



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Bazı Bitkisel Yağların *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) Üzerindeki Fumigant Etkileri

Selçuk ÇİFTÇİ¹, Ali KAYAHAN^{1*}, İsmail KARACA¹

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü – Isparta-Türkiye

^{1*}Sorumlu yazar: aalikayahan@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 22/01/2020

Kabul tarihi: 31/03/2021

Anahtar Kelimeler: Depo zararlıları, Entegre Zararlı Yönetimi, Fumigasyon, Unbiti

ÖZET

Tribolium castaneum (Herbst), dünya çapında yaygın bir zararlı olmakla birlikte depolanan ürünlerin özellikle de buğdaydan elde edilen ürünlerin zararlıdır. Bu çalışmada depo zararlılarına karşı uygulanan kimyasalların kullanımını ve çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmaya çalışmak, ülkemizde ve dünyada gittikçe üretimi artan bitkisel yağların zararlılara karşı kullanım olanaklarının araştırılması hedef alınmıştır. Bu amaçla Kekik yağı (*Origanum minutiflorum*), Lavanta yağı (*Lavandula hybrida*), Ardıç tohumu yağı (*Juniperus excelsa*) ve Sedir ağacı yağı (*Cedrus atlantica*)'nın *T. castaneum* üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla seyreltilmiş bitkisel yağlar pamuğa emdirilerek petri kabına bırakılmış ve içerisine unbiti bireyleri aktarılmıştır. Uygulamadan 1, 3, 5 ve 7 gün sonra canlı ve ölü bireyler sayılmış ve yüzde ölüm oranları belirlenmiştir. Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü bünyesinde yer alan, 25±1°C sıcaklık ve %60±5 nispi nem ve 16:8 aydınlatma koşullarına sahip iklim kabinlerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre yağların en yüksek dozu ve 7. gün sonundaki ölüm oranlarının sırasıyla %100, %100, %76 ve %84 olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmadan çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde uygulaması yapılan kekik yağının fumigant etkisinin diğerlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Fumigant Effects of Some Vegetable Oils on *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)

ARTICLE INFO

Received: 22/01/2020

Accepted: 31/03/2021

Keywords: Storage pests, Integrated Pest Management, Fumigation, Red Flour Beetle

ABSTRACT

Tribolium castaneum (Herbst) is a common pest around the world, but it is a pest of stored products, especially wheat-derived products. In this study, it was aimed to try to reduce the use of chemicals applied against warehouse pests and their negative effects on the environment, and to investigate the use of vegetable oils, which are increasingly produced in our country and in the world, against pests. For this purpose, the effects of Thyme oil (*Origanum minutiflorum*), Lavender oil (*Lavandula hybrida*), Juniper seed oil (*Juniperus excelsa*) and Cedarwood oil (*Cedrus atlantica*) on *T. castaneum* were tried to be determined. For this purpose, diluted vegetable oils were adsorbed in cotton and left in a petri dish and *T. castaneum* individuals were transferred into it. Living and dead individuals were counted 1, 3, 5 and 7 days after the application and the percent mortality rates were determined. This study was carried out in climate cabinets of Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, with a temperature of 25±1 °C, a relative humidity of 60±5%, 16:8 lighting conditions. As a result of the study, it was observed that the highest dose of fats and the death rates at the end of the 7th day were 100%, 100%, 76% and 84%, respectively. When the results of the study were evaluated, it was determined that the fumigant effect of the applied thyme oil was higher than the others.

1. Giriş

Dünyadaki nüfus artışına bağlı olarak insanların besin ihtiyacı da artmaktadır. Bundan dolayı tarımsal üretim yapılan alanlardan iyi verim elde edebilmek için değişik yöntemlerin geliştirilmesi ve ürünlerin ortamdaki zararlılardan korunması gerekmektedir (Schöller vd., 1997; Azizoğlu vd., 2011). Bu tür zararlıların mücadelesinde kimyasal bileşiklerin kullanımı 50 yıldan daha öncesine dayanmaktadır (Jackson & Jaronski, 2009). Ancak bu kimyasalların yoğun bir şekilde kullanılması insan ve çevre sağlığı açısından olumsuz koşullar doğurmaktadır (Moore & Prior, 1993; Arthur, 1996; Zettler & Arthur, 2000; Ayvaz vd., 2008). Tahılların üretimi hem

dünya genelinde hem de ülkemizde ilk sıralarda yer almaktadır. Ülkemizde üretimi ilk sıralarda yer alan tahılların başında arpa ve buğday gelmektedir. Yaklaşık 73 milyon dekar alanda tarımı yapılan buğdayın yıllık üretimi 20 milyon beş yüz bin tondur. İkinci ürün olan arpanın ise yaklaşık 26 milyon dekar alanda tarımı yapılmakta olup, yıllık 8 milyon üç yüz bin ton üretilmiştir. Bunlardan sonra en fazla üretilen ürünler ise mısır ve çeltiktir (TÜİK, 2020). İnsanların ve hayvanların beslenmelerini sağlayacak besinlerin temini ve devamlılığının sağlanması günümüzde bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucu olarak da birim alandan elde edilen ürünlerin miktarının artırılması, onların korunması ve saklanması önem arz

etmektedir. Hasat edilen tahılların depolanması sırasında ürünlerdeki kayıpların oluşmasında böcekler ve akarlar önemli etmenler arasındadır (Donahaye & Messer, 1992). Depolanan ürünler üzerinde zarara neden olan organizmalar doğrudan veya dolaylı şekilde ürünler üzerinde etkili olmaktadır. Üründe tohumluk özelliğinin düşmesine, ağırlık kayıplarına, kalite ve besin değerlerinde olumsuz yönde değişimlere yol açarak ticari değerinin düşmesine sebep vermektedirler (Boxall, 2001). Bu sebeple tahılların hasattan tüketilinceye kadar en az kayıp verdirilerek depolanması ve korunması oldukça önemlidir (Bağcı vd., 2014). Depolanmış ürünlerde kayıplara sebep olan organizmaları engellemek için değişik yöntemler tercih edilmektedir. Bu yöntemlerden biri olan pestisitlerin kullanılması sonucunda çevre ve insan sağlığı açısından olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır (Emekçi & Ferizli, 2000). Bu zararlılarla mücadelede hızlı etki ve düşük maliyetli olması nedeniyle fumigasyon yöntemi tercih edilmektedir (Banks, 1994). Bunun yanında değişik mücadele yöntemleri de söz konusudur (Hermetik depolama, havalandırma, düşük ve yüksek sıcaklıktan yararlanma, entegre mücadele) (Fields, 1992; Donahaye, 2000; Adler, 2004).

