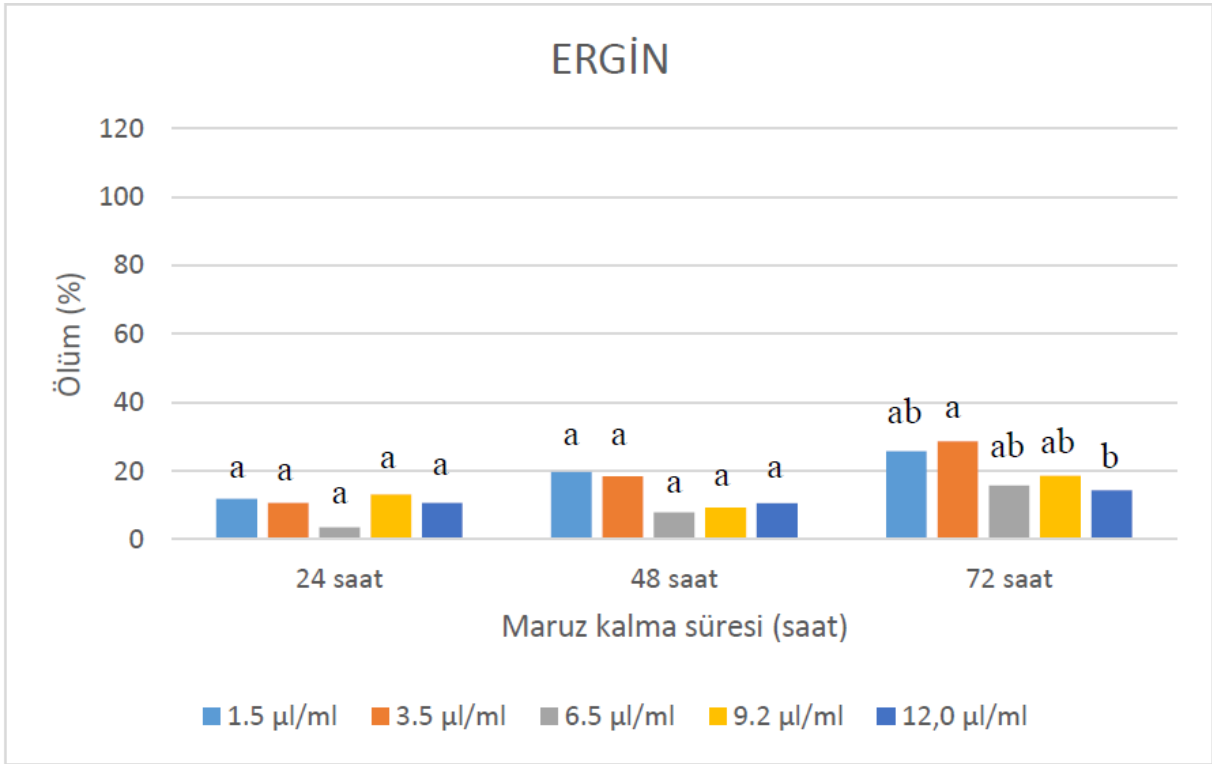
üzerinde etki görülürken; ergin bireylerde 72 saat sonunda dahi etkinin %30'lara bile ulaşmadığı görülmüştür.

Sedef otu uçucu yağının *T. granarium* larvalarına uygulanmasından bir gün sonra canlı bireyler üzerinden yapılan değerlendirmelere göre en yüksek etki oranı %38.64 ile 1.5 µl/ml'lik dozda elde edilmiştir. Bu dozu istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı 6.5 µl/ml, 9.2 µl/ml (%26.14 etki), 3.5 µl/ml (%18.18 etki), 12.0 µl/ml (%17.05 etki) dozları takip etmiştir. Denemenin 48 saat sonraki sayım sonuçlarına bakıldığında ise en yüksek ölüm oranının %98.57 ile 12.0 µl/ml'lik dozda gerçekleştiği belirlenmiştir. İstatistiki olarak aynı grupta yer aldığı diğer konsantrasyonlarda ise 9.2 µl/ml'lik doz dışında (%84.29 etki) ölüm değeri %92.85 olarak belirlenmiştir. Denemenin kurulmasından 72 saat sonra ise 9.2 µl/ml'lik doz dışında (%96.56 etki) tüm uygulamalarda %100' lük bir etki görülmüştür.

