

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**BAZI BİTKİ UÇUCU YAĞLARI VE ANABİLEŞENLERİNİN DEPO
ZARARLILARI *Acanthoscelides obtectus* SAY (COLEOPTERA: BRUCHIDAE)
VE *Sitophilus oryzae* L. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)'YE KARŞI
KAÇIRICI VE BÖCEK GELİŞİMİNİ ENGELLEYİCİ ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Athanase HATEGEKIMANA

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2020

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI BİTKİ UÇUCU YAĞLARI VE ANABİLEŞENLERİNİN DEPO
ZARARLILARI *Acanthoscelides obtectus* SAY (COLEOPTERA: BRUCHIDAE)
VE *Sitophilus oryzae* L. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)'YE KARŞI
KAÇIRICI VE BÖCEK GELİŞİMİNİ ENGELLEYİCİ ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Athanase HATEGEKIMANA

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2020

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI BİTKİ UÇUCU YAĞLARI VE ANA BİLEŞENLERİNİN DEPO ZARARLILARI *Acanthoscelides obtectus* (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) VE *Sitophilus oryzae* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)'YE KARŞI KAÇIRICI VE BÖCEK GELİŞİMİNİ ENGELLEYİCİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Athanase HATEGEKIMANA

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 16 / 07/2020 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

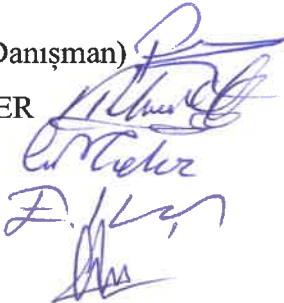
Prof. Dr. Fedai ERLER (Danışman)

Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER

Prof. Dr. Cengiz TOKER

Prof. Dr. Erhan KOÇAK

Doç. Dr. Cengiz İKTEN



ÖZET

Bazı Bitki Uçucu Yağları ve Anabileşenlerinin Depo Zararlıları *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) ve *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae)'ye Karşı Kaçırıcı ve Böcek Gelişimini Engelleyici Etkilerinin Araştırılması

Athanase HATEGEKIMANA

Doktora Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fedai ERLER

Temmuz 2020; 125 sayfa

Fasulye tohum böceği, *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) ve Pirinç biti, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) dünyada depolanmış ürünlerde ekonomik kayıplara neden olan önemli zararlılardır. Mevcut mücadele stratejilerinde kullanılan kimyasal pestisitler çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahiptirler ve giderek de yasaklanmaktadır. Bu nedenle, yukarıda sözü edilen depo zararlılarının mücadelesi için doğal ve güvenli ürünler geliştirmeye ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, ökaliptus (*Eucalyptus camaldulensis*), nane (*Mentha piperita*) ve anason (*Pimpinella anisum*) uçucu yağlarının ve anabileşenleri (sırasıyla 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole)'nin, *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı kaçırıcı, yumurta ve döl verimini engelleyici etkileri test edilmiştir.

Uçucu yağların ekstraksiyonu, hidro-distilasyon yoluyla yapılmış, kimyasal analizleri ise gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) ile belirlenmiştir. Test edilen uçucu yağların ve anabileşenlerinin kaçırıcı etkisi tek ürün uygulaması, ikili (1:1) ve üçlü (1:1:1) kombinasyonlar halinde 3.6, 7.1, 14.3, 28.6 ve 57.1 µl/l hava dozlarında Y-tüp olfaktometre kullanılarak değerlendirilmiştir. Yumurta ve döl verimini engelleyici etkilerinin değerlendirilmesinde ise, *A. obtectus* için herbirinde 20 g fasulye tanesi, *S. oryzae* için ise 20 g buğday tanesi bulunan cam kavanozlar kullanılmıştır. Bu testlerde uçucu yağların 2, 4, 8 µl/l hava, anabileşenlerin ise 0.5, 1, 2 µl/l hava dozları kullanılmıştır. Yumurta ve döl verimini engelleyici etki testlerinde, *A. obtectus* ve *S. oryzae* erginleri (0-24 saatlik) uçucu yağların ve anabileşenlerinin 123.0 ile 430.7 µl/l hava arasındaki dozlarına ön maruz bırakıldıktan sonra, erginler ön maruz bırakılmış erkekle ön maruz bırakılmış dişi (ÖE x ÖD); ön maruz bırakılmış erkekle ön maruz bırakılmamış dişi (ÖE x GD); ön maruz bırakılmamış erkekle ön maruz bırakılmamış dişi (GE x ÖD) ve ön maruz bırakılmamış erkek ile ön maruz bırakılmamış dişi (GE x GD) olacak şekilde farklı kombinasyonlarda çiftleştirilmiştir. Döl verimini engelleyici etki, uygulamadan 60 gün sonra yapılan yeni döl ergin sayımlarıyla belirlenmiştir.

Üç uçucu yağın fitokimyasal analizi, ökaliptus içinde 1,8-cineole (%46.74)'ün, nane içinde L-menthol (%64.40)'ün ve anason'da *trans*-anethole (%89.85)'ün anabileşenler olduğunu göstermiştir. *Acanthoscelides obtectus*'a karşı kaçırıcılığın (KD₅₀), doza bağlı olduğu görülmüştür. Uçucu yağlar ve anabileşenlerinin kaçırıcılık etkinliğinin sırasıyla anason > ökaliptus > *trans*-anethole > 1,8-cineole > nane > L-menthol şeklinde olduğu ve KD₅₀ değerlerinin de sırasıyla 8.382, 9.394, 11.266, 11.813, 20.291, 23.585 µl/l hava şeklinde olduğu görülmüştür. Ayrıca, uçucu yağların ve anabileşenlerinin ergin *S. oryzae*'ye karşı kaçırıcılık etkinliğinin sırasıyla, *trans*-anethole > anason > 1,8-cineole >

ökaliptus > nane > L-menthol şeklinde olduğu görülmüş ve KD₅₀ değerleri ise 11.247, 13.659, 17.704, 18.956, 29.906 ve 48.798 µl/l hava şeklinde sıralanmıştır. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonları, *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı kaçırcılığı önemli ölçüde etkilememiştir. Bununla birlikte, tüm ikili ve üçlü kombinasyonlar, tek bir ürün uygulamasından elde edilen KD₅₀'ye kıyasla nispeten düşük bir kaçırcılık dozuna (KD₅₀) sahip olmuştur. Bu çalışmada ikili ve üçlü kombinasyonların, *A. obtectus*'a karşı kaçırcılıkta sinerjistik etkileri gözlemlenmiştir. Tüm kombinasyonların %22.85'inde tamamlayıcı (additive) etki (Kİ=1) görülürken, %77.15'inde sinerjistik etkileşim (Kİ<1) görülmüştür. *Sitophilus oryzae* için, tüm kombinasyonların %20'sinde tamamlayıcı etkileşim görülürken, %80'inde ise sinerjistik etkileşim belirlenmiştir. Her iki böcek türü için de hiçbir kombinasyonun antagonistik (Kİ>1) bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür.

A. obtectus'a karşı yumurta bırakmayı engelleyici etki testlerinde, etkinin ürün ve doza bağlı olduğu ve 2 µl/hava dozunda 1,8-cineole'ün yumurta bırakmayı %96.6 engellediği belirlenmiştir. Benzer şekilde, 1,8-cineole'ün 1 ve 2 µl/hava dozuyla muamele edilmiş fasulye daneleri kullanılarak aynı zararlının döl verimi %98.12 engellenebilmiştir. *Trans-anethole*'ün 1 ve 2 µl/hava dozları kullanılarak yapılan kalıntı testinde zararlının yumurtalarından hiçbir ergin çıkışı olmamıştır. L-menthol dışındaki anabileşenler, ergin çıkışını önemli ölçüde engellemiştir. Bu oran uçucu yağlar için %100'e, anabileşenleri için %81'e ulaşmıştır. *S. oryzae*'ye karşı, uçucu yağlar anabileşenlere kıyasla daha yüksek bir ergin döl verimini engelleyici etki göstermiştir. Döl verimini engelleme oranı uçucu yağlar ve anabileşenleri için sırasıyla > %85 ve < %65 olmuştur.

ÖE x ÖD çifleşmesi ile, *A. obtectus*'a karşı anason, ökaliptus ve nane sırasıyla %86.05, %71.9 ve %55.72 ile en yüksek yumurta verimini engelleme oranı göstermişlerdir. Ayrıca ÖE x ÖD çiftleşmesi ile, ökaliptus, anason ve nane ile önceden maruz bırakılmış *A. obtectus*'da sırasıyla %93.3, %68.0 ve %44.9 yumurta verimini engelleyici etki belirlenmiştir. Uçucu yağlar ve anabileşenleri, *S. oryzae*'nin ergin çıkış sayısını önemli ölçüde azaltmıştır. Anason'a ön maruz bırakmadan sonra, ÖE x GD çifleşmesinde %99.7'lik maksimum düzeyde bir ergin çıkışını engelleyici etki gözlenmiştir. Uçucu yağlar ve anabileşenleri kalıntı ve ön-maruz bırakma testleri ile, döl veriminin engellenmesine, en düşük dane ağırlık kaybına ve dane zararına neden olmuştur. Döl verimi, dane zararı ve ürünün ağırlık kaybı arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur.

Ayrıca bu çalışmada, uçucu yağ ve anabileşen kombinasyonlarının sinerjistik etkileşime sahip olduğu da görülmüştür. Erginlerin uçucu yağlar ve anabileşenlerinin ölümcül dozlarına maruz kalmadan yumurta ve döl verimini engelleme suretiyle de *A. obtectus* ve *S. oryzae* karşı etkili bulunmuştur. Tüm bu sonuçlar, test edilen uçucu yağlar ve anabileşenlerinin geleneksel insektisitlerden daha iyi ve uzun süreli kontrol sağlayabileceğini düşündürmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: *Acanthoscelides obtectus*; Anabileşenler; Depolanmış ürünler; Kaçırcılar; *Sitophilus oryzae*; Uçucu yağlar; Üreme; Yağlar kombinasyonu

JÜRİ: Prof. Dr. Fedai ERLER

Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER

Prof. Dr. Cengiz TOKER

Prof. Dr. Erhan KOÇAK

Doç. Dr. Cengiz İKTEN

ABSTRACT

Evaluation of Repellency and Progeny Production Inhibition of Some Essential Oils and Their Major Components Against Stored Product Insects, *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) and *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae)

Athanase HATEGEKIMANA

PhD Thesis, Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Fedai ERLER

July 2020; 125 pages

Bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) and rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae), are among major crop storage pests in the world causing huge economic losses. Current management strategies have drawbacks such as environmental hazards and human health concerns and are gradually being removed from the market. There is therefore a need to develop natural safe products for management of the above storage pests. In the present study, the Essential Oils (EOs) from eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*), peppermint (*Mentha piperita*) and anise (*Pimpinella anisum*) as well as their major components 1,8-cineole, L-menthol, and *trans*-anethole, respectively, were evaluated for their repellence, eggs laying and progeny production inhibition against *A. obtectus* and *S. oryzae*.

The extraction of EOs was done by hydro-distillation and their chemical composition was determined by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The repellence in single product application, binary (1:1), and ternary (1:1:1) combinations were evaluated through Y-tube olfactometer with 3.6, 7.1, 14.3, 28.6, and 57.1 $\mu\text{l/l}$ air. The residual contact test for egg-laying and progeny production inhibition was evaluated with 2, 4, 8 μl / 20g of bean grains for EOs and 0.5, 1, 2 μl of major components per 20 g of bean grains for *A. obtectus*. The same test, with the doses varying from 5 to 80 μl / 20 g of wheat grains was conducted against *S. oryzae*. Simultaneously, the oils and components were bio-assayed via fumigation against the pests by exposing newly emerged virgin females and young males to the median lethal concentration (LC_{50}) of each material for 10 h. After the exposure, the surviving individuals were mated in the following combinations; treated females \times treated males (TF \times TM), untreated females \times treated males (UF \times TM), treated females \times untreated males (TF \times UM), untreated females \times untreated males (UF \times UM) as a control and they were evaluated for their egg-laying and progeny production inhibition 60 days after application (d.a.a).