Unbiti *Tribolium castaneum* (Herbst), depolanmış ürünlerde özellikle de buğdaydan elde edilen ürünlerin yanında makarna, kurutulmuş meyvelerde, bisküvi ve fındık üzerinde ekonomik kayıplara sebep olmaktadır (Sinha & Watters, 1985; Mills & Pedersen, 1990; Karunakaran vd., 2004). Bu türün erginleri koku bezlerinden kötü kokulu bir sıvı salgılayarak üründe kokuşmaya ve küflenmeye neden olmaktadır (Lu vd., 2010). Üreme kapasitelerinin yüksek olmasından dolayı da ürünlerde yüksek kayıplara sebep olmaktadır (Prakash vd., 1987).

Bu tür böceklerle mücadelede genellikle malatyon, kloropirofosmetil, fosfin ve metil bromid gibi kimyasallar tercih edilmektedir (Arthur, 1996). Bu kimyasalların kullanımı ozon tabakasının incelmeye (Hansen & Jensen, 2002; Fields & White, 2002), zararlı böceklerin kimyasallara direnç kazanmasına (Sinha & Watters, 1985), memeliler üzerinde toksik etkilerin görülmesine, besin zincirinin bozulmasına, yararlı organizmaların olumsuz etkilenmesine ve bazı türlerin yok olmasına neden olmaktadır (Regnault-Roger, 1997). Kimyasalların sebep olduğu bu olumsuzluklar nedeniyle alternatif mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiği düşüncesi ortaya çıkmaktadır (Ayvaz & Karabörklü, 2008).

Son yıllarda tarımsal zararlılara karşı kullanılan pestisitlerin çevre ve inşaa sağlığına olumsuz etkileri sebebiyle onlara göre daha kısa parçalanma süresine sahip, öldürülmesi istenmeyen organizmalar ve çevre açısından olumsuz etkisi az olan bitkisel kökenli bileşiklerin arayışına girilmiştir (Arnason vd., 1989; Feng ve Isman, 1995; Wewetzer, 1995; Hedin vd., 1997; Momen vd., 1997; Liao vd., 2017; Kunbhar vd., 2018). Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında bitkiler bünyelerinde buldukları biyoaktif kimyasallar sayesinde böceklerin popülasyonlarının kontrolünde sentetik bileşiklere alternatif olabileceği düşüncesi savunulmaktadır (Isman, 2000; Kim vd., 2003b;

Govindarajan vd., 2016; Sammour vd., 2018). Bitkilerde bulunan uçucu bileşiklerin birçoğu doğada hızla parçalanır ve diğer kimyasallar gibi çevrede birikmez, bu sebeple biyolojik savaşta tercih edilmektedir (Arnason vd., 1989; Hedin vd., 1997). Bitkilerdeki uçucu yağların ve onların bileşenlerinin insektisit aktiviteleri ile ilgili birçok çalışma göze çarpmaktadır (Regnault-Roger vd., 1993; Regnault-Roger & Hamraoui, 1995; Golob vd., 1999; Weaver & Subramanyam, 2000; Kéita vd., 2001; Lee vd., 2001; Andronikashvili & Reichmuth, 2002; Kalinovic vd., 2002; Papachristos & Stamopoulos, 2002; Kim vd., 2003a). Prakash & Rao (1997)'ya göre 866 bitki türünde bulunan 256 aktif maddenin böceklerle mücadelede kullanılabileceği önerilmiştir. Bitkilerin salgıladığı semiokimyasal maddeler olan bitki ekstraktları ve uçucu yağlar böcekler üzerinde fümigant, kontakt insektisit, kaçırcı, çekici, yumurta bırakmayı ve yemeyi engelleyici etki sergilemektedir (Isman, 2000; Shaaya vd., 1997; Singh & Singh, 1991; Huang vd., 1997; Stamopoulos, 1991; Weaver ve Subramanyam, 2000; Shakarami vd., 2003, 2004; Negahban vd., 2006, 2007; Sarwar ve Salman, 2015; Becker vd., 2016; El-Sheikh vd., 2016; Giunti vd., 2016; Lin vd., 2016; Ali vd., 2017; Gençer vd., 2017).

Bu çalışmada da depo zararlılarına karşı uygulanan kimyasalların kullanımını ve çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmaya çalışmak, ülkemizde ve dünyada üretimi artan bitkisel yağların zararlılara karşı kullanım olanaklarının araştırılması hedef alınmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Biyolojik Mücadele Araştırma ve Uygulama Merkezinde yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan bitkisel yağlar ticari olarak temin edilmiştir. Çalışmada su buharı distilasyon yöntemi ile üretilen Kekik yağı (*Origanum minutiflorum*), Lavanta yağı (*Lavandula hybrida*), Ardiç tohumu yağı (*Juniperus excelsa*) ve Sedir ağacı yağı (*Cedrus atlantica*) kullanılmış ve bu aromatik uçucu yağlar Botalife® firmasından temin edilmiştir.

2.1. *Tribolium castaneum* (Herbst) erginlerinin üretilmesi

Tribolium castaneum (Herbst) ergin bireyleri Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Biyolojik Mücadele Araştırma ve Uygulama Merkezinde yapılmakta olan üretimden sağlanmıştır. Bu üretimden alınan bireyler içerisinde 1:1:1 oranında bisküvi, un ve kepek karışımı bulunan 10x15x10 cm ölçülerinde plastik kaplara aktarılmış ve kitle üretimine başlanmıştır. Çalışmada kullanılan ergin bireyler bu üretimden sağlanmıştır. Üretimlerin tamamı 25±1°C sıcaklık ve %60±5 nispi neme sahip iklim kabinlerinde yürütülmüştür. Bu çalışmada böceğin ergin bireyleri kullanılmıştır.