Sedef otu uçucu yağının *T. granarium* erginlerine uygulanmasından sonraki canlı bireyler üzerinden yapılan değerlendirmelere bakıldığında 24 saat sonra en yüksek ölüm oranı %15.47 etki ile 9.2 µl/ml'lik konsantrasyonda gerçekleşmiştir. Bu konsantrasyonu istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı 1.5 µl/ml'lik (%11.90 etki), 3.5 µl/ml, 12.0 µl/ml (%10.71 etki), 6.5 µl/ml (%4.76 etki) konsantrasyonları takip etmiştir. Denemenin 48. saat sayım



Şekil 1. *Ruta graveolens* uçucu yağının farklı konsantrasyonlarının *Trogoderma granarium* larvalarına 24., 48. ve 72. saatlerdeki yüzde etki değerleri. [Her gün için ayrı ayrı olmak üzere, aynı harfleri taşıyan sütunların temsil ettiği ortalamalar arasındaki fark önemsizdir. (Tukey'sHSD, p>0,05; n=6, her bir konsantrasyon için toplam 90 birey kullanılmıştır)]



Şekil 2. *Ruta graveolens* uçucu yağının farklı konsantrasyonlarının *Trogoderma granarium* erginlerine 24., 48. ve 72. saatlerdeki yüzde etki değerleri. [Her gün için ayrı ayrı olmak üzere, aynı harfleri taşıyan sütunların temsil ettiği ortalamalar arasındaki fark önemsizdir. (Tukey'sHSD, $p>0,05$ 24. ve 48. saat, $p<0.05$ 72. saat; $n=6$, her bir konsantrasyon için toplam 90 birey kullanılmıştır)]

sonuçlarına bakıldığında ise en yüksek ölüm oranı 1.5 µl/ml (%25.00 etki) ve 3.5 µl/ml (%22.25 etki)'lik konsantrasyonlardan elde edilmiştir. İstatistiki olarak aynı grupta yer alan diğer tüm konsantrasyonlarda da ölüm değeri %10-20 arasında kalmıştır. Denemenin 72. saati sonunda ise en fazla etki %28.57 etki ile 3.5 µl/ml'lik konsantrasyondan elde edilmiştir. İstatistiki olarak aynı grupta yer alan 1.5 µl/ml, 9.2 µl/ml ve 6.5 µl/ml konsantrasyonları sırasıyla %25.71, %21.43 ve %18.58 etki göstermişlerdir. Uygulamadan 72 saat sonra en az ölüm oranı %18.58 oranıyla 6.5 µl/ml'lik konsantrasyondan elde edilmiştir.

Zararının tek bir depolama sezonunda tahıllarda ortalama %6 ila %33 arasında değişen kayba neden olması yanında; bu zararın %73'lere kadar ulaşabilmesi (Rahman ve ark., 1945), bunun yanında tohumlarda canlılık kaybına da neden olması (Prasad ve ark., 1977) zararlıyla mücadelenin önemini göstermektedir. *T. granarium* larvalarının depolarda bulunan yarık ve çatlaklarda gizlenme yeteneğine sahip olmaları yanında diyapozda da girebilmeleri zararlıyla mücadeleyi zorlaştırmaktadır. Ayrıca mücadelede kullanılan insektisitlerin kalıcılığının az olması başarıyı azaltan nedenler arasındadır (Obretenchev ve ark., 2007). *T. granarium*'la mücadelede kullanılan malathion (Aheer ve

ark., 1991; Farooq ve ark., 2000; El-Laqwa ve ark., 2006), pirimiphos-metil (Ahmad ve Mahmood, 1992), endosulfan ve carbaryl (Khosla ve ark., 2005) gibi etkili maddelerin zararlıyla mücadelede her zaman etkili olmadığı da bilinmektedir.

Bu nedenlerle zararlıyla mücadelede etkili yeni yöntemlerin gerekliliği ortaya çıkmış ve *T. granarium*'a karşı bitki ekstraktı ve uçucu yağlarının kullanımı ile ilgili çalışmalar da artmıştır. *T. granarium*'a karşı çok sayıda bitki türünün repellent etkileri değerlendirilmiştir (Arivudainambi ve Singh, 2003; Tayoub ve ark., 2012). Karakteristik olarak, neem (*Azadirachta indica* A. Juss) tohumu uçucu yağının fumigant etkili bir yöntem gibi görüldüğü bildirilmiştir (Arivudainambi ve Singh, 2003). Umut verici sonuçlara rağmen, bitkisel yağlar ve tozlar, üretimi, kalite standardizasyonu, formülasyonu ve ticarileştirilmesiyle ilgili belirli sınırlamalar nedeniyle çoğunlukla deneysel olarak kalmıştır.