Phytochemical analysis of three EOs showed the richness in major components such as 1,8-cineole (46.74%) in *E. camadulensis*, L-menthol (64.40 %) in *M. piperita* and 89.85% of *trans*-anethole in *P. anisum*. The percent repellence against *A. obtectus* was dose-dependent and in the following order of RD_{50} ; 8.382, 9.394, 11.266, 11.813, 20.291 and 23.585 $\mu\text{l/l}$ air for *trans*-anethole, anise, 1,8-cineole, eucalyptus, peppermint and L-menthol respectively. Likewise, the percent repellence of EOs and their major components to adult *S. oryzae* were dose-dependent and with RD_{50} of 11.247, 13.659, 17.704, 18.956, 29.906 and 48.798 $\mu\text{l/l}$ air for *trans*-anethole, anise, 1,8-cineole, eucalyptus, peppermint and L-menthol respectively.

The binary and ternary combinations did not significantly influence the percent repellence against *A. obtectus* and *S. oryzae*. However, both combinations had a relatively low repellence dose (RD₅₀) when compared to RD₅₀ obtained in a single product application. Based on the combination index (CI), the results indicated 22.85% and 20% of the additive interactions (CI = 1) for *A. obtectus* and *S. oryzae*, respectively. On the other hand, the synergistic interaction effects (CI < 1) were observed with 77.15% and 80% for *A. obtectus* and *S. oryzae*, respectively. No combination produced antagonist interaction effects (CI > 1).

The results from the residual contact test against *A. obtectus* indicated that the egg-laying inhibition and progeny production inhibition were product- and dose-dependent where 1,8-cineole, 2 µl / 20 g, produced 96.6% of egg-laying inhibition. Similarly, 98.12% of progeny production inhibition was obtained from 1 and 2 µl / 20 g of grains treated with 1,8-cineole. Hundred percent (100%) inhibition (no adults emerged) was achieved from grains pre-treated with 1 and 2 µl of *trans*-anethole / 20 g of bean grains. The major components except L-menthol, exhibited the highest level of adult's emergence inhibition when compared to their respective EOs. The inhibition rate was up to 100% and 81% for EOs and the major components, respectively. Contrarily, the EOs showed the highest progeny production inhibition level of *S. oryzae* adults when compared to the major components. The inhibition rate was > 85% and < % 65 for EOs and their major components, respectively.

According to the results, the highest fecundity inhibition for *A. obtectus* was observed in TF × TM with 86.05%, 71.9% and 55.72% for anise, eucalyptus and peppermint oils, respectively. In addition, the highest progeny production inhibition was seen in the TF × TM combination with 93.3%, 68.0% and 44.9% after exposure to eucalyptus, anise and peppermint oils, respectively. Essential oils and their major components reduced significantly the number of adults *S. oryzae* that emerged. The maximum emergence inhibition of 99.7% was observed in TMs x UFs pre-exposed to anise. In contact residual and the adults pre-treatment tests, the progeny production inhibition infringed the lowest grains weight loss and damage by insects. Importantly, progeny production, grains damage and grains weight loss were positively correlated.

The overall study demonstrated that the products are repellent in nature and have additivity and synergism interaction effects. The exposure of newly emerged adults to sublethal doses and the pre-exposure of adults insects to median lethal concentration of EOs and their major components negatively affected the egg-laying and progeny production of bean weevil and rice weevil. Our results suggested that the tested products can provide better long-term control than conventional insecticides alone.

KEYWORDS: *Acanthoscelides obtectus*; Major components; Stored products; Repellents; *Sitophilus oryzae*; Essential oils; Reproduction; Oils combination

COMMITTEE: Prof. Dr. Fedai ERLER
Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER
Prof. Dr. Cengiz TOKER
Prof. Dr. Erhan KOÇAK
Assoc. Prof. Dr. Cengiz İKTEN

ÖNSÖZ

Kimyasal pestisitlerin kullanımını nedeniyle çevremizde büyük bir kirlenme vardır. Alternatif yöntem ise; ucuz, güvenli, ekonomik, tehlikesiz, bitkisel türev ürünlerinin geliştirilmesi ve kullanılmasıdır. Bu çalışma, depolanan ürünlerin böcek zararlılarının kontrolünde uçucu yağların ve anabilesenlerinin değişik biyolojik aktivitelerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır.

Bu doktora girişimi benim için gerçekten hayatımı değiştiren bir deneyim oldu ve birçok insanın desteği ve rehberliği olmadan bunu yapmak mümkün olmazdı.

Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığı (YTB) aracılığıyla Türk hükümeti tarafından doktora bursunun verilmesini minnetle kabul ediyorum.

Çalışma iznim ve çalışmalarım sırasında benden desteğini esirgemeyen Ruanda Tarım Kurulu'nun yönetimine çok teşekkür ederim.

Bu çalışma, Prof. Dr. Fedai ERLER tarafından başlatılmıştır. Değerli rehberliği, cesaretlendirmesi ve bu çalışma boyunca devam eden hayırseverliği için kendisine yürekten minnettarlık duyduğumu ifade etmek isterim.

Tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Atila YANIKOĞLU ve Doç. Dr. Cengiz İKTEN'e şükranlarımı sunuyorum. Çalışmalarım boyunca onların değerli öneri ve tavsiyeleri büyük önem taşımaktaydı. Onlar olmadan bu çalışma sona ermeyecekti.

Bu çalışma sırasında verilen samimi önerileri ve yardımları için Bitki Koruma Bölümü'ndeki tüm personele yürekten teşekkür ederim.

Uçucu yağların kimyasal analizi sırasında bölümlerinde bulunan tesisleri kullanmama izin verdiği için tüm kalbimle Taner Bey'e teşekkür ederim.

Antalya'daki evlerini bana açan ve Akdeniz Üniversitesi'nde geçirdiğim süre boyunca her zaman bana yardımcı olan tüm meslektaşlarım ve arkadaşlarıma teşekkür borçluyum.

Eşim UWASE Marie Agnes, oğlum ABE Nkusi Timeo, kızım INEMA NKUSI Timaelle ve kardeşlerime, dilediğim eğitim için hayallerimin peşinden koşarken ihtiyaç duyduğum inanç, güven, mutluluk ve başarıyı korumama yardımcı oldukları için sevgilerimi sunar ve çok teşekkür ederim.

Bu tezi rahmetli annem Josephine, rahmetli babam Deo ve rahmetli büyükbabam Donatilla'ya ithaf eder, onların ahlaki desteğine ve unutulmaz teşvikine borçlu olduğumu ifade ederim.

Tez çalışmalarım boyunca yanımda olan arkadaşlarım Ahmet ÇAT, Barış İMREK, Burcu ÖZEL, Hakkı Egemen ENGİN, Hassan Ali KÜÇÜK ve Pelin SARIKAYA'ya manevi desteklerinden ve tezin düzeltilmesindeki katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüce Tanrım'a alçak gönüllülikle hayatım boyunca bana bol bereket, inanç ve güç verdiği için minnettarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Arka Planı ve Problem Durumu.....	1
1.2. Araştırma Soruları ve Hipotez.....	3
1.3. Araştırmanın Amacı ve Özel Hedefler.....	3
1.4. Kapsam.....	4
1.4.1. Giriş.....	4
1.4.2. Kaynak taraması.....	4
1.4.3. Malzemeler ve yöntemler.....	4
1.4.4. Bulgular ve tartışma.....	4
2. KAYNAK TARAMASI.....	5
2.1. Giriş.....	5
2.2. Dünyada ve Türkiye'de Depolanmış Tahıl Zararlıları ve oluşturdukları Zarar ve Ürün Kayıpları.....	5
2.3. Depo Tahıl Zararlarına Karşı Bitki Çeşitleri ve Bitki Parçaları.....	6
2.3.1. Giriş.....	6
2.3.2. Uçucu yağların kaynağı olan aromatik bitki türleri.....	6
2.3.2.1. Bitki aileleri ve türleri.....	6
2.3.2.2. Ökalyptus botaniği.....	6
2.3.2.3. Nane botaniği.....	7
2.3.2.4. Anason botaniği.....	8
2.3.3. Böcek zararlıların mücadelesinde kullanılan aromatik bitkilerin bir kısmı.....	8
2.3.4. Sekonder bitki metabolit bileşenleri ve biyosentez yolu.....	9
2.3.5. Uçucu yağ elde etme yöntemleri.....	9
2.3.5.1. Su destilasyonu (Hydrodistillation).....	9

2.3.5.2. Buhar destilasyonu (Steam distillation)	10
2.3.5.3. Vakum destilasyonu (Vacuum distillation).....	10
2.3.5.4. Mekanik yöntem.....	10
2.3.5.5. Ekstraksiyon yöntemi.....	10
2.3.6. Uçucu yağların etki mekanizmaları	10
2.4. Aromatik Bitkiler ve Böcekler Üzerindeki ana Etkileri	12
2.4.1. Fumigant etkisi	12
2.4.2. Kontakt veya mide zehiri etkisi	13
2.4.3. Kemosterilantlar ve döl üretimi azaltma etkisi	14
2.4.4. Beslenme engelleyici (anti-feedant effects) etki.....	15
2.4.5. Kaçırıcı etki.....	15
2.4.6. Farklı etkilerin kombinasyonu	17
2.5. <i>Acanthoscelides obtectus</i> ve <i>Sitophilus oryzae</i> Tanımı ve Taksonomisi	17
2.5.1. Fasulye tohum böceği, <i>Acanthoscelides obtectus</i>	17
2.5.1.1. Sistematik yeri.....	17
2.5.1.2. Tanımı	17
2.5.1.3. <i>Acanthoscelides obtectus</i> 'un biyolojisi	18
2.5.2. Pirinç biti, <i>Sitophilus oryzae</i>	19
2.5.2.1. Sistematik yeri.....	19
2.5.2.2. Tanımı	19
2.5.2.3. <i>Sitophilus oryzae</i> 'nin biyolojisi	20
2.5.3. Mücadelesi	21
2.5.3.1. Kültürel önlemler	21
2.5.3.2. Mekanik ve fiziksel mücadele yöntemleri	21
2.5.3.3. Kimyasal mücadele	21
3. MATERYAL VE METOT	23
3.1. Bitkiler ve Uçucu Yağlar	23
3.1.1. Bitki kökenli materyaller	23
3.1.2. Bitki uçucu yağlarının elde edilmesi	23
3.1.3. Kimyasal kompozisyon analizi	28
3.1.4. Uçucu yağların anabilesenleri.....	28
3.2. Böcek Materyalleri ve Kültürlerinin Yetiştirilmesi.....	28

3.2.1. <i>Acanthoscelides obtectus</i> kültürlerinin yetiştirilmesi	29
3.2.2. <i>Sitophilus oryzae</i> kültürlerinin yetiştirilmesi	30
3.3. Dane Materyalleri	30
3.4. Biyolojik Testler	30
3.4.1. Kaçırıcı (repellent) etki testleri	30
3.4.1.1. <i>Acanthoscelides obtectus</i> ve <i>Sitophilus oryzae</i> 'nin erginlerine karşı uçucu yağlar ve anabileşenlerinin kaçırıcı (repellent) etkisi	30
3.4.1.2. Bitki uçucu yağları ve anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonlarının <i>Acanthoscelides obtectus</i> ve <i>Sitophilus oryzae</i> 'ye karşı kaçırıcı etkisi	32
3.4.2. Kalıntı kontakt etki testleri	33
3.4.2.1. Bitkisel uçucu yağların ve anabileşenlerinin <i>Acanthoscelides obtectus</i> 'a karşı kalıntı kontakt etki testleri	33
3.4.2.1.1. Yumurta verimini engelleyici etki	33
3.4.2.1.2. Ergin çıkışını engelleyici etki testleri	34
3.4.2.1.3. Zarar görmüş tane sayısı ve tane ağırlık kaybı	34
3.4.2.2. Bitkisel uçucu yağların ve anabileşenlerinin <i>Sitophilus oryzae</i> 'ye karşı kalıntı kontak etki testleri	34
3.4.2.2.1. Ergin çıkışını engelleyici etki testleri	35
3.4.2.2.2. Zarar görmüş tane sayısı ve tane ağırlık kaybı	35
3.4.3. Ergin böceklerin uçucu yağ ve anabileşene ön-maruz bırakılmasının böcek gelişimine etkisi	36
3.4.3.1. Ergin böceklerin ön-maruz bırakılması ile uçucu yağlar ve anabileşenlerinin <i>A. obtectus</i> 'un ve <i>S. oryzae</i> 'nin ergin üretimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi	36
3.4.3.1.1. Ebeveyn ergin ölümü	37
3.4.3.1.2. Yumurta verimini engelleyici etki testleri	37
3.4.3.1.3. Ergin çıkışını engelleyici etki testleri	37
3.4.3.1.4. Zarar görmüş tane sayısı ve tane ağırlık kaybı	37
3.5. İstatistiksel Analizler	37
4. BULGULAR	38
4.1. <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Mentha piperita</i> ve <i>Pimpinella anisum</i> Bitki Materyallerinin Uçucu Yağ Verimi ve Bu Uçucu Yağların Kimyasal Bileşimi	38
4.2. Bitki Uçucu Yağlarının ve Anabileşenlerinin <i>Acanthoscelides obtectus</i> ve <i>Sitophilus oryzae</i> 'ye Karşı Kaçırıcılık Etkinliği	39