2.2. Bitkisel yağların uygulanması

Bu çalışmada 4 farklı bitkisel yağ (kekik yağı, lavanta yağı, ardiç tohumu yağı, sedir ağacı yağı) ve kontrol uygulaması için saf su kullanılmıştır. Her bir bitkisel yağ için 6 farklı

uygulama dozu denenmiştir (%1, %0.5, %0.25, %0.125, %0.0625, %0.03125). Ayrıca denemeler 5'er birey ve 5'er tekerrürlü olarak yürütülmüş ve 12 cm çapındaki plastik petri kapları kullanılmıştır. Uygulamada saf su ile seyreltilen bitkisel yağlar, mikropipet yardımıyla petrilerin içerisine önceden hazırlanmış pamukların üzerine her birine 2 ml gelecek şekilde boşaltılmıştır. İçerisinde hem yeterince besin hem de 5'er birey olan ve uygulama yapılan petri kaplarının kenarları hava almaması amacıyla parafilm ile kaplanmıştır. Uygulama yapıldıktan belirli gün sonra (1, 3, 5, 7 gün sonra) canlı ve ölü bireyler sayılmış ve bu çalışma için hazırlanmış çizelge üzerinde kaydedilmiştir. Yapılan uygulamaların tamamı 25±1°C sıcaklık ve %60±5 nispi nem ve 16:8 aydınlatma koşullarına sahip iklim kabinlerinde gerçekleştirilmiştir.

2.3. İstatistik analiz

Çalışma sonucunda elde edilen verilere bağlı olarak canlı ve ölü bireyler üzerinden ölüm yüzdeleri tespit edilmiştir. Bu sayede uygulaması yapılan bitkisel yağların *Tribolium castaneum* (Herbst) üzerindeki etkinlikleri belirlenmiştir. Bunun yanında uygulamadan sonra canlı bireylerin sayıları

üzerinden Tukey testine göre ($p < 0.05$) karşılaştırma yapılmış ve farklı dozların aynı gündeki etkileri belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada farklı bitkisel yağların (Kekik yağı, Lavanta yağı, Ardiç tohumu yağı ve Sedir ağacı yağı) seyreltilmiş dozlarının *Tribolium castaneum*'a karşı fumigant etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kekik yağının aynı günde farklı dozlarının etkilerinin de farklı olduğu gözlenmiştir. Uygulanan en yüksek dozun sayım yapılan tüm günlerdeki etkisinin son üç doz ve kontrole göre farklı olduğu gözlenmiştir ($P < 0.05$). Uygulamalardaki tüm dozların ilk günlerinde ve düşük dozlarda canlı birey sayılarının yüksek olduğu, kekik yağının yüksek dozların da ise bireylerin tamamının öldüğü gözlenmiştir (Çizelge 1). Kekik yağının uygulaması yapıldıktan sonra canlı ve ölü bireylerin sayımları yapılmış ölü bireyler üzerinden yüzde etkileri tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre dozların yüzde etkileri 7. günün sonunda sırasıyla %100, %92, %76, %60, %60 ve %24 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Kekik yağının farklı dozlarının farklı günlerdeki etkileri (canlı *Tribolium castaneum* (Herbst) sayıları)

Table 1. Effects of different doses of thyme oil on different days (live *Tribolium castaneum* (Herbst) numbers)

ZAMAN	Kekik (%1)	Kekik (%0.5)	Kekik (%0.25)	Kekik (%0.125)	Kekik (%0.0625)	Kekik (%0.03125)	Kontrol
1.Gün	2.2±0.49c	3.0±0.32bc	3.2±0.37bc	3.8±0.58abc	4.2±0.37ab	4.6±0.25ab	5.0±0.00a
3.Gün	0.8±0.37e	1.6±0.25de	2.2±0.20cd	3.4±0.51bc	3.8±0.37ab	4.2±0.20ab	5.0±0.00a
5.Gün	0.0±0.00e	0.8±0.49de	2.0±0.00cd	2.8±0.66bc	3.2±0.49bc	3.8±0.37ab	5.0±0.00a
7.Gün	0.0±0.00c	0.4±0.40bc	1.2±0.37bc	2.0±0.45b	2.0±0.63b	3.8±0.37a	5.0±0.00a

*Aynı satırdaki farklı harfler Tukey testine göre istatistiksel bir farkın olduğunu göstermektedir ($F_{1gün}: 6.58; P_{1gün}: 0.001 / F_{3gün}: 23.47; P_{3gün}: 0.001 / F_{5gün}: 19.71; P_{5gün}: 0.001 / F_{7gün}: 21.78; P_{7gün}: 0.001$)

Çizelge 2. Farklı dozlarda uygulanan kekik yağının *Tribolium castaneum* (Herbst) üzerindeki yüzde (%) etkileri

Table 2. Percent (%) effects of thyme oil applied in different doses on *Tribolium castaneum* (Herbst)

ZAMAN	Kekik (%1)	Kekik (%0.5)	Kekik (%0.25)	Kekik (%0.125)	Kekik (%0.0625)	Kekik (%0.03125)
1.gün	56	40	36	24	16	8
3.gün	84	68	56	32	24	16
5.gün	100	84	60	44	36	24
7.gün	100	92	76	60	60	24

Elde edilen sonuçlara göre Lavanta yağının aynı günde farklı dozlarının etkilerinin de farklı olduğu gözlenmiştir. Uygulanan en yüksek dozun sayım yapılan tüm günlerdeki etkisinin son üç doz ve kontrole göre farklı olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$). Uygulamalardaki tüm dozların ilk günlerinde ve düşük dozlarda canlı birey sayılarının yüksek olduğu, lavanta yağının yüksek dozların da ise

bireylerin tamamının ya da büyük çoğunluğunun öldüğü gözlenmiştir (Çizelge 3). Lavanta yağının uygulaması yapıldıktan sonra canlı ve ölü bireylerin sayımları yapılmış ve ölü bireyler üzerinden yağın yüzde etkileri saptanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre dozların yüzde etkileri 7. günün sonunda sırasıyla 100, %68, %40, %28, %24 ve %12 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 3. Lavanta yağının farklı dozlarının farklı günlerdeki etkileri (canlı *Tribolium castaneum* (Herbst) sayıları)
Table 3. Effects of different doses of lavender oil on different days (live *Tribolium castaneum* (Herbst) numbers)

ZAMAN	Lavanta (%1)	Lavanta (%0.5)	Lavanta (%0.25)	Lavanta (%0.125)	Lavanta (%0.0625)	Lavanta (%0.03125)	Kontrol
1.gün	3.2±0.37c	3.4±0.40bc	4.0±0.45abc	4.6±0.25ab	4.6±0.25ab	4.8±0.20a	5.0±0.00a
3.gün	1.0±0.55c	2.8±0.49b	4.0±0.45ab	4.4±0.40ab	4.4±0.25ab	4.6±0.25a	5.0±0.00a
5.gün	0.4±0.40c	2.0±0.32b	3.6±0.51a	4.4±0.40a	4.0±0.31a	4.4±0.25a	5.0±0.00a
7.gün	0.0±0.00d	1.6±0.25cd	3.0±0.78bc	3.6±0.40ab	3.8±0.37ab	4.4±0.25ab	5.0±0.00a