Depolanmış ürün zararlısı *Tribolium castaneum*'a (ergin ve larva) karşı *Ruta chalepensis* uçucu yağının insektisidal etkisinin erginlere karşı ($LC_{50}=176.075$ µl/l hava ve $LC_{90}=291.9$ µl/l hava) larvalardan ($LC_{50}=415.348$ µl/l hava ve $LC_{90}=685.907$ µl/l) daha etkili olduğu bildirilmiştir. *R. chalepensis* uçucu yağının 200 µl/l hava dozunda

uygulamadan 24 saat sonra larvalar ve yetişkinler için sırasıyla %14 ve %60 ölüme neden olduğu kaydedilmiştir (Majdoub ve ark., 2014).

Ruta graveolens çiçeklerinden ve yapraklarından ekstrakte edilen uçucu yağdan elde edilen izolatların, depolanan gıda zararlıları *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus oryzae* ve *Lasioderma serricornis*'nin erginlerine karşı fumigant ve kontak etkilerinin araştırıldığı çalışmada fumigant toksisite çalışmalarında *R. graveolens* uçucu yağının LD₅₀ değerleri, *S. zeamais* ve *S. oryzae*'ye karşı sırasıyla 0.480 ve 0.527 mg/cm³ olarak belirlenmiştir. Kontakt toksisite çalışmalarında *R. graveolens* uçucu yağının LD₅₀ değerleri, *S. zeamais* ve *S. oryzae*'ye karşı sırasıyla 0.592 ve 0.618 mg/cm² olarak belirlenmiştir. *L. serricornis*'ye fumigant (0.560 mg/cm³) ve kontak toksisite (0.840 mg/cm²), etkileri ise diğer zararlılara oranla daha az olmuştur (Jeon ve ark., 2015).

Perera ve Karunaratne (2016) *Ruta graveolens* yapraklarından izole ettikleri uçucu yağın, pirinç biti *Sitophilus oryzae*'ye karşı repellent ve toksik etkilerini araştırdıkları çalışmada 50, 100, 150 ve 200 µl/10 ml aseton konsantrasyonlarında hazırlanan uçucu yağ, zararlıyla bulaşık olmayan beyaz çığ pirinçlere muamele ederek bir haftalık erginlere karşı besin olarak vererek test etmişlerdir. Uçucu yağın doz artışı ile orantılı olarak böcekler için repellent etkisinin de arttığını saptadıkları çalışmada 30 dakika sonra en yüksek dozda (200 µl) %100 ergin kaçırıcı etkinin gözlemlendiğini bildirmişlerdir. En düşük dozda (50 µl) ise %89 oranında repellent etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. *R. graveolens* uçucu yağının kontak ve fumigasyon etkilerine bakıldığında, test edilen yağın en yüksek dozları (150 ve 200 µl), hiçbir ölüm oranı vermeyen kontrole kıyasla, bir saat içinde bitlerin %100'ünü ve yarım saat içinde %90'ın üzerinde ölüme neden olduğunu bildirmişlerdir.

R. graveolens L. bitkisinin yapraklarından elde edilen uçucu yağın *Tetranychus urticae*'nin yumurtalarına ve ergin dişilerine karşı fumigant etkisinin araştırıldığı çalışmada, yumurtaya etkisini belirlemek için 7 günlük fumigasyondan sonra, LC₅₀ değerlerine bakılmış ve bir günlük yumurtaların üç günlük yumurtalara göre daha duyarlı olduğu belirlenmiştir (sırasıyla 0.008 ve 0.011 µl/ml hava). Ayrıca, ergin dişi ölüm oranı, LC₅₀ ve LC₉₀ için sırasıyla 0.018 ve 0.0724 µl/ml hava olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, kontrole göre (6561) ortalama bırakılan yumurta/dişi/gün sayısında (3182) önemli bir azalmanın olduğunu da göstermiştir (Kalmosh ve ark., 2019).