4.2.1. Bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin <i>Acanthoscelides obtectus</i> 'a karşı kaçırıcılık etkinliği.....	39
4.2.2. Bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin <i>Sitophilus oryzae</i> 'ye karşı kaçırıcılık etkinliği.....	40
4.2.3. Bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonlarının <i>Acanthoscelides obtectus</i> 'a karşı kaçırıcı etkisi.....	42
4.2.4. Bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonlarının <i>Sitophilus oryzae</i> 'ye karşı kaçırıcı etkisi.....	45
4.3. Uçucu Yağların ve Anabileşenlerinin <i>Acanthoscelides obtectus</i> 'a ve <i>Sitophilus oryzae</i> 'ye Karşı Kalıntı Kontakt Testleri	48
4.3.1. Giriş	48
4.3.2. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin <i>Acanthoscelides obtectus</i> 'a karşı kalıntı kontakt etki testleri.....	48
4.3.2.1. Yumurta bırakmayı engelleyici etki testleri.....	48
4.3.2.2. Erginlerde ortaya çıkan azalma.....	49
4.3.2.3. Fasulye tane zararı.....	50
4.3.2.4. Tane ağırlık kaybı	52
4.3.2.5. Korelasyon analizi.....	52
4.3.3. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin <i>S. oryzae</i> 'ye karşı kalıntı kontakt testleri	54
4.3.3.1. Erginlerde ortaya çıkan azalma.....	54
4.3.3.2. Buğday tane zararı.....	55
4.3.3.3. Tane ağırlık kaybı	56
4.3.3.4. Korelasyon analizi.....	57
4.4. Uçucu Yağların ve Anabileşenlerinin Yeni Çıkan Ergin Böceklerin Ön Maruz Bırakılması Yoluyla Böcek Gelişimi Üzerindeki Etkisi	58
4.4.1. Giriş	58
4.4.2. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin yeni çıkan erginlerin ön maruz bırakılması yoluyla <i>Acanthoscelides obtectus</i> 'a karşı böcek gelişimini engelleyici etkisi.....	58
4.4.2.1. Ebeveyn erginlerin ölüm oranı.....	58
4.4.2.2. Yumurta bırakma engelleyici etki.....	59
4.4.2.3. Yeni nesil ergin çıkışını engelleyici etki	60
4.4.2.4. Fasulye tane zararı.....	61
4.4.2.5. Tane ağırlık kaybı	61

4.4.2.6. Korelasyon analizi.....	62
4.4.3. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin yeni çıkan erginlerin ön maruz bırakılması yoluyla <i>Sitophilus oryzae</i> 'a karşı böcek gelişimini engelleyici etkisi ..	63
4.4.3.1. Ebeveyn erginlerin ölüm oranı.....	63
4.4.3.2. Yeni nesil ergin çıkışında azalma	64
4.4.3.3. Buğday tane zararı.....	65
4.4.3.4. Ağırlık kaybı	66
4.4.3.5. Korelasyon analizi.....	67
5. TARTIŞMA	68
5.1. <i>Eucalyptus camadulensis</i> , <i>P. anisum</i> ve <i>M. piperita</i> 'nın Kimyasal Bileşimi	68
5.2. Kaçırıcı Etkinlik	69
5.3. Bitkisel Uçucu Yağların ve Anabileşenlerinin <i>Acanthoscelides obtectus</i> 'a ve <i>Sitophilus oryzae</i> 'ye Karşı Kalıntı Kontakt Testleri	73
5.4. Uçucu Yağlar ve Anabileşenlerinin Erginlerin Ön-muamelesi Yoluyla <i>A. obtectus</i> ve <i>S. oryzae</i> 'nin Ergin Üretimi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi	76
6. SONUÇLAR	80
7. KAYNAKLAR	83
8. EKLER.....	107
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Bazı Bitki Uçucu Yağları ve Anabileşenlerinin Depo Zararlıları *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) ve *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae)’ye Karşı Kaçırıcı ve Böcek Gelişimini Engelleyici Etkilerinin Araştırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

Tarih 16/07/2020

Athanase HATEGEKIMANA



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
<	: Küçük
>	: Büyük
±	: Artı-eksi
°C	: Santigrat derece
cm ²	: Santimetrekare
g	: gram
ha	: Hektar
l	: Litre
mg	: milligram
mm	: millimetre
spp	: Türler
sa	: saat
dk	: dakika
US\$: Amerikan Doları
vv/wt	: Hacim ağırlığı
µl	: Mikrolitre

Kısaltmalar

A.D	: Anlamlı değil
AChE	: Asetilkolinesteraz
AITC	: Allyl isothiocyanate
ANOVA	: Analysis of varianve (Varyans analizi)
DMRT	: Duncan Multiple Range Test (Duncan çoklu karşılaştırma testi)
F	: Fischer

FAO	: Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
GD	: Ön maruz bırakılmamış dişi
GE	: Ön maruz bırakılmamış erkek
GC-MS	: Gaz kromatografisi-Kütle Spektrofotometrisi (Gaz chromatography-Mass spectrophotometry)
GSTs	: Glutation-S-Tranferaz
ISO	: International Standards Organization (Uluslararası Standartlar Örgütü)
KE	: Kombinasyon İndeksi
KY	: Kaçırıcılık Yüzdesi
LC	: Lethal Concentration (Letal konsantrasyon)
ÖD	: Ön maruz bırakılmış dişi
ÖE	: Ön maruz bırakılmış erkek
P	: Probability (olasılık)
R	: Korelasyon katsayısı (Correlation)
SH	: Standart Hata
UY	: Uçucu yağlar
vd	: ve diğerleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. <i>Sitophilus</i> türlerinin tanımlanması; <i>S. oryzae</i> (a), <i>S. zeamais</i> (b), <i>S. granarius</i> (c).....	20
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan ökaliptus (a) ve nane (b) bitkileri.....	24
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan anason bitkisi; tarlada (a) ve ticari tohumları (b).....	25
Şekil 3.3. Ökaliptus tohumlarının (a) ve nane yapraklarının (b) kurutulması.	26
Şekil 3.4. Neo-clavenger cihazında anason (a), nane (b) ve ökaliptus (c) uçucu yağlarının ekstraksiyonu ve toplanması (d).	27
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan uçucu yağ anabileşenleri: 1,8-cineole (a), L-menthol (b) ve <i>trans</i> -anethole (c).	28
Şekil 3.6. <i>Acanthoscelides obtectus</i> (a) ve <i>S. oryzae</i> (b) erginleri ile onların kitle kültürleri (c ve d).	29
Şekil 3.7. Y-tüp olfaktometre (a: şematize edilmiş ve b: görsel hali).	31
Şekil 3.8. Kavanozların hazırlanması (a) yetiştirme odasında inkübasyonu (b) ve buğday tanelerinden ergin böceklerin uzaklaştırılması (c).	35
Şekil 4.1. <i>Acanthoscelides obtectus</i> dişi tarafında fasulye tanesi üzerine bırakılan yumurta (Binoküler mikroskop altında).	50
Şekil 4.2. Uçucu yağlar ve anabileşen uygulamalarından sonra ortaya çıkan <i>A. obtectus</i> ergin sayıları.	50
Şekil 4.3. <i>Acanthoscelides obtectus</i> tarafından zarara uğramış fasulye taneleri (a) ve zarar görmemiş fasulye taneleri (b).	52
Şekil 4.4. Uçucu yağlar ve anabileşenleri ile muamele edilmiş yumurtalı buğday tanelerinden çıkan <i>S. oryzae</i> ergin sayıları.	55
Şekil 4.5. Muamele görmüş buğday taneleri (a) ve <i>S. oryzae</i> tarafından zarar görmüş Muamelesiz kontrol parselindeki buğday taneleri (b)	57
Şekil 4.6. Uçucu yağ ve anabileşenlerine ön-maruz kalmadan sonra farklı çiftleşme kombinasyonlarında görülen <i>A. obtectus</i> 'e ait yeni nesil ergin çıkışı sayısı	60
Şekil 4.7. Uçucu yağ ve anabileşenlerine ön-maruz kalmadan sonra farklı çiftleşme kombinasyonlarında görülen <i>S. oryzae</i> 'e ait yeni nesil ergin sayısı.....	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan bitki materyalleri.....	23
Çizelge 3.2. Tek ürün uygulaması ile yapılan kaçıricı testlerde kullanılan dozlar.....	31
Çizelge 3.3. Bitki uçucu yağları ve anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonları.....	32
Çizelge 3.4. Kaçıricı kombinasyon denemelerinde kullanılan dozlar	32
Çizelge 3.5. Kalıntı kontak etki testinde <i>A. obtectus</i> 'a karşı ön deneme testleri sırasında elde edilen dozlar	33
Çizelge 3.6. Kalıntı kontak etki testinde <i>S. oryzae</i> 'ye karşı ön deneme testlerinden elde edilen dozlar.....	34
Çizelge 3.7. <i>Acanthoscelides obtectus</i> ve <i>S. oryzae</i> 'ye karşı kurulan ön testlerden elde edilen LD ₅₀ değerleri	36
Çizelge 4.1. <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>M. piperita</i> ve <i>P. anisum</i> 'dan ekstrakte edilen uçucu yağların kimyasal bileşimleri (%)	38
Çizelge 4.2. Bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin <i>A. obtectus</i> 'a karşı kaçıricılık etkinliği	39
Çizelge 4.3. Ökalyptus, nane ve anason uçucu yağları ile onların anabileşenlerinin <i>A. obtectus</i> 'a karşı kaçıricılık değerleri (KD ₅₀ ve KD ₉₀ açısından).....	40
Çizelge 4.4. Bitki uçucu yağları ve anabileşenlerinin <i>S. oryzae</i> 'ye karşı kaçıricı etkinliği	41
Çizelge 4.5. Ökalyptus, nane ve anason uçucu yağları ile onların anabileşenlerinin <i>S. oryzae</i> 'ye karşı kaçıricılığı (KD ₅₀ ve KD ₉₀ açısından).....	41
Çizelge 4.6. Laboratuvarda ökalyptus, nane ve anason uçucu yağları ile anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonlarının <i>A. obtectus</i> 'a karşı kaçıricı etkileri	43
Çizelge 4.7. Laboratuvarda ökalyptus, nane ve anason uçucu yağları ile anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonlarının <i>A. obtectus</i> 'a karşı kaçıricı etki testlerinden elde edilen KD ₅₀ değerleri ile kombinasyon indeksi değerleri ve kombinasyonun etki şekli	44