*Aynı satırdaki farklı harfler Tukey testine göre istatistiksel bir farkın olduğunu göstermektedir ($F_{1gün}$: 5.29; $P_{1gün}$: 0.001 / $F_{3gün}$: 13.33; $P_{3gün}$: 0.001 / $F_{5gün}$: 22.11; $P_{5gün}$: 0.001 / $F_{7gün}$: 20.47; $P_{7gün}$: 0.001)

Çizelge 4. Farklı dozlarda uygulanan Lavanta yağının *Tribolium castaneum* (Herbst) üzerindeki yüzde (%) etkileri
Table 4. Percent (%) effects of lavender oil applied in different doses on *Tribolium castaneum* (Herbst)

ZAMAN	Lavanta (%1)	Lavanta (%0.5)	Lavanta (%0.25)	Lavanta (%0.125)	Lavanta (%0.0625)	Lavanta (%0.03125)
1.gün	36	32	20	8	8	4
3.gün	80	44	20	12	12	8
5.gün	92	60	28	12	20	12
7.gün	100	68	40	28	24	12

Ardıç yağının unbiti üzerindeki etkileri incelendiğinde ilk iki yağa göre etki oranının düşük olduğu saptanmış ve canlı birey sayılarının özellikle düşük dozların ilk günlerinde kontrol uygulaması ile yakın olduğu görülmektedir. Uygulanan dozların sayım yapılan tüm günlerdeki etkisinin özellikle 5. günden sonra kontrole göre farklı

olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 5). Ardıç yağının uygulaması yapıldıktan sonra canlı ve ölü bireylerin sayımları yapılmış ve ölü bireyler üzerinden yağın yüzde etkileri saptanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre dozların yüzde etkileri 7. günün sonunda sırasıyla %76, %76, %64, %56, %56 ve %56 olarak belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 5. Ardıç yağının farklı dozlarının farklı günlerdeki etkileri (canlı *Tribolium castaneum* (Herbst) sayıları)
Table 5. Effects of different doses of Juniper oil on different days (live *Tribolium castaneum* (Herbst) numbers)

ZAMAN	Ardıç (%1)	Ardıç (%0.5)	Ardıç (%0.25)	Ardıç (%0.125)	Ardıç (%0.0625)	Ardıç (%0.03125)	Kontrol
1.gün	2.0±0.45b	2.2±0.37b	3.0±0.55b	3.2±0.37ab	3.4±0.25ab	3.6±0.68ab	5.0±0.00a
3.gün	1.8±0.58b	1.8±0.37b	2.4±0.40b	2.6±0.25b	2.8±0.20b	3.2±0.66ab	5.0±0.00a
5.gün	1.4±0.51b	1.8±0.37b	2.4±0.40b	2.4±0.40b	2.6±0.25b	2.8±0.74b	5.0±0.00a
7.gün	1.2±0.37b	1.2±0.49b	1.8±0.37b	2.2±0.37b	2.2±0.37b	2.2±0.80b	5.0±0.00a

*Aynı satırdaki farklı harfler Tukey testine göre istatistiksel bir farkın olduğunu göstermektedir ($F_{1gün}$: 5.31; $P_{1gün}$: 0.001 / $F_{3gün}$: 7.12; $P_{3gün}$: 0.001 / $F_{5gün}$: 7.03; $P_{5gün}$: 0.001 / $F_{7gün}$: 8.08; $P_{7gün}$: 0.001)

Çizelge 6. Farklı dozlarda uygulanan Ardıç yağının *Tribolium castaneum* (Herbst) üzerindeki yüzde (%) etkileri
Table 6. Percent (%) effects of juniper oil applied in different doses on *Tribolium castaneum* (Herbst)

ZAMAN	Ardıç (%1)	Ardıç (%0.5)	Ardıç (%0.25)	Ardıç (%0.125)	Ardıç (%0.0625)	Ardıç (%0.03125)
1.gün	60	56	40	36	32	28
3.gün	64	64	52	48	44	36
5.gün	72	64	52	52	48	44
7.gün	76	76	64	56	56	56

Sedir yağının *T. castaneum* üzerindeki etkilerine bakıldığında ardıç yağında olduğu gibi bir durum söz konusudur. Bu yağın etkisi ilk iki yağa göre daha düşük olmuştur. Ancak ardıç yağından daha etkili olduğu gözlenmektedir. Buna göre özellikle uygulamanın ilk günlerinde ve düşük dozlarda canlı birey sayıları yüksek olurken; ilerleyen günlerde ve yüksek dozlarda ölü birey sayıları artmıştır. Buna ek olarak canlı birey sayılarının özellikle düşük dozların ilk günlerinde kontrol uygulaması

ile yakın olduğu görülmektedir. Uygulanan dozların sayım yapılan tüm günlerdeki etkisinin özellikle 5. günden sonra kontrole göre farklı olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 7). Sedir yağının uygulaması yapıldıktan sonra canlı ve ölü bireylerin sayımları yapılmış ve ölü bireyler üzerinden yağın yüzde etkileri saptanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre dozların yüzde etkileri 7. günün sonunda sırasıyla %84, %76, %72, %72, %76 ve %58 olarak belirlenmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 7. Sedir yağının farklı dozlarının farklı günlerdeki etkileri (canlı *Tribolium castaneum* (Herbst) sayıları)
Table 7. Effects of different doses of cedar oil on different days (live *Tribolium castaneum* (Herbst) numbers)

ZAMAN	Sedir (%1)	Sedir (%0.5)	Sedir (%0.25)	Sedir (%0.125)	Sedir (%0.0625)	Sedir (%0.03125)	Kontrol
1.gün	1.6±0.68b	1.8±0.97b	2.6±0.25ab	2.6±0.60ab	3.2±0.97ab	2.8±0.49ab	5.0±0.00a
3.gün	1.0±0.55b	1.8±0.97b	2.4±0.25ab	2.6±0.60ab	2.6±0.87ab	2.4±0.51ab	5.0±0.00a
5.gün	0.8±0.37b	1.8±0.97b	1.6±0.40b	1.8±0.58b	2.0±0.71b	1.8±0.58b	5.0±0.00a
7.gün	0.8±0.37b	1.2±0.58b	1.4±0.40b	1.4±0.68b	1.2±0.49b	1.6±0.68b	5.0±0.00a