Dört narenciye türünün (*Citrus paradisi*, *Citrus sinensis*, *Citrus aurantium* ve *Citrus reticulata*) uçucu yağlarının *T. granarium*'un iki farklı suşu (Faisalabad ve Vehari) üzerindeki etkisinin değerlendirildiği çalışmada, %8'lik konsantrasyonda *C. aurantium* uçucu yağının ölüm yüzdesi (%27.30) bakımından diğer turunçgil türlerine göre daha

etkili bulunmuştur [*C. reticulata* (%26.65), *C. sinensis* (%22.36) ve *C. paradisi* (%20.00)]. Ayrıca Faisalabad suşunun Vehari suşundan daha duyarlı olduğunun belirlendiği çalışmada narenciye esansiyel yağlarının *T. granarium*'a karşı insektisidal, büyümeyi ve beslenmeyi engelleyici etkilere sahip olduğu da bildirilmiştir (Sagheer ve ark., 2013).

T. granarium larvalarına karşı karanfil, kafur, kakule, rezene, soğan ve kimyon uçucu yağlarının kovucu etkilerinin incelendiği çalışmada karanfil uçucu yağının en fazla repellent etkiye sahip olduğu, rezene ve soğan bitkisinden elde edilen uçucu yağların ise daha az (%-30) repellent etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Karanfil uçucu yağının *T. granarium* larvalarına karşı toksik etkisinin konsantrasyonlar ve maruz kalma süresi ile orantılı bir şekilde arttığı bildirilmiştir. Uygulamadan 48 saat sonra 4µ/ml konsantrasyonda, en yüksek larva ölüm oranı (%91.7) meydana gelirken; larvaların 48 saat maruz kaldıktan sonra 0.1, 1, 2, 3 ve 4µ/ml konsantrasyonda sırasıyla ölüm oranları %5.6, %16.7, %50, %61.1 ve %91.7 olarak belirlenmiştir (Gharsan, 2015).

T. granarium yumurta, larva, pupa ve erginlerinin ölüm oranını belirlemek için *Mentha spicata* ve *Citrullus colocynthis*'in uçucu yağ oranlarının etkilerine bakılan bir çalışmada, *C. colocynthis*'e kıyasla *M. spicata* uçucu yağının dozunun artırılması, *T. granarium* yumurta, larva ve pupa ölüm oranlarının artmasında daha yüksek etkiye neden olmuştur. Erginlerde en yüksek ölüm oranı (%94) 50 µL *M. spicata* uygulamasından elde edilmiştir. *C. colocynthis* uçucu yağının en yüksek konsantrasyonları (40 ve 50 µL) bile *T. granarium* yetişkinlerinde en düşük ölüm oranına neden olmuştur (Al-Ameri ve ark., 2020).

Satureja intermedia'dan izole edilen uçucu yağın *Trogoderma granarium* Everts, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), *Tribolium castaneum* (Herbst) ve *Oryzaephilus surinamensis* (L.) zararlılarına karşı fumigant etkisine bakılan çalışmada, uçucu yağ konsantrasyonları ve maruz kalma süreleriyle orantılı şekilde artış gösteren fumigant etkisinin olduğu bildirilmiştir. *O. surinamensis* erişkinlerinin *S. intermedia* uçucu yağının 4.71 µL/L dozuna 24 saat maruz kalması sonucunda %25.00 ölüm meydana gelirken, sırasıyla 24 ve 72 saat sonra 14.71 µL/L'de %80.00 ve %100 oranlarında ölüm meydana gelmiştir. Uçucu yağın, 72 saat sonra 58.82 µL/L dozunda test edilen tüm depolanmış ürün zararlılarına karşı en az %90 ölüm oranına neden olduğu bildirilmiştir (Ebadollahi ve Setzer 2020).