Çizelge 4.8. Laboratuvarıda ökaliptus, nane ve anason uçucu yağları ile anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonlarının <i>S. oryzae</i> 'ye karşı kaçıracı etkileri	45
Çizelge 4.9. <i>Sitophilus oryzae</i> 'ye karşı ikili ve üçlü kombinasyon halinde kullanılan uçucu yağların ve anabileşenlerinin KD ₅₀ değerleri ile kombinasyon indeksi değerleri ve kombinasyonun etki türü	47
Çizelge 4.10. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin kalıntı kontakt yoluyla <i>A. obtectus</i> 'un yumurta ve döl verimini engelleyici etkileri.....	48
Çizelge 4.11. Kalıntı kontakt testinde uçucu yağlar ve anabileşenleri ile muameleden sonra <i>A. obtectus</i> tarafından fasulye tanelerinde meydana getirilen zarar oranı ve ağırlık kaybı	51
Çizelge 4.12. <i>Acanthoscelides obtectus</i> 'a karşı kalıntı kontakt testinde analiz edilen değişkenler arasında basit korelasyon katsayıları (R).....	53
Çizelge 4.13. Kalıntı kontakt testlerinde uçucu yağlar ve anabileşenlerinin <i>S. oryzae</i> 'nin döl üretimi, buğday tane zararı ve ağırlık kaybının azaltılması üzerine etkileri.....	54
Çizelge 4.14. <i>Sitophilus oryzae</i> 'ye karşı kalıntı kontakt testinde analiz edilen değişkenler arasında basit korelasyon katsayıları (R).....	57
Çizelge 4.15. Uçucu yağlara ve anabileşenlerine ön-maruz bırakılan <i>A. obtectus</i> erginlerinin ölüm oranları ile yumurtlama ve döl üretiminin engellenme oranları .	59
Çizelge 4.16. Uçucu yağlara ve anabileşenlerine ön-maruz bırakmadan sonra <i>A. obtectus</i> tarafından meydana getirilen fasulye tane ağırlık kaybı ve zarar görmüş tane sayısı.....	62
Çizelge 4.17. <i>Acanthoscelides obtectus</i> 'a karşı maruziyet öncesi testte değişkenler arasında basit korelasyon katsayıları (R)	63
Çizelge 4.18. Uçucu yağlara ve anabileşenlerine ön-maruz bırakılan <i>S. oryzae</i> erginlerinin ölüm oranları ile yeni nesil ergin çıkış oranları	64
Çizelge 4.19. Uçucu yağlara ve anabileşenlerine ön-maruz bırakmadan sonra <i>S. oryzae</i> tarafından meydana getirilen buğday tane ağırlık kaybı ve zarar görmüş tane sayısı	66
Çizelge 4.20. <i>Sitophilus oryzae</i> 'ye karşı maruziyet öncesi testte değişkenler arasında basit korelasyon katsayıları (R)	67

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Arka Planı ve Problem Durumu

Küresel nüfus artışının dünyada sorun oluşturacağı bildirilmektedir (Stevenson vd. 2017). Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9.1 milyar olması öngörülmekte ve artan nüfusa göre gıda artışının yeterli düzeyde olup olmayacağı tartışılmaktadır (Godfray vd. 2010). Gıda ürünleri içerisinde fasulye ve buğdaya olan talep artacaktır. FAO (Anonymous 2018) verilerine göre, fasulye üretimi toplam 34,495,662 ha alanda yapılmakta olup, 30,434,280 ton ürün elde edilmiştir. Ayrıca, buğday ekimi yapılan toplam alan 214.291.888 ha olup toplam üretim 734,045,174 tondur (Anonim 2018). Türkiye’de, 2019 yılında 88,938.5 ha alanda 225.000 ton fasulye üretimi; 6,846,327.1 ha alanda 19 milyon ton buğday üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim 2019).

Buğday ve baklagillerin önemine rağmen, bu ürünlerde hastalıklar ve zararlılar ile mücadele sınırlıdır. Hastalık ve zararlılar ile mücadele sürdürülebilir küresel gıda güvenliğini sağlamada karşılaşılan ön önemli zorluktur (Poppy vd. 2014). Gelişmekte olan ülkelerde, hasat sonrası faaliyetlerde tahılın %10 ile %15’inin zarar gördüğü bildirilmiştir (Kumar ve Kalita 2017). Dünya genelinde depolanan tahıllarda ve baklagillerde böcek zararı sonucunda milyarlarca dolarlık ürün kaybının meydana geldiği belirtilmiştir.

Bunlar arasında Mısır biti, *Sitophilus zeamais* Motch, Pirinç biti, *S. oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae), Fasulye tohumböceği (*Acanthoscelides obtectus* Say), Börülce tohum böceği (*Callosobruchus maculatus* F.) (Coleoptera: Chrysomelidae), Arpa güvesi, *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae), Kuru incir kurdu (*Ephestia cautella* Walk.), Kuru meyve güvesi (*Plodia interpunctella* Hbn.), Tütün güvesi (*Ephestia elutella* Hbn.), Pirinç güvesi (*Corcyra cepholanica* Stt.) (Lepidoptera: Pyralidae), Khapra böceği (*Trogoderma granarium* Everts.) (Coleoptera: Dermestidae), Ekmek böceği (*Stegobium paniceum* L.), Tatlı kurt (*Lasioderma serricorne* F.) (Coleoptera: Anobiidae), Ekin kambur biti (*Rhyzopertha dominica* F.) (Coleoptera: Bostrichidae), Testereli böcek (*Oryzaephilus surinamensis* L.) (Coleoptera: Silvanidae), Küçük kırma biti (*Cryptolestes ferrugineus* Steph.) (Coleoptera: Laemophloeidae), Ekin kara böceği (*Tenebroides mauritanicus* L.) (Coleoptera: Trogossitidae) (Rajendran ve Sriranjini 2008; Deng vd. 2009; Nukenine 2010; Ogendo vd. 2012; Bett vd. 2016).

Geçmişte de ürünlerin depolanması esnasında böcek zararı görülmekteydi ve bu zararlılarla mücadele etmek için alternatif yöntemler yok denecek kadar azdı. Bu sebeple, sorunu ortadan kaldırmak mümkün olmadığı, sadece azaltılmasının en iyi çözüm olabileceği belirtilmiştir (Kim vd. 2012). Uzun süredir, tarımda böcek zararlılarının mücadelesinde ana yaklaşım olarak sentetik böcek ilaçları kullanılmıştır (Guo vd. 2014). Bu tür ürünlerin sürekli kullanımı, zararlılarda direnç gelişimi, çevreye ve insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkilerinden dolayı tartışılmaktadır (Ofuya 2003; Benhalima vd. 2004; Boyer vd. 2012; Nguyen vd. 2016). Bu riskler yıldan yıla evrim geçirmiş ve artmıştır, ancak en endişe verici olanı son 20 yıldır araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Şu anda, bazı sentetik pestisitler, pestisitler ile bağlantılı risklerin artması nedeniyle üretimden çekilmektedir. Buna bağlı olarak, depolama esnasında böcek zararlılarının kontrolü için doğal ürünlerin geliştirilmesi konusunda araştırmaların artmasına yol açmaktadır (Digilio vd. 2008; Poppy vd. 2014).

Ek olarak, zaman alıcı ve pahalı sentetik kimyasal bileşikler yerine pahalı olmayan, yeni ve güvenli alternatif seçeneklerin geliştirilmesi için artan bir çaba vardır. Çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkisinin olmamasından dolayı özellikle bitki türlerini kullanma tekniği başlatılmıştır. Bitkisel ekstratların böcek zararlılarına karşı uygulanması geçmişe dayanmaktadır. Böylece bitkilerden elde edilen insektisitlerin araştırılması ve geliştirilmesi son 50 yılda önem kazanmıştır (Kim vd. 2012).

Halen Citraceae (Pandey ve Tripathi 2011), Asteraceae, Rutaceae, Lamiaceae (Abdelgaleil vd. 2016; Babarinde 2017), Meliaceae (Babarinde vd. 2016; Akhtar vd. 2008) ve Myrtaceae (Filomeno vd. 2017) karakteristik maddeleri ve önemli biyoaktiviteleri için geniş çapta incelenmiştir. Farklı bitki türleri, tarla ve depo böcek zararlılarına karşı biyolojik etkinlikleri ile bilinmektedir (Klocke 1989). Bitki türevi ürünlerin (toz, bitki özleri, uçucu yağlar, vb.) depo zararlılarına karşı etkinliğini ve önemini ortaya çıkarmak için farklı çalışmalar yapılmıştır (Pascual-Villalobos ve Fernandez 1999; Abubakar vd. 2000; Tripathi vd. 2002; Fields 2006; Tangtrakulwanich ve Reddy 2014).

Bitki türevi ürünlerin uygulama teknikleri, sentetik pestisitlerin normal ve rutin uygulamalarından farklı değildir. Athanassiou vd. (2014) göre, bitki türevi ürünler böcek zararlıların türüne, ürün çeşidine ve etki tarzına bağlı olarak, kontakt veya fumigant olarak uygulanabilir. Farklı uçucu yağların ve anabileşenlerinin (örneğin monoterpenler ve/veya seskiterpenler) etki şekli değişik araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Genel olarak, uçucu yağlar ve anabileşenlerinin en yaygın çalışılan etkileri; fumigant (Abdelgaleil vd. 2016, Alcalá-Orozco 2019), kontakt (Erler ve Çetin 2009), kaçırmacı (Tunç ve Erler 2003) ve beslenme engelleyiciliktir (Gharsan 2019). Ayrıca bitkisel kökenli ürünler, böcek zararlıların büyüme ve, üreme gibi davranışlarını da olumsuz etkileyebilmektedirler (Isman 2000; Papachristos ve Stamopoulos 2002; Papachristos vd. 2004; Nerio vd. 2010; Kumar vd. 2011a, b; Giatropoulos vd. 2012; Nenaah 2014a, b; Nenaah vd. 2015; de Araújo vd. 2017, Campolo vd. 2018).

Türkiye'de bitki kökenli pestisitlerin kullanımı ile ilgili çalışmalar, tarla bitkilerinin böcek zararlılarına odaklanmıştır. Ancak, bitkisel kökenli ürünler depolanmış ürünlerin böcek zararlılarına karşı kapsamlı bir şekilde çalışılmamıştır. Önceki çalışmalardan anlaşıldığı üzere, bazı uçucu yağların ve anabileşenlerinin *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı uzaklaştırıcı, yumurta bırakmayı engelleyici ve döl verimini engelleyici etkinliğine ilişkin bilgi yoktur.

Erler (2005)'e göre, uçucu yağların bileşimine giren anabileşenlerin oranında mevsim, yer, bitki çeşitliliği, bitki kısmı ve hatta uçucu yağ elde etmede kullanılan yöntem önemlidir. Bu nedenle, anabileşenlerin de ayrı olarak test edilmesi uçucu yağların gerçek etkinliği hakkında fikir verebilir. Bu nedenle, uçucu yağ bileşenleri ve ham yağların aktivitesi, güvenilir ve tekrarlanabilir veriler için ayrı ayrı test edilmelidir. Yukarıdaki eksik bilgi, seçilen uçucu yağların ve onların ticari anabileşenlerinin etkinliği hakkında ayrıntılı araştırmalar yapmaya bizi teşvik etmiştir.

Bu sorunun üstesinden gelebilmek için özellikle bitkisel kökenli depolanmış ürünlerin böcek zararlılarına karşı yeni stratejilerin araştırılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, ökaliptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) (Myrtaceae), nane (*Mentha piperita* L.) (Lamiaceae) ve anason (*Pimpinella anisum* L.) (Umbelliferae) bitkilerinden elde edilecek uçucu yağlar ile anabileşenlerinin, sırasıyla, 1,8-cineole, L-

menthol ve *trans*-anethole'ün Fasulye tohum böceği [*Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae)] ve Pirinç biti [*Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae)]'ye karşı kaçırcı ve böcek gelişimini engelleyici etkileri test edilmiştir.

1.2. Araştırma Soruları ve Hipotez

Bu çalışma, aşağıdaki araştırma sorularını cevaplamayı amaçlamaktadır.

- i. Bazı bitki uçucu yağlarının ve onların anabileşenlerinin, tek başına veya ikili ve üçlü kombinasyon halinde *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı kaçırcı aktivitesi nedir?
- ii. Seçilen bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin depolanmış baklagil ve buğdayda *A. obtectus* ve *S. oryzae*'nin döl üretimine karşı etkisi nedir?
- iii. Seçilen uçucu yağlar ve anabileşenleri, depolanan baklagil ve buğdayda böcek zararını ve ağırlık kayıplarını ne derece azaltabilir?