*Aynı satırdaki farklı harfler Tukey testine göre istatistiksel bir farkın olduğunu göstermektedir ($F_{1gün}: 2.92; P_{1gün}: 0.024 / F_{3gün}: 3.93; P_{3gün}: 0.006 / F_{5gün}: 5.12; P_{5gün}: 0.001 / F_{7gün}: 7.99; P_{7gün}: 0.001$)

Çizelge 8. Farklı dozlarda uygulanan sedir yağının *Tribolium castaneum* (Herbst) üzerindeki yüzde (%) etkileri
Table 8. Percent (%) effects of cedar oil applied in different doses on *Tribolium castaneum* (Herbst)

ZAMAN	Sedir (%1)	Sedir (%0.5)	Sedir (%0.25)	Sedir (%0.125)	Sedir (%0.0625)	Sedir (%0.03125)
1.gün	68	64	48	48	36	44
3.gün	80	64	52	48	48	52
5.gün	84	64	68	64	60	64
7.gün	84	76	72	72	76	68

Bitkisel kökenli pestisitlerin zararlılar üzerindeki etkilerini araştırmak üzere son yıllarda çalışmaların arttığı görülmektedir. Bu çalışmalarda en çok üzerinde durulan gruplar Meliaceae, Rutaceae, Asteraceae, Labiateae, Piperaceae, ve Annonaceae familyalarıdır (Schoonhoven, 1982; Jacobson, 1989; Isman, 1995). Günümüzde ticari olarak piyasada bulunan Azadirachtin, Neem ağacı (*Azadirachta indica*, Meliaceae)'ndan elde edilmiştir ve pek çok zararlı böceğe karşı beslenmeyi ve büyümeyi engelleyici olarak kullanılmaktadır (Isman, 1997; Kısmalı & Madanlar, 1988). Bunun yanında *Pimpinella anisum*'dan elde edilen bir fenilpropanoid olan trans-anetholün Coleoptera, Hymenoptera ve Lepidoptera takımından birçok zararlı türe etkili olduğu bilinmektedir (Saraç & Tunç, 1995a, b; Ho vd., 1997b; Kelm vd., 1997).

Yapılan çalışmalara bakıldığında bitki uçucu yağlarının depo zararlılarına karşı oldukça etkili olduğu bilinmektedir. Regnault vd. (1993), yaptıkları çalışmalarında 22 uçucu yağın *Acanthocelides obtectus* üzerindeki fumigant etkisine bakılmış ve bunların içerisinde *Thymus serpyllum* ile *Origanum majorana*'nın uçucu yağlarının oldukça etkili olduğu bildirilmiştir. Depo zararlılarından olan *Sitophilus zeamais* ve *Tribolium castaneum* ile yapılan diğer çalışmalarda, *Illium verum*, *Pimpinella anisum* ve *Syngium aromaticum* bitkilerinin eterik yağ bileşenlerinden cinnamaldehyde, alfa pinene ve anethole bileşenlerinin kontak, fumigant ve beslenmeyi engelleyici etkileri olduğu belirlenmiştir (Ho vd., 1994; Ho vd., 1995; Ho vd., 1997a; Huang & Ho, 1998; Huang vd., 1998).

Bunların yanında son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında depo zararlıları üzerinde bitkisel yağların değişik etkileri araştırılmıştır. Rajendran ve Sriranjini (2008), uçucu yağların *T. castaneum*'a karşı fumigant toksisitesini araştırmışlar ve uçucu yağların önemli derecede fumigant toksisitesinin olduğunu belirlemişlerdir. Ebadollahi & Ashour (2011), *Azilia eryngioides*'den çıkarılan uçucu yağların fumigant olarak *S. oryzae* ve *T.*

castaneum üzerinde etkili olduğunu belirlemişlerdir. Liu vd. (2013), *P. hortorum* (Çin sardunyası)'dan elde edilen uçucu yağın, depo zararlısı böceklerle karşı kontak ve fumigant toksisite açısından potansiyel gösterdiğini belirtmişlerdir. Adel vd. (2015), sardunya yağının *S. oryzae* ve *Callosobruchus maculatus* üzerindeki temas ve fumigant etkisini değerlendirmişlerdir. Wagant vd. (2016), uçucu yağların *T. castaneum* üzerinde uzaklaştırıcı bir etkiye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Jayakumar vd. (2017), sardunya yağının *Sitophilus oryzae* üzerindeki fumigant ve kovucu etkisini incelemişler ve elde ettikleri verilere göre bu yağın *S. oryzae* üzerinde fumigant ve uzaklaştırıcı etkisinin olduğunu belirlemişlerdir. Borujeni vd. (2018), *Eucalyptus occidentalis* uçucu yağının kimyasal bileşimi üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. Yağın fumigant ve uzaklaştırıcı olup olmadığının incelendiği bu çalışmada, *T. castaneum* ve *Rhyzopertha dominica*'ya karşı etkileri belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre *R. dominica*'nın *T. castaneum*'dan daha duyarlı olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen veriler incelendiğinde bitkisel yağların depo zararlıları üzerinde fumigant etkilerinin benzer olduğu görülmektedir ve bu yağların depo zararlılarının mücadelesinde yararlı olabileceği düşünülmektedir. Buna ek olarak, uygulanmadan önce, uçucu yağların zararlılar üzerinde toksik olması gerektiği, ancak diğer faydalı organizmalar, balıklar, kuşlar ve insanlar gibi diğer hedef olmayan organizmalar için toksik olmaması gerektiği unutulmamalıdır. Depolanmış ürün zararlılarına karşı kullanılan insektisitlerin, kullanıcılara ilişkili risk, maruz kalma şekli, çevrede bozulma ve depolanmış ürün zararlısı popülasyonlarının kontrolünde etkin bir şekilde kullanılan kronik toksisite gibi diğer birkaç faktör de göz önünde bulundurulmalıdır (Chaubey, 2014). Bahsedilen insektisitler böceğin solunum ve sinir sistemine etki ederek eylemlerini gerçekleştirir. Bu sebeple diğer yararlı organizmaları da olumsuz etkilemektedir. Bitkisel yağların çoğunu seçici olduğu bilinmektedir. Bu yağlar çevre ve insan dâhil olmak üzere hedef olmayan

organizmalar üzerinde çok az veya hiç zararlı etkisi olmayan bir dizi biyoaktif kimyasal içerir. Bu nedenle uçucu yağ temel alınarak üretilen formülasyonlar, depolanmış ürün zararlısı böcekler üzerinde alternatif olarak etkili kullanılabilir (Chaubey, 2019).