T. granarium'a bitki ekstraktlarının etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda ise *Cassia fistula* bitki ekstraktının %88.66 oranında larvalarda ölümcül etkiye neden olduğu (Dwivedi ve Bajaj, 2000); *Rhazya stricta*, *Azadirachta indica* ve *Helitropium bacciferum* bitki ekstraktlarının 1000 ppm dozunda larvalarda sırasıyla %90.00, 86.70 ve 80.00

oranlarında etkili oldukları (El-Nadi ve ark., 2001); *Annona* larvalarında %55.58 oranında beslenme engelleyici etkiye neden olduğu (Rao ve ark., 2005); *Hyptis suaveolens* bitkisinin tohum ekstraktının *T. granarium* ergin bireyleri üzerinde %24.98 oranında, bitki yaprak ekstraktı ve öğütülmüş tohum tozunun ise %19.40 oranında ölüm meydana getirmesi yanında; sırasıyla %25.70, 35.70 ve 32.80 oranlarında yumurta bırakmayı engellediği (Musa ve ark., 2009) bildirilmiştir.

SONUÇ

Sonuç olarak denemede kullanılan sedef otu uçucu yağının *T. granarium* larvalarına karşı 72. saatten sonra %80 üzerinde etkili olması yanında, 72 saat sonra ise tek bir konsantrasyon dışında %100 etkili olduğu belirlenmiştir. Zararlıların larva döneminin, depolanan tahıllarda ve diğer gıda maddelerinde ağır ekonomik kayıplara neden olan en yıkıcı dönemi olarak kabul edildiği bilinmektedir (Khalique ve ark., 2018).

Uzun süre depolarda muhafaza edilmesi nedeniyle zararlılarla bulaşma ihtimali de çok olan hububat ve bakliyat ürünlerinde sedef otu uçucu yağının kullanılabilme potansiyelinin tam olarak ortaya konulabilmesi için depolarda da çalışmaların yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbott WS (1925) A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.
- Aheer G, Ulfat M, Ali A (1991) Grain Protectants Performance Against Insect Pests of Stored Grain. *Journal of Agricultural Research Pakistan*, 29(3): 399-403.
- Ahmad M, Mahmood T (1992) Mechanical Filling and Protection of Wheat in Hexagonal Bins With Reldan (Chlorpyrifos-methyl) and Actellic (Primiphos-methyl). *Pakistan Journal of Zoology*, 24: 95-99.
- Akyazı R, Soysal M, Hassan E (2015) Toxic and repellents of *Prunus laurocerasus* L. (Rosaceae) extracts against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Turkish Journal of Entomology*, 39(4): 367-380.
- Al-Ameri DT, Hamza AK, Hassan BH, Alhasan AS (2020) Effect of Essential Oil of Colocynthis, *Citrullus colocynthis* and Spearmint, *Mentha spicata* Against the Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae), IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 553: 1-6.
- Alkan M, Gökçe A, Kara K (2015) Antifeedant Activity and Growth Inhibition Effects of Some Plant Extracts Against Larvae of Colorado Potato Beetle [*Leptinotarsa decemlineata* Say (Col: Chrysomelidae)] Under Laboratory Conditions. *Turkish Journal of Entomology*, 39(4): 345-353.

- squamosa* bitki ekstraktının 7 günlük *T. granarium* Anonim (2008) Zirai Mücadele Teknik Talimatları Cilt 1. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Arivudainambi NM, Singh RP (2003) Fumigant Toxicity of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) Seed Oil Volatiles Against Khapra Beetle, *Trogoderma granarium*. *Annals of Plant Protection Sciences*, 11(2): 207-211.
- Behal SR (1998) Effect of Some Plant Oils on the Olfactory Responses of the Larvae of Rice Moth *Corcyra cephalonica* Stainton. *Annals of Plant Protection Sciences*, 6(2): 146-150.
- Çetin H, Elma FN (2017) Bazı Bitki Ekstraktlarının Börülce Tohum Böceği [*Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae)] Erginlerine Etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(4): 404-411.
- Durrant JH (1921) Insects Associated With Grain etc. Royal Society Reports of the Grain Pests (War) Committee, 9:33-52.
- Dwivedi SC, Bajaj L (2000) Repellent Action of Seven Plant Extracts Against *T. granarium*. (Coleoptera: Dermestidae). *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 20(1): 97-99.
- Dwivedi SC, Shekhawat NB (2004) Repellent Effect of Some Indigenous Plant Extracts Against *Trogoderma granarium* (Everts). *Asian Journal of Experimental Sciences*, 18(1-2): 47-51.
- Ebadollahi A, Setzer WN (2020) Evaluation of the Toxicity of Satureja intermedia C. A. Mey Essential Oil to Storage and Greenhouse Insect Pests and a Predator Ladybird. *Foods*, 9(6): 712-724.
- Eliopoulos PA (2013) New Approaches for Tackling the Khapra Beetle. *CAB Reviews*, 8(12): 1-13.
- El-Laqa FA, Azab MM, El-Qadhi HA (2006) Efficiency of Certain Insecticides Under Modified Atmospheres Against Some Stored Product Insects. *Annals of Agricultural Science*, 44(1): 321-332.
- El-Nadi AH, Elhag EA, Zaitoon AA, Aldeghairi M (2001) Toxicity of Three Plants Extracts to *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(12): 1503-1505.
- Erol AB, Birgücü AK, Hassan E, Karaca İ (2018) Effects of Mustard Oil on *Aphis gossypii* Glover and *Macrosiphum rosae* (L.) (Hemiptera: Aphididae). *Türkiye VII. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri*, 14-17 Kasım 2018, Muğla, 66-73.
- Farooq A, Gogi MD, Mansoor H (2000) Relative Efficacy of Different Grain Protectants Against Various Strains of *Trogoderma granarium* Everts. *Pakistan Entomology*, 22(1-2): 55-57.
- Gharsan FN (2015) Evaluation of Some Plant Oils Against Larvae of Khapra Beetle (*Trogoderma granarium* E.) (Coleoptera: Dermestidae). *International Journal of Life Sciences Research*, 3(4): 109-114.
- Hadaway AB (1956) The Biology of the Dermestid Beetles, *Trogoderma granarium* Everts and *Trogoderma*