Çalışmadan beklenen sonuçlar:

- i. *Eucalyptus camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağları ile anabileşenleri, tek başlarına veya ikili ve üçlü kombinasyon halinde, depolanmış baklagil ve buğdayda *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı kaçırcı olarak işlev görebilir.
- ii. *Acanthoscelides obtectus* ve *S. oryzae*'nin döl verimi, *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağları ve anabileşenlerinin depolanmış fasulye ve buğdaya uygulanmasından etkilenir.
- iii. Depolanan baklagil ve buğdaya *A. obtectus* ve *S. oryzae* tarafından verilen zarar ve ağırlık kaybı, *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağları ve onların anabileşenleri kullanılarak azaltılabilir.

1.3. Araştırmanın Amacı ve Özel Hedefler

Bu çalışmanın amacı; *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı bazı bitkisel uçucu yağların ve onların anabileşenlerinin kaçırcı ve döl verimini engelleyici olarak rolünü araştırmaktır. Ek olarak, çalışma aşağıdaki özel hedefler tarafından yönlendirilmiştir:

- i. *Acanthoscelides obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı bazı uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin kaçırcı aktivitesini tek başına veya ikili ve üçlü kombinasyon halinde değerlendirmek;
- ii. Uçucu yağlar ve anabileşenlerinin *A. obtectus*'a ve *S. oryzae*'ye karşı ergin çıkışını engelleyici etkisinin değerlendirilmesi;

- iii. Bazı bitkisel uçucu yağlar ve onların anabileşenlerinin ergin böceklerin ön muamelesi yoluyla *A. obtectus* ve *S. oryzae*'nin döl üretimi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi;
- iv. Bazı uçucu yağlar ve ana bileşenlerinin, *A. obtectus* ve *S. oryzae*'nin neden olduğu tane zararı ve ağırlık kaybını azaltmadaki rolününün değerlendirilmesi.

1.4. Kapsam

1.4.1. Giriş

Bu tez çalışması, depolanmış ürünlerin böcek zararlılarına karşı bitki türevi ürünlerin kullanımına odaklanmıştır. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin depolanmış böcek zararlılarına karşı kaçırıcı olarak kullanımı ve döl veriminin önlenmesi bu çalışmanın konusu olmuştur.

1.4.2. Kaynak taraması

Bu çalışmada sunulan bilgiler kütüphanelerdeki farklı literatürden, internetteki dergilerde yayınlanan makalelerden ve sonuçta uçucu yağların kullanımı ve böcek zararlıların yönetimi konusunda farklı uzmanların yayınlanmamış verilerinden (kişisel iletişim ile) elde edilmiştir. Ek olarak, laboratuvar deneyleri ve testleri ayrıntılı bilgiler, somut kanıtlar ve seçilmiş bitkilerden ve onların önemli bileşenlerinden elde edilen uçucu yağların depolanmış baklagil ve tahıl böcek zararlılarının yönetimindeki etkinliğinin daha da açıklanmasını sağlamıştır.

1.4.3. Malzemeler ve yöntemler

Seçilen bitkiler, test uçucu yağlarının kaynakları olarak kullanılmıştır. Bu uçucu yağların anabileşenleri ise ticari olarak hazır alınmıştır. Uçucu yağlar ve anabileşenler *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı kaçırıcı, kalıntı kontakt etkileri ve ergin böceklerin önmaruz bırakılması yoluyla döl verimini engelleyici etkileri bakımından test edilmişlerdir. *S. oryzae*'ye karşı yapılan testlerde besin olarak buğday, *A. obtectus*'a karşı yapılan testlerde besin olarak fasulye taneleri kullanılmıştır.

1.4.4. Bulgular ve tartışma

Veriler, uygun bir veri analiz yazılımı (Excel, SPSS) kullanılarak analiz edilmiştir. Ortalamalar arasındaki anlamlı farklılıklar $P<0.05$ seviyesinde kontrol edilmiştir. Sonuçlar çizelge ve şekiller halinde sunulmuştur. Tartışma bölümünde, önceki araştırmalara başvurulmuş ve bulgularımızla karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1.Giriş

Literatür, Türkiye'de depolanmış ürün zararlılarını ve bu ürünlerin depolama koşullarını, ayrıca uçucu yağların böcek zararlılarının mücadelesindeki önemini açıklamaktadır. Böcek testleri ve test edilecek bitkiler hakkında bilgiler verilmiştir

2.2. Dünyada ve Türkiye'de Depolanmış Tahıl Zararlıları ve oluşturdıkları Zarar ve Ürün Kayıpları

Dünya çapında, gıda kaybı büyük bir endişe kaynağıdır. Hasat sonrası işleme ve depolama sırasında her yıl yaklaşık 1.3 milyar ton ürün, 1 trilyon ABD Doları kayb olduğu tahmin edilmektedir (Gustavsson vd. 2011). Farklı araştırmacılar depolama sırasında azami kayıpların meydana geldiğini bildirmişlerdir (Boxall 2001; Bala vd. 2010; Aulakh vd. 2013; Buzby vd. 2014; Majumder vd. 2016).

Türkiye'de 2018 yılında yapılan çalışmalar, nakliye ve depolama sırasında hasat sonrası gıda kayıplarını ve israfını ortaya çıkarmıştır. Tahıllar, yağlı tohumlar ve bakliyat kayıpları sırasıyla %4 ve %5'tir (Tatlidil vd. 2013).

Küresel olarak depolama koşullarında biyolojik faktörlerin, özellikle mikroorganizmaların ve böceklerin neden olduğu biyolojik bozulmanın zararı ve zarara neden olabileceği yaygındır (Kumar ve Kalita 2017). Gelişmekte olan ülkelerde, böcek zararlıları tüm biyotik faktörlerin en önemlisi olarak kabul edilmekte ve tahıllarda önemli kayıplara neden olmaktadır (%30 -%40) (Boxall 2002; Tapondjou 2002; Abass vd. 2014).

Türkiye'nin de dahil olduğu gelişmiş ülkelerde böceklerin neden olduğu tahıl kaybı daha azdır. Bu, ürünlerin raf ömrünü uzatmak için kullanılan kapsamlı ve verimli zincir sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Buna ek olarak, yeni teknolojilerin en son tanıtımı ve daha gelişmiş yönetimler büyük önem taşımaktadır (Hodges vd. 2011).

Türkiye'deki bu gelişmiş depolama ve yönetim yapılarına rağmen, böceklerin varlığı hala çiftliğe ve depo düzeyindedir. Çiftliklerde hala böcek bulunmaktadır ve böceklerin varlığı depolarda ürün ağırlığında azalma, kalitatif bozulma ve besin değerinde azalma ile sonuçlanan, bazı fiziksel ve kimyasal değişikliklere neden olur (Emekci ve Ferizli 2000). Araştırmacılar, böcek zararlıları nedeniyle hasat sonrası depolama kayıplarının Türkiye'de %10'a kadar çıkabileceğini açıklamıştır.

En yaygın depolanmış baklagil ve tahıl zararlısı böcekler, mısır biti (*S. zeamais* Motch), pirinç biti (*S. oryzae*) (Coleoptera: Curculionidae), fasulye tohum böceği (*A. obtectus*), börülce tohum böceği (*Callosobruchus maculatus*) (Coleoptera: Chrysomelidae), arpa güvesi (*Sitotroga cerealella*) Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae), kuru incir kurdu (*Ephestia cautella* Walk.), kuru meyve güvesi (*Plodia interpunctella* Hbn.), tütün güvesi (*Ephestia elutella* Hbn.) pirinç güvesi (*Corcyra cephalonica* Stt.) (Coleoptera: Pyralidae), khapra böceği (*Trogoderma granarium* Everts.) (Coleoptera: Dermestidae), ekmek böceği (*Stegobium paniceum* L.), tatlı kurt (*Lasioderma serricorne* F.) (Coleoptera: Anobiidae), ekin kambur biti (*Rhizophorthera dominica* F.) (Coleoptera: Bostrichidae), dişli böcek (*Oryzaephilus surinamensis* L.) (Coleoptera: Silvanidae),

küçük kırma biti (*Cryptolestes ferrugineus* Steph.) (Coleoptera: Laemophloeidae), ekin kara böceği (*Tenebroides mauritanicus* L.) (Coleoptera: Trogossitidae) olarak verilebilir (Rajendran ve Sriranjini 2008; Tunç ve Erler 2008, Deng vd. 2009; Nukenine 2010; Ogendo vd. 2012; Bett 2016).

2.3. Depo Tahıl Zararlarına Karşı Bitki Çeşitleri ve Bitki Parçaları

2.3.1. Giriş

Farklı bitkilerin biyolojik etkinliği açıklanmıştır (Athanassiou vd. 2014). Uçucu yağlar içeren aromatik bitkiler dünyaya yayılmaktadır. Farklı famiyalardan 17.000'den fazla bitki türü bulunmaktadır. Halen, Cupressaceae, Lauraceae, Piperaceae, Poaceae (Bruneton 1999; Svoboda ve Greenaway 2003), Citraceae (Pandey ve Tripathi 2011), Asteraceae, Rutaceae, Lamiaceae (Abdelgaleil vd. 2016; Babarinde 2017), Meliaceae (Akhtar vd. 2007; Babarinde vd. 2016) ve Myrtaceae (Filomeno vd. 2017) familyalarına bağlı birkilerin karakteristik maddeleri ve önemli biyoaktiviteleri için geniş çapta incelenmiştir.

2.3.2. Uçucu yağların kaynağı olan aromatik bitki türleri

2.3.2.1. Bitki aileleri ve türleri

Neem ağacı (*Azadirachta indica* A. Juss, Meliaceae) başlıca büyük böcek öldürücü bileşenler olan azadiractin içeren bir bitki olduğu için en fazla çalışma yapılan bir bitkidir (Kavallieratos vd. 2007). Öte yandan, farklı ailelerden farklı türler yoğun olarak incelenmiştir. Bunlar: *Acorus calamus* L. (Acoraceae), *Allium sativum* L. (Amaryllidaceae), *Arachis hypogaea* L. (Fabaceae), *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) ve *Vitex negundo* L. (Lamiaceae) (Weaver ve Subramanyam 2000) olarak sıralanabilmektedir. Bu çalışma ışığında, seçilen ökaliptus, nane ve anason türlerine ilişkin bilgiler burada derlenmiş ve verilmiştir.

2.3.2.2. Ökaliptus botaniği

Eucalyptus camaldulensis taksonomisi

Bitki Myrtaceae familyasına aittir (Brooker ve Orchard 2008) ve dünyadaki en yaygın ekili ağaç olması muhtemeldir. Tropikal ve subtropikal ülkelerin pek çok bölgesinde bulunmaktadır (Andrew 1973).

Alem	: Plantae
Bölüm	: Magnoliophyta
Sınıf	: Magnoliopsida
Takım	: Myrtales
Familya	: Myrtaceae
Cins	: <i>Eucalyptus</i>
Tür	: <i>E. camaldulensis</i>

Bitki farklı alt türlere sahiptir ve en yaygın türler *E. camaldulensis* subsp. *Acuta*; *E. camaldulensis* subsp. *Arida*; *E. Camaldulensis* Dehnh. subsp. *Camaldulensis*, *E.*

camaldulensis subsp. *minima*, *E. camaldulensis* subsp. *Obtuse* (Blakely), *E. camaldulensis* subsp. *refulgens*, *E. camaldulensis* subsp. *Simulate* olarak bilinmektedir.

Morfolojik özellikleri

Önemli coğrafi dağılımı ile *E. camaldulensis* de önemli bir morfolojik varyasyona sahiptir. Bitki boyu 20-40 metreye ulaşabilir. Pürüzsüz, beyaz veya krem kabuğu önemli bir özelliktir. Sarı, pembe veya kahverengi lekelerle renklendirilmiştir (Butcher vd. 2002). Yetişkin yaprakları 80-180 mm uzunluğunda ve 13-25 mm genişliğinde mızrak şeklinde kavislidir (Brooker ve Orchard 2008). Özel düzenleme ile çiçek tomurcukları yedi, dokuz veya bazen on bir küçük gruplar halinde gruplandırılır. Olgun tomurcuklar 6-9 mm uzunluğunda ve 4-6 mm genişliğinde oval ile daha fazla veya küresel, yeşil ile kremi sarıdır. 3-7 mm uzunluğunda gagalı operculum'a bağlanırlar. Çiçekler beyazdır ve çoğunlukla yaz aylarında çiçek açar ve meyve sırasıyla 2-5 mm ve 4-10 mm uzunluğunda ve genişliğinde yarım küre kapsüldür (Brooker ve Kleinig 1994).