4. Sonuç

Yapılan bu çalışma ile de dört farklı bitkisel yağın (Kekik yağı, Lavanta yağı, Ardıç tohumu yağı, Sedir ağacı yağı) *Tribolium castaneum* ergin bireylerine fumigant etkisi araştırılmış ve bunun sonucunda bitkisel yağların hangisinin daha etkili olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Kekik ve Lavanta yağının diğer iki yağa göre *T. castaneum* üzerinde daha fazla fumigant etki gösterdiği belirlenmiş ve bu zararlı ile mücadelede kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu sebeple bu tür uçucu yağların depolanmış ürün zararlılarına karşı alternatif yöntemler arasında kullanılabilecektir. Ancak bu uçucu yağların kullanılan ürünler üzerindeki kalıntı ve fitotoksik etkisinin belirlenmesi için araştırmalara ihtiyaç vardır. Buna ek olarak çevre ve insan sağlığı açısından, kullanılan uçucu yağların hangi formülasyonda olduğu, üzerinde çalışılacak zararlı için ne derece etkili olduğu konusunda ek çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makalenin hazırlanmasında eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

5. Kaynaklar

Adel, I., Seada, M. A., Abo Arab, R., & Amal, I. S. A. I. (2015). Efficacy of three local Egyptian essential oils against the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *The Egyptian Journal of Experimental Biology (Zoology)*, *11*(1), 95–105.

Adler, C. (2004). Integrated stored product protection methods to replace the use of Methyl bromide for pest control in grains, dried fruits and nuts. *Proceedings of International Conference on Alternatives to Methyl Bromide. Lisbon, Portugal*, 227–231.

Ali, M. A., Doaa, S. M., El-Sayed, H. S., & Asmaa, M. E. (2017). Antifeedant activity and some biochemical effects of garlic and lemon essential oils on *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *5*, 1476–1482.

Andronikashvili, M., & Reichmuth, Ch. (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). In P. F. Credhont, D. M. Armitage, C. H. Bell, P. M. Cogan & E. Highley, (Eds.), *Advances in Stored Products Protection Proceedings of the Eighth International Working Conference of Stored Product Protection, Wallingford, Oxon, York, UK.*, 749–762.

Armason, J. T., Philogene, B. J. R., Morand, P. (1989). *Insecticides of Plant Origin*. ACS Symp Ser. No 387. American Chemical Society, Washington, Dc, USA, 213 p.

Arthur, F. H. (1996). Grain protectants: current status and prospects for the future. *Journal of Stored Products Research*, *32*, 293–302. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(96\)00033-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(96)00033-1)

Ayvaz, A., Albayrak, S., & Karabörklü, S. (2008). Gamma radiation sensitivity of the eggs, larvae and pupae of Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Pest Management Science*, *64*, 505–512.

Ayvaz, A., & Karabörklü S. (2008). Effect of Cold Storage and Different Diets on *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep:Pyralidae). *Journal of Pest Sciences*, *81*, 57–62. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.1526>

Azizoglu, U., Yılmaz, S., Karabörklü, S., & Ayvaz A. (2011). Ovicidal activity of microwave and UV radiations on mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Lepidoptera: Pyralidae). *Turkish Journal of Entomology*, *35*, 437–446.

Bağcı, F., Yılmaz, A., & Ertürk, S. (2014). Ankara ili hububat depolarında bulunan zararlı böcek türleri. *Bitki Koruma Bülteni*, *54*(1), 69–78.

Banks, H. J. (1994). Fumigation- an endangered technology? In E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks & B. R. Champ (Eds). *Proceedings of the Sixth International Wkg. Conference on Stored-product Protection*, (pp. 2-6). 17-23 April, Canberra, Australia, Vol. 1, CAB International, Oxon.

Becker, L., Bawin, T., Schott, M., Gillard, L., Marko, I. E., Francis, F., & Verheggen, F. (2017). Betraying its presence: identification of the chemical signal released by *Tuta absoluta*-infested tomato plants that guide generalist predators toward their prey. *Arthropod-Plant Interactions*, *11*, 111–120. <http://dx.doi.org/10.1007/s11829-016-9471-7>

Borujeni, S. B., Sohani, N. Z., & Ramezani, L. (2018). Chemical composition and bioactivity of essential oil from Eucalyptus occidentalis leaves against two stored product pests. *International Journal of Tropical Insect Science*, *38*(3), 216–223.

Boxall, R. A. (2001). Post-harvest losses to insect-a world overview. *International Biodeterioration and Biodegradation*, *48*, 137–152. [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(01\)00076-2](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(01)00076-2)

Chaubey, M. K. (2014). Biological activities of *Allium sativum* essential oil against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae). *Herba Polonica Journal*, *60*(2), 41–55. <https://doi.org/10.2478/hepo-2014-0009>

Chaubey, M. K. (2019). Essential oils as green pesticides of stored grain insects. *European Journal of Biological Research*, *9*(4), 202–244. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3528366>

Donahaye, E. J. (2000). Current status of non-residual control methods against stored product pests. *Crop Protection*, *19*, 571–576. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00074-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00074-0)

Donahaye, E. J., & Messer, E. (1992). Reduction in grain storage losses of small-scale farmers in tropical countries Research Report RR-91-7. The Allan Shawn Feinstein World hunger Program, Brown University.

Ebadollahi, A., & Ashouri, S. (2011). Toxicity of essential oils isolated from *Achillea millefolium* L., *Artemisia dracuncululus* L. and *Heracleum persicum* Desf. against adults of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) in Islamic Republic of Iran. *Ecologia Balkanica*, *3*(2), 41–48.

El-Sheikh, T. M. Y., Al-Fifi, Z. I. A., & Alabboud, M. A. (2016). Larvicidal and repellent effect of some *Tribulus terrestris* L., (Zygophyllaceae) extracts against the dengue fever mosquito, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Saudi Chemical Society*, *20*, 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.05.009>

Emekçi, M., & Ferizli, A. G. (2000). Current Status of Stored Product Protection in Turkey. IOBC/WPRS Study Group Integrated Protection of Stored Products, Berlin, *IOBC WPRS Bulletin*, *23*(10), 39–45.

Feng, R., & Isman, M. B. (1995). Selection for resistance to Azadirachtin in the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Experientia*, *51*, 831–833.