- versicolor* (Creutz). Bulletin of Entomology Research, 40: 781-796.
- Ignatowicz S (1998) Powdered Herbs of the Daisy Family (*Compositae*) as Repellents or Attractants for the Grain Weevil, *Sitophilus granarius* (L.) and the Rice Weevil, *S. oryzae* (L.). Annals of Warsaw Agricultural University SGGW, Horticulture (Landscape Architecture), 19: 15-28.
- Isman MB (2006) Botanical Insecticides, Deterrents and Repellents in Modern Agriculture and an Increasingly Regulated World. Annual Review of Entomology, 51: 45-66.
- Jeon JH, Lee SG, Lee HS (2015) Isolation of Insecticidal Constituent from *Ruta graveolens* and Structure-Activity Relationship Studies Against Stored-Food Pests (Coleoptera). Journal of Food Protection, 78(8): 1536-1540.
- Kaethner M (1992) Fitness Reduction and Mortality Effects of Neen-Based Pesticides on the Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Col: Chrysomelidae). Journal of Applied Entomology, 113: 456-465.
- Kalmosh FS, Shafiey SN, Kawas HM (2019) Fumigant Toxicity of Rue Essential Oil, *Ruta graveolens* L. on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Academic Journal of Life Sciences, 5(8): 48-54.
- Karabudak E (2012) Vejetaryen Beslenmesi. Reklam Kurdu Ajansı, Ankara.
- Karaca İÇ, Gökçe A (2014) Toxic and behavioural effects of plant extracts to greenhouse whitefly [*Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Hemiptera: Aleyrodidae)]. Turkish Journal of Entomology, 38(4): 459-466.
- Koul O, Walia S, Dhaliwal GS (2008) Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints. Biopesticides International 4(1): 63-84.
- Kesdek M, Kordali Ş, Bozhüyük AU, Güdek M (2020) Larvicidal Effect of *Achillea biebersteinii* Afan. (Asteraceae) Essential Oil Against Larvae of Pine Processionary Moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Lepidoptera: Notodontidae). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 44(5): 1-10.
- Khalique U, Farooq MU, Ahmed MF, Niaz U (2018) Khapra Beetle: A Review of Recent Control Methods. Current Investigations in Agriculture and Current Research, 5(5): 666-671.
- Khosla R, Chhillar B, Kashyap R (2005) Efficacy of Insecticidal Dusts on Natural Infestation of *Trogoderma granarium* (Everts) on Wheat Seeds. Annals of Biology, 21(1): 69-72.
- Koul O, Walia S, Dhaliwal GS (2008) Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints. Biopesticides International, 4(1): 63-84.
- Kubo I (2006) New Concept to Search for Alternate Insect Control Agents From Plants. In: Rai M, Carpinella M (eds.), Naturally Occurring Bioactive Compounds 3, Elsevier, Amsterdam, 61-80.
- Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De-Poorter M (2000) 100 of the World's Worst Invasive Alien Species: A Selection from the Global Invasive Species Database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a Specialist Group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN).
- Majdoub O, Dhen N, Souguir S, Haouas D, Baouandi M, Laarif A, Chaieb I (2014) Chemical Composition of *Ruta chalepensis* Essential Oils and Their Insecticidal Activity Against *Tribolium castaneum*. Tunisian Journal of Plant Protection, 9(1): 83-90.
- Musa AK, Dike MC, Onu I (2009) Evaluation of Nitta (*Hyptis suaveolens* Poit) Seed and Leaf Extracts and Seed Powder for the Control of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) in Stored Groundnut. American-Eurasian Journal of Agronomy, 2(3): 176-179.
- Nasseh O, Wilps H, Rembold H, Krall S (1993) Biologically Active Compounds in *Melia volkensii*: Larval Growth Inhibitor and Phase Modulator Against the Desert Locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orth., Cyrtacanthacrinae). Journal of Stored Products Research, 42: 86-96.
- Obretenchev A, Stancheva E, Obretenchev D (2007) Persistence of Some Organophosphorus Insecticides Applied on Different Surfaces and Packages to the Adult Insect of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). Plant Science, 44(5): 410-415.
- Pandir D, Baş H (2016) Compositional Analysis and Toxicity of Four Plant Essential Oils to Different Stages of Mediterranean Flour Moth, *Ephesia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Turkish Journal of Entomology, 40(2): 185-195.
- Pasek JE (2004) Pest Risk Assessment: Khapra Beetle. USDA APHIS, Center for Plant Health Science and Technology Raleigh Plant Protection Center, Raleigh, NC. The center for Environmental and Regulatory Information Systems, Purdue University, USA.
- Perera AGWU, Karunaratne MMS (2016) Efficacy Of Essential Oil Of *Ruta graveolens* Leaves Against *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) as a Biorational Pesticide In Post-Harvest Pest Management. International Journal of Science, Environment and Technology, 5(1): 160-166.
- Prasad H, Bhatia P, Sethi G (1977) Estimation of Feding Losses by *Trogoderma granarium* Everts in Wheat. Indian Journal of Entomology, 39(4): 377-378.
- Rahman KA, Sohi G, Sapra A (1945) Studies on Stored Grain Pests in the Punjab. VI. Biology of *Trogoderma granarium* Everts. Indian Journal of Agricultural Science, 15(2): 85-92.
- Rao NS, Sharma K, Sharma RK (2005) Anti-feedant and Growth Inhibitory Effects of Seed Extracts of Custard Apple, *Annona squamosa* against Khapra beetle, *Trogoderma granarium*. Journal of Agricultural Technology, 1(1): 43-54.
- Sagheer M, Hasan M, Ali Z, Yasir M, Ali Q, Ali K, Majid A, Khan FZA (2013) Evaluation of Essential Oils of Different Citrus Species Against *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae)