2.3.2.3. Nane botaniği

Mentha piperita taksonomisi

Nane uzun ömürlü ve aromatik bir bitkidir. Bu hibrit *Mentha piperita*, nane (*M. spicata* L.) ve su nanesi (*M. aquatica* L.) arasındaki geçişten kaynaklanmaktadır. Lamiaceae ailesine aittir (İscan vd. 2002).

Alem	: Plantae
Bölüm	: Magnoliophyta
Sınıf	: Magnoliopsida
Takım	: Lamiales
Familya	: Lamiaceae
Cins	: <i>Mentha</i>
Tür	: <i>Mentha piperita</i>

Asya'da yerli olarak üretilmesine rağmen ABD, Kanada, Avrupa ve dünyanın diğer birçok yerinde yetişmektedir (İscan vd. 2002). Su tutma kapasitesinin yüksek olduğu bölgelerde yetiştirilmektedir (McKay ve Blumberg 2006; Kiełtyka-Dadasiewicz vd. 2016).

Morfolojik özellikleri

Otsu bir köksap ile 30-90 cm yüksekliğinde hibrit bir bitkidir (Pruthi 1976). Ana kökleri rizom şeklindedir. Saçak kökler gelişmiştir. Köklerin büyük bir bölümü toprağın ilk 20-30 cm'lik kısmında yer alır. Kökler 80-100 cm derine inebilir. Bakım şartları ve çeşide göre gövde 30-80 cm boy yapabilir. Yarı odunsu olan gövde yeşil ve morumsu renklidir. Gövde boğumları üzerinde yapraklar karşılıklı dizilirler. Maksimum uzunluğa ulaşan gövde sürgün ucunda çiçek oluşturarak gelişimini durdurur (Pruthi 1976; Zehtab-salması vd. 2001). Yapraklar boğumlarda karşılıklı dizilmiştir. Genelde uçları sivri ve kenarları hafif dişlidir. Çeşitlere göre düz veya kıvrık olabilir. Bitkinin değerlendirilen kısmı yüksek miktarda eterik yağ içeren yapraklardır. Bazı tiplerde yapraklar hem alt hem de üst yüzeylerinde hafif tüy taşırlar (Zehtab-salması vd. 2001). Çiçekler yüksek oranda

yabancı dölleme gösterirler. Tozlanma ve döllemede arılar büyük rol oynar. Nane tohumları esmer-kahverengi renkte, yuvarlak ve çok küçük yapılıdır. Tohumların bin tane ağırlığı 0.05-1.15 g'dır. Canlılıklarını 2-3 yıl muhafaza edebilen tohumlar aydınlıkta ve 20-30 °C'de 15-20 günde çimlenirler (Pereira vd. 2007).

2.3.2.4. Anason botaniği

*Pimpinella anisum*L.'nin taksonomisi

Anason (*P. anisum*), Maydanozgiller familyasından 50-60 cm uzunluğunda bir yıllık otsu bitki türüdür.

Alem	: Plantae
Bölüm	: Magnoliophyta
Sınıf	: Magnoliopsida
Takım	: Apiales
Familya	: Apiaceae
Cins	: <i>Pimpinella</i>
Tür	: <i>P. anisum</i>

Tıbbi ve tarımsal kullanımını büyük önem taşımaktadır. Anason midevi, karminatif, iştah açıcı ve koku verici etkilere sahiptir. Karminatif etkisi mide ve bağırsaklarda fermantasyona engel olmasından ileri gelmektedir. Ayrıca anason bazı içkilerin hazırlanmasında da kullanılmaktadır. Ekonomik açıdan en önemlisi *P. anisum*, *P. major*, *P. saxifraga* L., *P. peregrina* L. ve *P. diversifolia* L.'dir (Kubeczka vd. 1989; Merkel ve Reichling 1990; Kisiel vd. 1998; Rajeshwari vd. 2011).

Morfolojik özellikleri

Anason 30-50 (70) cm yükselebilen tek yıllık otsu bir bitkidir. Kök ince, oldukça kısa iğ şeklindedir. Sap yuvarlağımsı olup, az veya çok tüylüdür. Yapraklar bitkide buldukları yere göre şekiller gösterirler (Heywood 1971; Hedge 1987). Alt yapraklar uzun saplıdır. Şekilleri yuvarlağımsı kalp veya böbrek şeklindedir. Kenarları az veya çok derin dişlidir (Chevallier 1996). Orta yapraklar az veya çok belirgin üç parçalı durumda olup temele doğru daralır. Üst yapraklar sapsız olup, genellikle dar mızrak şeklinde üç parçalıdır. Bu yapraklar bir yerde dallanma şekline dönüşmüş görünümündedir. Yapraklar halımsı tüylüdürler. Bitki toprak üstünün son üçte birinde dallanmakta ve bu dalların ucunda şemsiye tipinde seyrek tipli çiçek kümeleri bulunmaktadır. Bir çiçek kümesi 8-15 adet ışınımsı dalcıktan oluşmaktadır (Ross 2001). Çiçeklerin muhafaza yaprakları ya yoktur ya da tek yapraklıdır. Küçük muhafaza yapraklar ise iplik şeklindedir. Taç yaprakları ise 5 adet olup, beyaz renklidir. Yumurtalık iki tepeliklidir. İkişer torbalı 5 adet ercikleri vardır, yumurtalık iki gözlüdür. Meyveleri armut şeklinde küçük, üzeri tüylü, yeşilimsi sarı renklidir (Heywood 1971; Hedge 1987; Figueiredo vd. 2008).

2.3.3. Böcek zararlıların mücadelesinde kullanılan aromatik bitkilerin bir kısmı

Ürünlerin aktif bileşenleri (uçucu yağ, toz vb.) temel olarak farklı bitki organlarında bulunur. Bitki türlerine bağlı olarak, glandüler trikomal, salgı boşlukları ve reçine kanalları insektisit ürünlerinin ana birikim alanlarıdır (Fahn 2000; El Asbahani vd.

2015). Birçok bitki türünde, böcek öldürücü değeri yalnızca bazı bitki kısımlarında bulunur, oysa diğerlerinde bütün bitki bölümlerinin bir böcek öldürücü aktivitesi vardır (Athanassiou vd. 2014). Depolanmış böcek zararlılarının mücadelesinde en yaygın kullanılanlar katı ve sıvı preparasyonlardır (Weaver vd. 1995). Genellikle depolanmış ürünlerle karıştırılırlar. Depolanmış ürünlerin korumasında en yaygın olarak kullanılanlar uçucu yağlardır. Ek olarak, sulu bitki özleri ve bitki tozları (Ul Hasan vd. 2013) çoğu durumda botanik uygulamanın başka bir yolu olarak düşünülebilir (Shaaya vd. 1991, Shaaya vd. 1997; Weaver ve Subramanyam 2000; Rajendran ve Sriranjini 2008).

2.3.4. Sekonder bitki metabolit bileşenleri ve biyosentez yolu

Monoterpenler ve seskiterpenler, uçucu yağların ana bileşenleridir. Sitoplazma ve plastitlerde sentezlenirler. Metilerythritol 4-fosfat (methylerythritol 4-phosphate: MEP) yolu veya mevalonat bağımlı (mevalonate-dependent: MVA) yolu, bu terpenlerin ana üretim ve sentez bölgesidir (Buchbauer ve Bohusch 2015). Terpenlerin sentezi sırasında, iki (C5) izopren öncüsü, izopentenil pirofosfat (IPP) ve dimetilasilil pirofosfat (DMAPP: Dimethylallyl pyrophosphate) katılımı büyük önem taşımaktadır. Sentezde yer alan terpen ve izopren birimlerinin sayısı sınıflarını belirler (monoterpenler, C10; seskiterpenes, C15) (Zebec vd. 2016). Örneğin, seskiterpen bileşikler 15 karbon atomu içerir ve daha az uçucudur. C10 bileşiklerinden veya monoterpenlerden daha yüksek kaynama noktasına sahiptirler (Buchbauer ve Bohusch 2015). Genelde ana bileşenler uçucu yağların biyolojik aktivitesini karakterize ederler (Campolo vd. 2018).

2.3.5. Uçucu yağ elde etme yöntemleri

Bilindiği gibi destilasyon, sıvıların kaynama noktalarındaki farklardan yararlanılarak gerçekleştirilen bir ayırma işlemidir. Bu yöntem ile elde edilen uçucu yağlar: yüksek oranda kaynama noktası düşük bileşikler, az miktarda kaynama noktası yüksek ve suda çözünen bileşikler içermektedir. Su destilasyonu (Hydrodistillation), buhar destilasyonu (Steam distillation), vakum destilasyonu (Vacuum distillation) ve mekanik yöntem gibi dört önemli yöntem Avrupa Farmakopesinde ve Uçucu Yağlar Uluslararası Standardı Örgütü'nde (ISO 9235: 2013) dikkate alınmaktadır (Zuzarte ve Salgueiro 2015).

2.3.5.1. Su destilasyonu (Hydrodistillation)

Uçucu bileşiklerin eldesinde yaygın olarak kullanılan geleneksel bir yöntemdir. Küçük ölçekli üretimlerde Clevenger tipi bir aparatla yapılan destilasyon işlemi endüstriyel uygulamalarda büyük destilasyon kazanlarında (İmbik) gerçekleştirilmektedir (Buchbauer ve Bohusch 2015). Yöntemin esası; soğutucu ile irtibatlandırılan bir cam balon içerisinde su ve bitki materyalinin 2-8 saat süreyle kaynatılarak, su buharı ile birlikte hareket eden yağ moleküllerinin soğutucuda yoğunlaştırılıp sudan ayrıştırılmasına dayanmaktadır. Elde edilen uçucu yağ miktarı volumetrik olarak ifade edilir. Su destilasyonu en iyi toz halindeki materyallerde (örneğin; kök ya da odununu) sonuç vermektedir (Linskens ve Jackson 1997). Elde edilen yağ miktarı çok olmakla birlikte suyun kaynatılması esnasında uygulanan yüksek sıcaklık, termal bazı reaksiyonlara neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak artifağ oluşumu, hidroliz ve isomerizasyon olayları meydana gelmektedir. Uçucu yağların

bileşimi pH'a bağlı olarak değişse de su destilasyonu yönteminde genellikle sıvının pH değeri kontrol edilmemektedir (Fakhari vd. 2005).

2.3.5.2. Buhar destilasyonu (Steam distillation)

Buhar destilasyonu yönteminde cam kap içerisine yerleştirilen taze bitki materyaline basınç yardımıyla uygulanan buhar, yağ damlacıklarını da beraberinde sürükleyerek toplama kabına getirmekte ve yağ burada yoğunlaştırılarak sudan ayrıştırılmaktadır (Badami ve Rai 2004; Božović vd. 2017).

2.3.5.3. Vakum destilasyonu (Vacuum distillation)

Bazı bileşiklerin kaynama noktaları oldukça yüksektir. Bu bileşikleri elde etmek amacıyla sıcaklığı artırmak yerine basıncı düşürmek daha etkilidir. Basınç bir kez bileşiğin buhar basıncının altına indirilirse, kaynama ve destilasyon işlemi başlamaktadır (Starmans ve Nijhuis 1996).

2.3.5.4. Mekanik yöntem

Limon ve portakal gibi bazı turuncgillerin kabuklarındaki uçucu bileşiklerle, destilasyon yöntemi uygulandığında bozulmaktadır. Bu gibi meyvelerin kabukları bez bir torbaya koyularak soğuk hidrolik preslerde sıkılarak uçucu yağlar elde edilebilmektedir. Soğuk presleme yöntemi olarak da bilinen mekanik süreç, ortam sıcaklığında ısıya maruz kalmadan uçucu yağların çıkarılmasından oluşur (Buchbauer ve Bohusch 2015). Bu yöntem *Citrus spp* ve *Fortunella spp* soyma yağlarının ekstraksiyonunda kullanılır.