Fields, P. G., & White, N. D. G. (2002). Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects. *Annual Review of Entomology*, *47*, 331–359. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145217>

Fields, P. G. (1992). The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. *Journal of Stored Product Research*, *28*, 89–118. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(92\)90018-L](https://doi.org/10.1016/0022-474X(92)90018-L)

Gençer, N. S., Kumral, N. A., Seidi, M., & Pehlevan, B. (2017). Attraction responses of ladybird beetle *Hippodamia variegata* (Goeze, 1777) (Coleoptera: Coccinellidae) to single and binary mixture of synthetic herbivore-induced plant volatiles in laboratory tests. *Turkish Journal of Entomology*, *41*(1), 17–26. <https://doi.org/10.16970/te.05956>

Giunti, G., Benelli, G., Flamini, G., Michaud, J. P., & Canale, A. (2016). Innate and learned responses of the tephritid parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae) to olive volatiles induced by *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) infestation. *Journal of Economic Entomology*, *109* (6), 2272–2280. <https://doi.org/10.1093/jee/tow184>

Golob, P., Dales, M., Fidge, A., Evans, J., & Gudrups, I. (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.
- Govindarajan, M., Rajeswary, M., Hoti, S. L., & Benelli, G. (2016). Larvicidal potential of carvacrol and terpinen-4-ol from the essential oil of *Origanum vulgare* (Lamiaceae) against *Anopheles stephensi*, *Anopheles subpictus*, *Culex quinquefasciatus* and *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae). *Research in Veterinary Science*, 104, 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.11.011>
- Hansen, L. S., & Jensen, K. M. V. (2002). Effect of Temperature on Parasitism and Host-Feeding of *Trichogramma turkestanica* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Ephesia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 50–56. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.50>
- Hedin, P. A., Hollingworth, R. M., Masler, E. P., Miyamoto, & J., Thompson, D. G. (1997). Phytochemicals for Pest Control. ACS Symp Ser. No 658. American Chemical Society, Washington, Dc, USA, 372pp.
- Ho, S., Cheng, L., Sim, K., & Tan, H. (1994). Potential of Gloves (*Szygium aromaticum* (L.) Merr. And Perry) as a Grain Protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst.) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Postharvest Biology and Technology*, 4, 179–183.
- Ho, S. H., Koh, L., Ma, Y., & Sim, K. Y. (1997b). The Oils of Garlic, *Allium sativum* L. (Amaryllidaceae), as a Potential Grain Protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Postharvest Biology and Technology*, 9, 41–48. [https://doi.org/10.1016/0925-5214\(96\)00018-X](https://doi.org/10.1016/0925-5214(96)00018-X)
- Ho, S. H., Ma, Y., Goh, P. M., & Sim, K. Y. (1995). Star Anise, *Illicium verum* Hook F. as a Potential Grain Protectant Against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Postharvest Biology and Technology*, 6, 341–347. [https://doi.org/10.1016/0925-5214\(95\)00015-X](https://doi.org/10.1016/0925-5214(95)00015-X)
- Ho, S. H., Ma, Y., & Huang, Y. (1997a). Anethole, a potential insecticide from *Illicium verum*, against two stored product insects. *International Pest Control*, 39, 50–51.
- Huang, Y., Hee, S. K., Ho, S. H. (1998). Antifeedant and Growth Inhibitory Effects of α -pinene on the Stored-Product Insects, *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *International Pest Control*, 40(1), 18–20.
- Huang, Y., & Ho, S. H. (1998). Toxicity and antifeedant activities of cinnamaldehyde against the grain storage insects, *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Journal of Stored Products Research*, 34, 11–17. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(97\)00038-6](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(97)00038-6)
- Huang, Y., Tan, W. L., Kini, R. M., & Ho, S. H. (1997). Toxic and antifeedant action of nutmeg oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Journal of Stored Products Research*, 33, 289–298. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(97\)00009-X](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(97)00009-X)
- Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19, 603–608. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00079-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00079-X)
- Isman, M. B. (1995). Leads and Prospects for the Development of new Botanical Insecticides. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 3, 1–20. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>
- Isman, M. B. (1997). Neem and Other Botanical Insecticides: Barriers to Commercialization. *Phytoparasitica*, 25, 339–344. <https://doi.org/10.1007/BF02981099>
- Jackson, M. A., & Jaronski, S. T. (2009). Production of microsclerotia of the fungal entomopathogen *Metarhizium anisopliae* and their potential for use as a biocontrol agent for soil-inhabiting insects. *Mycological Research*, 113, 842–850. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2009.03.004>
- Jacobson, M. (1989). Botanical Insecticides. Past, Present and Future. In J. T. Arnason, B. J. R. Philogene & P. Morand (Eds.), *Insecticides of Plant Origin*. Am. Chem. Soc. Symp. Ser. 387, 1–10.
- Jayakumar, M., Arivoli, S., Raveen, R., & Tennyson, S. (2017). Repellent activity and fumigant toxicity of a few plant oils against the adult rice weevil *Sitophilus oryzae* Linnaeus 1763 (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(2), 324–335.
- Kalinovic, I., Rozman, V., Guberac, V., & Maric, S. (2002). Insecticidal activity of some aromatic plants from Croatia against lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica* F.) on stored wheat. In P. F. Credland, D. M. Armitage, C. H. Bell, P. M. & Cogan, E. Highley (Eds.), *Advances in Stored Products Protection Proceedings of the Eighth International Working Conference of Stored Product Protection*. CAB International, Wallingford, Oxon, York, UK (pp. 768–775).
- Karunakaran, C., Jayas, D. S., & White, N. D. G. (2004). Identification of wheat kernels damaged by the red flour beetle using X-ray image. *Biosys Engin Design II*, 87(3), 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2003.12.002>
- Ke'ita, S. M., Vincent, C., Schmit, J. P., Arnason, J. T., & Be' langer, A. (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. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00034-5)
- Kelm, M. A., Nair, M. G., & Schutzi, R. A. (1997). Mosquitocidal Compounds from *Magnolia salicifolia*. *International Journal of Pharmacognosy*, 35, 84–90. <https://doi.org/10.1076/phbi.35.2.84.13279>
- Kısmalı, Ş., & Madanlar, N. (1988). *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae)'nın böcekleri etkileri üzerinde bir inceleme. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 12(4), 239–249.
- Kim, S. I., Park, C. Ohh, M. H., Cho, H. C., & Ahn, J. Y. (2003a). Contact and fumigant activities of aromatic plants extracts and essential oils against *Lasioderma serricorne* (Coloptera: Anobiidae). *Journal of Stored Products Research*, 39, 11–19.
- Kim, S., Roh, J. Y., Kim, D., Lee, H., & Ahn, Y. (2003b). Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Stored Products Research*, 39, 293–303.
- Kunbhar, S., Rajput, L. B., Ahmed Gilal, A., Akber Channa, G., & Sahito, J. G. M. (2018). Impact of botanical pesticides against sucking insect pests and their insect predators in brinjal crop. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6, 83–87.
- Lee, S. E., Lee, B. H., Choi, W. S., Park, B. S., Kim, J. G., & Campbell, B. C. (2001). Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Pest Management Science*, 57, 548–553. <https://doi.org/10.1002/ps.322>
- Liao, M., Xiao, J. J., Zhou, L. J., Yao, X., Tang, F., Hua, R. M., Wu, X. W., & Cao, H. Q. (2017). Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of *Melaleuca alternifolia* essential oil on the *Helicoverpa armigera*. *Journal of Applied Entomology*, 141, 721–728. <https://doi.org/10.1111/jen.12397>
- Lin, Y., Lin, S., Akutse, K. S., Hussain, M., & Wang, L. (2016). *Diaphorina citri* Induces Huanglongbing-Infected Citrus Plant Volatiles to Repel and Reduce the Performance of *Propylaea japonica*. *Frontiers in Plant Sciences*, (7), Article 1969, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01969>
- Liu, X. C., Yang, K., Wang, S. Y., Wang, X. G., Liu, Z. L., & Cheng, J. (2013). Composition and insecticidal activity of the essential oil of *Pelargonium hortorum* flowering aerial parts from China against two grain storage insects. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(44), 3263–3268.
- Lu, H., Zhou, J., Xiong, S., & Zhao S., (2010). Effects of low-intensity microwave radiation on *tribolium castaneum* physiological and biochemical characteristics and survival. *Journal of Insect Physiology*, 56, 1356–1361. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.04.019>
- Mills, R., & Pedersen, J. (1990). A flour mill sanitation manual. Eagan Press, St. Paul, MN.
- Momen, F. M., Reda A. S., & Amer, A. (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.
- Moore, D., & Prior C. (1993). The potential of mycoinsecticides. *Biocontrol News and Information*, 14, 31–40.
- Negahban, M., Moharrampour M., & Sefidkon, F. (2006). Insecticidal activity and chemical composition of *Artemisia sieberi* Besser essential oil from Karaj, Iran. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 9, 61–66. [https://doi.org/10.1016/S1226-8615\(08\)60276-9](https://doi.org/10.1016/S1226-8615(08)60276-9)
- Negahban, M., Moharrampour, M., & Sefidkon, F. (2007). Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 43, 123–128. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.02.002>
- Papachristos, D. P., & Stamopoulos, D. C. (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. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(01\)00007-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(01)00007-8)
- Prakash, A., & Rao, J. (1997). *Botanical Pesticides in Agriculture*. CRC Pres, New York.