- Collected from Vehari and Faisalabad Districts of Punjab, Pakistan. Pakistan Entomologist, 35(1): 37-41.
- Sathyaseelan V, Baskaran V, Mohan S (2008) Efficacy of Some Indigenous Pesticidal Plants Against Pulse Beetle, *Callosobruchus chinensis* (L.) on Green Gramineae. Journal of Entomology, 5(2): 128-132.
- Shaaya E, Ravid U, Paster N, Juven B, Zisman U, Pissarev V (1991) Fumigant Toxicity of Essential Oils Against Four Major Stored Product Insects. Journal of Chemical Ecology, 17(3): 499-504.
- Tamer A (1996) *Acanthoscelides obtectus* (Say) ve *Callosobruchus maculatus* F.'un Gelişme Süresi Üzerine Sıcaklığın ve Besinin Etkilerinin Araştırılması. Türkiye 3. Entomoloji Kongresi Bildiri Özetleri, 24-28 Eylül 1996, Ankara, 200-205.
- Tayoub G, Abu-Alnaser A, Ghanem I (2012) Fumigant Activity of Leaf Essential Oil from *Myrtus communis* L. Against the Khapra Beetle. International Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 2(1): 207-213.
- Yayıntaş ÖT (2018) Azerbaycan'ın Monograflara Giren Şifalı Bitkileri. Journal of Awareness, 3: 455-470.