2.3.5.5. Ekstraksiyon yöntemi

Daha önce tarif edilenlere ek olarak, diğer ekstraksiyon yöntemleri (Çözücü Ekstraksiyonu (Solvent Extraction), Süperkritik Sıvı Ekstraksiyonu (Supercritical fluid extraction-SFE), Mikrodalgayla Ekstraksiyonu (Microwave-assisted Extraction), Sıkıştırılmış Çözücü Ekstraksiyonu (Pressurised Solvent-Extraction), Katı-Faz mikroekstraksiyon (Solid Phase Microextraction-SPME), Çok Yönlü ekstraksiyon Yöntemleri (Simultaneous destilasyon ekstraksiyon (SDE) kaliteyi arttırmak, verimliliği artırmak ve enerji tüketimini azaltmak için kullanılmıştır (Arnould-Taylor 1981, Rassem vd. 2016). Etkin bir ekstraksiyon için sıcaklık önemli bir faktördür. Uçucu ve yarı uçucu bileşiklerin oluştuğu sıcaklık değerleri sırası ile 40-60 °C ve 80-100 °C arasındadır. Sıcaklığın artması artıfak oluşumlarına neden olmaktadır.

2.3.6. Uçucu yağların etki mekanizmaları

Uçucu yağların benzersiz özellikleri, böcek zararlılarının temel metabolik, biyokimyasal ve fizyolojik fonksiyonlarına müdahale etmektir. Lepidoptera familyasından ergin *P. interpunctella* türleri *Artemisia khorassanica* (Asteraceae) ve *Vitex pseudo-negundo*'nun (Lamiaceae) düşük uçucu yağ dozuna maruz bırakılmıştır. Önemli ölçüde azaltılmış enerji içeriği ile larva üretmişlerdir. Bu azalmış protein, lipid ve glikojen içeriği ile gözlemlendi (Borzoui vd. 2016). Bu nedenle, uçucu yağlara atfedilebilecek değişiklikler, işlem görmüş erginler tarafından kuşağa aktarılabilir. Ek olarak, depolanan ürünlere saldıran lepidopteran, enerji rezervi gerektirmektedir. Erginler

genellikle sınırlıdır veya hiç beslenmez ve olgunluk öncesi aşamalarda biriken enerji kaynaklarını kullanmaktadır. Dolayısıyla bu tür kaynaklarda larva safhalarında bir azalma, böceklerin hayatta kalmasını ve üremesini kritik şekilde tehlikeye atabilir. Spesifik olarak, protein ve lipit rezervuarları üreme parametreleri (örneğin yumurta üretimi, doğurganlık ve verim) için temel kabul edilirken, glikojen genellikle hareket kabiliyeti ve uçuş kabiliyeti ile bağlantılıdır (Liao vd. 2016).

Metabolik ve fizyolojik değişikliklere ek olarak, uçucu yağların yutulması da histolojik değişiklikler yapabilir. Osman vd. (2016), *T. granarium* larvalarının orta bağırsakta ciddi histolojik değişiklikler gösterdiği belirlenmiştir. Esas olarak rejeneratif hücreleri ilgilendirir. Bu nedenle, epitelyal bozulmaya neden olur ve fonksiyonel epitel hücrelerinin değişimini bozar. Bundan başka, hipodermis hücreleri nekrotik ve karanlık olup exokütikül ve endokütikül arasında bir ayrım yoktur. Uçucu yağlarla muamele edilen larvalardan erginler, bağırsakta daha az rejeneratif hücreler sunmuştur. Bunlarda uzatılmış ve daha dar bir lümen tespit edilmiştir. Dişiler soluk çekirdekli ovarilerin germarium ve foliküler epiteller göstermiştir.

Çeşitli araştırmalar, uçucu yağların böcek felci ve ölüme neden olabilecek nörotoksik etkilerini ortaya koymuştur (Jankowska vd. 2018). Etki mekanizmaları arasında asetilkolinesterazın (AChE) inhibisyonu, depolanmış ürün zararlılarında en çok çalışılanlardan biridir. AChE, böceklerde nöronal ve nöromüsküler haberleşmede en önemli enzimlerden biridir. Memeli enziminden tek bir kalıntı ile ayrılır ve AChE'yi yeni geliştirilen insektisitler için bir böcek seçici hedef yapmaktadır (Nattudurai vd. 2017).

Uçucu yağların, bazı depolanmış ürün zararlılarının AChE aktivitesini değiştirme kabiliyetleri nedeniyle potansiyel bir insektisit kaynağı olduğu tahmin edilmektedir (Abdelgaleil vd. 2016; Liao vd. 2016). Uçucu yağların AChE inhibe edici aktivitesi üzerine çalışmalar Curculionid ve Bruchid türünü test eden Coleoptera türleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, *Atalanta monophylla*L. (Rutaceae) yağı gibi bazı uçucu yağlar böceklerdeki toplam esteraz aktivitesini etkilemişlerdir, çünkü araştırmacılar test edilmiş böcekler için toplam esterazlarda bir azalma kaydetmiştir (Nattudurai vd. 2017).

Şimdiye kadar, esterazların yabancı bileşiklerin ve alleleokimyasal uçucu maddelerin detoksifikasyonunda yer aldığı bilinmektedir. Esterazlara benzer şekilde, glutation S-transferazların (GST'ler) böcek detoksifikasyon mekanizmalarında kilit bir rol oynadığı bilinmektedir. Sentetik ve doğal pestisitlerin nötralizasyon ve direnç mekanizmalarına katılırlar (Kostaropoulos vd. 2001, Siegfried ve Scharf 2001). Toplam esteraz ve AChE için tarif edildiği gibi *A. monophylla*'dan elde edilen uçucu yağlar, GST aktivitesini de azaltabildi. Örneğin, *C. maculatus* veya *S. oryzae*, ergin böcekler LC₃₀ ile muamele edildiğinde GST'lerin yaklaşık %43 oranında azaldığı saptanmıştır (Nattudurai vd. 2017).

Uçucu yağların, detoksifiye edici enzimlerin aktivitesini azaltma ve bastırma kabiliyeti, uçucu yağ bazlı formülasyonların insektisit aktivitesini artırabilir. Diğer böcek öldürücülerin aktivitesini arttırmak için sinerjik bileşenler olarak da kullanılabilirler. Bununla birlikte, her iki türün kontrol böcekleri en düşük enzim aktivitesini gösterdiği; bu, uçucu yağların uygulanmasının, GST olarak detoksifiye edici enzimlerin üretimini arttırdığını göstermiştir (Shojaei vd. 2017). Bu senaryoda, bu sonuçlar bazı uçucu yağ

maddelerinin tenebrionid böcekler tarafından detoksifikasyon mekanizmasına ışık tutabilir, ancak bu uçucu yağ için etki şekli olmayabilir.

2.4. Aromatik Bitkiler ve Böcekler Üzerindeki ana Etkileri

Birkaç bitki türü böcek öldürücü faaliyetler için test edilmiştir ve hala birçok bilinmeyen bitki vardır. Bitkiden türetilen maddeler, konvansiyonel kontak etkili aktif pestisitlerin veya fumigantların uygulanması içeren tekniklerle aynı şekilde uygulanabilir. Bu, onları depolanmış tahılların ve baklagillerin korunmasında fosfin ve diğer sentetik insektisitlere birer alternatif yapmaktadır (Athanassiou vd. 2014). Bitki uçucu yağları fumigantlar, kontakt etkili böcek öldürücüler, uzaklaştırıcılar ve beslenmeyi engelleyiciler gibi davranırlar. Çok çeşitli biyolojik aktiviteler sergilerler ve hatta böceklerin büyüme hızını, büyümesini ve davranışını olumsuz etkilerler.

2.4.1. Fumigant etkisi

Anason, kimyon, *Cuminum cyminum*, L. (Umbelliferae), ökaliptus, ve biberiye (*Origanum syriacum* L, (Lamiaceae)'den damıtılan uçucu yağların gaz hali fumigantlar olarak bildirilmiştir. Bu uçucu yağların, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Tenebrionidae) ve *E. kuehniella* yumurtalarının %100 ölümüne neden olduğu bildirilmiştir (Tunç vd. 2000).

Lavandula hybrid (Lamiaceae), *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae), *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae) ve 16 ana bileşenin uçucu yağların, *A. obtectus* erginlerine karşı insektisit aktiviteleri değerlendirilmiştir (Papachristos vd. 2004). Linalil ve terpinil asetat dışındaki tüm uçucu yağlar ve monoterpenoid birleşenlerin, hem erkek hem de dişi *A. obtectus* erginlerine karşı etkili olduğu ve böcek cinsiyetine ve monoterpenoidin yapısına bağlı olarak, 0 LC₅₀ değerleri.8 ila 47.1 mg/1 hava arasında değiştiği belirlenmiştir. Test edilen monoterpenoidler arasında *A. obtectus* erginlerine karşı en etkili olan birleşenlerin terpinen-4-ol, 1,8-sineol, verbenon ve kâfur olduğu tespit edilmiştir.

Franz vd (2011) fümigasyon testlerinde *S. oryzae*'nin erginleri *Zingiber officinale* (Zingiberaceae) uçucu yağının, LC₅₀ (1.18 µl/cm²) konsantrasyonuna 24 saat süreyle maruz biralıldığında erginlerde %70 ölüme neden olduğunu bulunmuşlardır.

Çam (*Polyalthia longifolia* Sonn.) (Annonaceae), ökaliptus (*Eucalyptus obliqua* L.) (Myrtaceae) ve kişniş (*Coriandrum sativum* L.) (Apiaceae) uçucu yağlarının *S. oryzae*, *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae) ve *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1866)(Lepidoptera: Pyralidae)'ya karşı hem kontakt hem de fümigasyon toksisiteye sahip olduğu bildirilmiştir (Usha Rani, 2012).

Ajayi vd. (2014) tarafından yapılan araştırmalar, 1-8-sineol, carvacrol ve eugenol gibi uçucu yağ bileşenlerinin de börülce tohum böceği, *C. maculatus*'a karşı yüksek toksik aktiviteye sahip olduğunu göstermişlerdir. 24 saat içinde 5 µl / l hava düşük dozda ergin böceklerin %90 ölümüne neden olmuştur.

Çetin vd. (2015), uçucu yağlar üzerinde yaptığı çalışmada uygulanan uçucu yağların dozu, 10 µl / l hava ve maruz kalma süreleri 24, 48 ve 72 saat olarak ayarlanmıştır. *Acanthoscelides obtectus*'un erginlerinde, *Rosmarinus officinalis* L. ve

Salvia fruticosa (Lamiaceae) türlerinin uçucu yağları ile 24 saat maruz bırakma süresi ve 10 µl / l hava konsantrasyonda %100 ölüm oranı sağlanabilmiştir. *Laurus nobilis* L. (Lauraceae), *Artemisia dracuncululus* L. (Asteraceae) ve *Mentha aquatica* L. (Lamiaceae)'nin uçucu yağları %90'dan daha yüksek ölüm oranlarına neden olmuştur. Genel olarak, ölüm oranları 24 ve 48 saatlerde artan maruz kalma süresi ile artmıştır.

Bett vd. (2016), *Cupressus lusitanica* (Cupressaceae) ve *Eucalyptus saligna* (Myrtaceae) 'nın yaprak uçucu yağlarını *A. obtectus*'a karşı test etmişlerdir. Bu çalışmada, *C. lusitanica* yağı, fümigasyondan 24 saat sonra sırasıyla %90.6 ve %100 *A. obtectus* ölümüne neden olmuştur. *Eucalyptus saligna* uçucu yağı, 15 µl / l havada fümigasyondan 24 saat sonra *A. obtectus*'un %95 ölümüne neden olmuştur.

Khelfane-Goucem vd. (2016) *Citrus reticulata* L., *Citrus limonum* L. (Rutaceae), *M. piperita* L., *Lavandula angustifolia* L.'yi *A. obtectus* erginlerine karşı 13.33, 40, 80 ve 106.66 µl / l konsantrasyonlarında fümigasyon toksisitesini test etmişlerdir. Buharların Maruz kalma süresinin ve konsantrasyonun artışıyla birlikte fümigant toksisitede önemli bir artış görülmüştür. Uygulamadan 24 saat sonra, lavanta ve nane uçucu yağları için sırasıyla yaklaşık %37.5 ila %100 ve %45.25 ila %95 ölüm gözlenmiştir. *Citrus limonum* ve *C. reticulata* için, en yüksek dozda 96 saatlik bir maruz kalma süresinden sonra sırasıyla %85 ve %72.5 ölüm kaydedilmiştir.