- Prakash, A. J., Rao, I. C., Pasalu, I. C., & Mathur, K. C. (1987). *Rice Storage and insect pests management*. BR Publishing Corporation, New Delhi.
- Rajendran, S., & Sriranjini, V. (2008). Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of Stored Products Research*, 44(2), 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2007.08.003>
- Regnault, R., Hamraoui, C., Holeman, A., Theron, M. E., & Pinel, R. (1993). Insecticidal Effect of Essential Oils from Mediterranean Plants Upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Col.: Bruchidae), Apest of Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Chemical Ecology*, 19, 1233–1244. <https://doi.org/10.1007/BF00987383>
- Regnault-Roger, C. (1997). The Potential of Botanical Essential Oils for Insect Pest Control. *Integrated Pest Management Reviews*, 2, 15–34. <https://doi.org/10.1023/A:1018472227889>
- Regnault-Roger, C., & Hamraoui, A. (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. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(95\)00025-3](https://doi.org/10.1016/0022-474X(95)00025-3)
- Sammour, E. A., Kandil, M. A. H., Abdel-Aziz, N. F., El Maguied-Agamy, E., El-Bakry, A. M., & Abdelmaksoud, N. M. (2018). Field evaluation of new formulation types of essential oils against *Tuta absoluta* and their side effects on tomato plants. *Acta Scientific Agriculture*, 2, 15–22.
- Saraç, A., & Tunç, I. (1995a). Toxicity of essential oil vapours to store-product insects. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 102, 69–74.
- Saraç, A., & Tunç, I. (1995b). Residual toxicity and repellency of essential oils to store product insects. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 102, 429–434.
- Sarwar, M., & Salman, M. (2015). Toxicity of oils formulation as a new useful tool in crop protection for insect pests control. *International Journal of Chemical Biomolecular Science*, 1, 297–302.
- Schoonhoven, L. M. (1982). Biological Aspects of Antifeedants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 31, 57–69. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1982.tb03119.x>
- Schöller, M., Prozell, S., Al-Kirshi, A. G., & Reichmuth, C. H. (1997). Towards Biological Control as a Major Component of Integrated Pest Management in Stored Product Protection. *Journal of Stored Products Research*, 33(1), 81–97. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(96\)00048-3](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(96)00048-3)
- Shaaya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J., & Sukprakarn, C. (1997). Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33, 7–15. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(96\)00032-X](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(96)00032-X)
- Shakarami, J., Kamali, K., Moharramipour, S., & Meshkatsadat, M. (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., Kamali, K., Moharramipour, S., & Meshkatsadat, M. (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., & Singh, A. K. (1991). Repellent and insecticidal properties of essential oils against housefly, *Musca domestica* L.. *Insect Science and Its Application*, 12, 487–491.
- Sinha, R. N., & Watters, F. L. (1985). *Insect pests of flour mills, grain elevators, and feed mills and their control*. Agriculture Canada Publication 1776. Canadian Government Publishing Centre, Ottawa, Canada.
- 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. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(91\)90001-S](https://doi.org/10.1016/0022-474X(91)90001-S)
- TUİK (2020). Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Alan ve Üretim Miktarları. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Wagant, A., Hu, D., He, Y., Nawaz, M., Nazir, T., Mabubu, J. I., & Hu, A. H. (2016). Repellency of three plant essential oils against red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Turkish Journal of Entomology*, 40(4), 347–354.
- Weaver, D. K., & Subramanyam, B. (2000). Botanicals, 303-320. In B. Subramanyam & D. W. Hagstrum (Eds.), *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*. 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.
- Zettler, J. L., & Arthur, F. H. (2000). Chemical control of stored product insects with fumigants and residual treatments. *Crop Protection*, 19, 577–582. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00075-2](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00075-2)