Khani vd. (2017), uçucu yağların *M. piperita*, *R. officinalis* L. ve *Hyssopus officinalis* L. (Lamiaceae) uçucu yağların fumigant toksisite etkilerini *S. oryzae*' ye karşı incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre *H. officinalis*, *S. oryzae* erginleri için 78.16 µl / l dozunda en yüksek fümigant toksisiteye sahip olurken, bunu 115.63 µl / l ile *R. officinalis* ve 299.51 µl / l ile *M. piperita* takip etmiştir. *Mentha piperita* uçucu yağının, *S. oryzae* erginlerinde 299.51 µl / l'de %95 ölüm oranı ürettiğini bildirmişlerdir.

Sriti (2017), kişniş uçucu yağının *T. castaneum*, *L. serricorne* ve *S. oryzae* için nispeten daha toksik olduğunu belirtmiştir.

2.4.2. Kontakt veya mide zehiri etkisi

Sentetik insektisitlerin keşfi ile ilgili araştırmalar artmış olmasına rağmen, son yıllarda bitkisel kökenli yeni toksik maddeler üzerine araştırmalar azalmamıştır (Talukder ve Howse 1995). Pek çok *Ocimum* yağ türü, özü ve onların biyoaktif bileşiklerinin, birçok böcek türüne karşı böcek öldürücü aktiviteleri olduğu bildirilmiştir (Obeng-Ofori vd. 1998; Keita vd. 2001). Talukder (2006) depolanmış ürün zararlısı böceklerinin farklı türlerinin toksik etkilerini ifade eden 43 bitki türünün kullanımını listelenmiştir.

Rani ve Rajasekharreddy (2009) *Sterculia foetida* L. (Malvaceae) ve siklopropen yağ asidi tohumu özü, *S. oryzae*, *C. sinensis* ve *T. castaneum* erginlerin %100 ölümüne neden olduğunu bildirmişlerdir.

Buzby vd. (2014), farklı uçucu yağların kontakt ve böcek öldürücü aktivitesi üzerine araştırmalar yapmışlardır. *Sitophilus oryzae*'ye karşı karanfil uçucu yağının (UY) ve birkaç botanik bileşiğin (öjenol, karvarol, alillisotiyosiyanat ve etil format) böcek öldürücü aktivitesini belirlemek için çalışmalar yürütmüşlerdir.. Böceklerin ölüm oranı, kontakt toksisite analizi (emdirilmiş filtre kağıdı) veya fümigasyon toksisite testi (hava

geçirmez maruz kalma odası) ile belirlenmiştir. *Sitophilus oryzae* ile yapılan testler, karan (UY) ile kontakt halinde böcek öldürücü aktivitenin saf öjenol ve karvakrol ile benzer olduğunu göstermiştir: LD₉₀'ler sırasıyla 366, 385 ve 442 µl / dm² olarak belirlenmiştir. Alillisotiyosiyanat (AITC)'in fümigasyon böcek öldürücü etkinliği LC₉₅ = 10.8 / l / l olarak bulunmuştur Etil format (EtF) ve karanfil UY için LC₅₀ sırasıyla 41 ve 210µl / l'de olarak hesaplanırken gözlenen 24 saatlik maruz bırakma süresinden onra AITC için LC₅₀ değeri 6.4 µl / l olarak belirlenmiştir.

Mentha haplocalyx (Lamiaceae)'in hava araçları parçaları incelendi. Uçucu yağlar ve izole edilmiş üç bileşik, *Lasioderma serricorne* erginlerine sırasıyla 16.5, 7.91, 5.96 ve 13.7 mg / ergin LD₅₀ değerleri ile güçlü kontakt toksisitesi sergilemiştir (Zhang vd. 2015).

Lavandula angustifolia'nın uçucu yağı iyi bir fumigant etkiye sahip olurken *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae)'a kontakt toksisite göstermiştir (Germinara vd. 2017).

2.4.3. Kemosterilantlar ve döl üretimi azaltma etkisi

Birçok araştırmacı, tahıl parçalarıyla karıştırılmış bitki parçaları, yağ, özler ve tozların böcek yumurtlama, yumurta çıkışını, postembriyonik gelişimi ve döl üretimini azalttığını bildirmiştir (Saxena vd. 1986; Schmidt vd. 1991; Asawalam ve Adesiyan 2001). Pek çok botanik kökenli böcek ilacının, erginlerin gelişim dönemi, büyümesi ve ortaya çıkması üzerinde önemli bir etkisi olduğu bildirilmiştir (Shaalan vd. 2005).

Depolanan ürün zararlısı böceklerle karşı üreme önleyici olarak 43 bitki türünün listesi rapor edilmiştir (Talukder 1995). Raporlar ayrıca uçucu yağlar dahil bitki türlerinin böcek yumurtalarının ölümüne neden olduğunu göstermektedir (Obeng-Ofori ve Reichmuth 1997). *Sitophilus granarius* ve *S. zeamais*'nın yavru verimini kısıtlamıştır. *Elettaria cardamomum* Maton (Zingiberaceae)'un uçucu yağları, *C. maculatus* dişilerinin yumurta bırakmayı caydırıcılığı üzerinde etkiye sahiptir ve muamele edilen tanedeki zararlıların sayısını azaltmıştır (Abbasipour vd. 2011).

Birçok öğütülmüş bitki parçası, özüt, yağ ve buhar aynı zamanda birçok böceğin türünü de baskılamaktadır (Rajendran ve Sriranjini 2008; Rajashekar vd. 2010).

Cymbopogon flexuosus Nees ex Steudel (Poaceae)'un yapraklarının uçucu yağının fumigant toksisitesi, *Rhyzopertha dominica* Fabricius (Coleoptera: Bostrichidae) *S. oryzae* ve *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) üretiminde araştırılmıştır. Yağ, sırasıyla %0.4 ila 1.0 ve %1.0 (v/w) dozlarında *R. dominica* ve *S. oryzae*'ye karşı yüksek aktiviteye sahiptir. Bu konsantrasyonlarda, suşların %90'ından fazlası inhibe edilmiştir. *Tribolium castaneum* fümigasyon testinde daha az etkilenmiştir (Tewari ve Tewari 2008).

Abouavd (2010), *C. maculatus*'un uçamayan formunda *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae), *Citrus aurantifolia* (Christm. & Panzer) (Rutaceae) ve *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S. T. Blake (Myrtaceae)'nın uçucu yağlarını test etmiştir. Bu yağlar bir insektisidal aktivite sergilemiş ve *C. maculatus*'un dişilerinde, kontrol grubuna kıyasla yumurta bırakma sayısında çok önemli bir azalmaya neden olmuştur. *Citrus reticulata*

Blanco (Rutaceae) kabuğundan elde edilen uçucu yağlar, *R. dominica*'da büyüme inhibisyonuna neden olmuştur (Abbas vd. 2012). Yüksek fümigant toksisitesi de gösteren bu uçucu yağların büyüme önleyici aktiviteleri, gelişmenin farklı aşamalarında böceklerin çeşitli fizyolojik işlemlerinin inhibe edilmesinden kaynaklanabilmektedir.

Devi ve Devi (2013) *S. oryzae*'ye karşı yumurta bırakmayı engelleyici etkilerini belirlemek için 18 baharat bitkisini test etmişlerdir. Sonuçlar, inhibitör etkinin bitki türüne, dozuna ve maruz kalma süresine bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. 1,000 ppm heksan özleri, fümigant etkiler için aynı böcek türlerine karşı test edilmiştir. Biber özünde 5 gün boyunca %100 ölüm görülmüş, ardından %92 karanfil özü, diğer hindistancevizi yağları %51.67, tarçın %66.6 ve peletler %79.8 asit vermiştir. Filtre kâğıdı disklerinde 0.59 µl/cm²'lik bir dozda, yıldız anason, tarçın ve karanfil heksan özütlerinin uygulanmasından 72 sa sonra %100 ölüm oranı sağlanmıştır. Bu baharat bitkilerinin, tohum çimlenmesini etkilemeden 9 aya kadar *Sitophilus* türlerinden koruma sağladığı ve dolayısıyla tahıl koruyucusu olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.

2.4.4. Beslenme engelleyici (anti-feedant effects) etki

Bazen beslenme engelleyiciler olarak da adlandırılan besleme caydırıcıları, böcek besinlerini lezetsiz ve tatsız edici hale getirerek beslenmeyi engelleyen veya böcek beslenmesini durduran kimyasallar olarak tanımlanmaktadır (Saxena vd. 1988; Munakata 1997; Rajashekar vd. 2012). Açıklanan doğal beslenme engelleyicilerin bazıları, steroidal alkaloidlerin glikozitlerini, aromatik steroidleri, hidroksile edilmiş steroid meliantriol, triterpen hemiasetal ve timol, sitronellal gibi diğer uçucu yağ bileşenlerini içermektedir (Jacobson 1982; Talukder veHowse 2000).

Curcuma longa L. (Zingiberaceae)'nın yaprak uçucu yağlarının *R. dominica*, *S. oryzae* ve *T. castaneum*'un erginler ve larvaya karşı besleme caydırıcı aktiviteleri, monoterpen birleşen olan carvone ve dihidrokarbon varlığına bağlanmıştır (Tripathi vd. 2003). Azadirachta'nın böcek zararlılarının mücadelesinde farklı özelliklerine rağmen, Chaudhary vd. (2017), Ghoneim ve Hamadah (2017), neem'in önde gelen bir bileşeni olan azadirachtin'in de bir beslenmeye engelleyici olarak hareket ettiğini belirtmiştir. Tek bir bitki türünün böcek zararlılarının yönetmekmücadelesi için farklı özelliklere veya etkilere sahip olması çok önemlidir.

2.4.5. Kaçırıcı etki

Kaçırıcılar, ekosistem üzerinde en az yan etkiye sahip koruma sağladıklarından arzu edilen kimyasal maddelerdir (Isman ve Grieneisen 2014; Werle 2019). Böcek zararlılarını muamele edilmiş maddelerden uzaklaştırmak için koku zararlılarını veya diğer reseptörleri uyarırlar. Bitkisel kökenli kaçırıcılar zararlı böcek kontrolünde güvenli olarak kabul edilir; pestisit kalıntıları en az olup insan, gıda ve çevre güvenliği sağlarlar (Talukder vd. 2004; Talukder 2006; Maia ve Moore 2011;Zhang vd. 2015).

Farklı biyoaktif bitkilerden elde edilen bitki özleri, tozları ve uçucu yağları depolanmış tahıl zararlılarına karşı kaçırıcılar olarak rapor edilmiştir (Xie vd. 1995; Owusu 2000; Boeke vd 2004; Koul vd. 2008). Zhang vd. (2015) *Mentha haplocalyx* yağının ve izole bileşiklerinin *L. serricorne* erginlerine karşı güçlü bir uzaklaştırıcı olduğunu bildirmişlerdir.

Kişniş uçucu yağı üzerine yapılan araştırmalar, *T. castaneum*, *S. oryzae* ve *L. serricorne* erginlerine karşı önemli böcek kaçıracı aktivite göstermiştir. Kaçıracı etki, yağ konsantrasyonuna ve maruz kalma süresine bağlıdır. 0.39 µl/cm²'deki kişniş uçucu yağı, 1 saatlik bir süre sonunda *L. serricorne* erginlerine karşı en yüksek kaçıracı etkinliği göstermiştir (Sriti vd. 2017). Zerdeçal köksap tozu yağının ana bileşenleri olan turmeron ve dehidroturmeron depolanmış tahıl zararlıları için güçlü kaçıracılardır. Zerdeçal uçucu yağları buğday tanelerini *T. castaneum*'a karşı korumaktadır (Chahal vd. 2005).

García vd. (2005), *Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pav.) (Asteraceae) uçucu yağının *T. castaneum* erginlerine karşı kaçıracı etkisini ortaya koymuşlardır. Uçucu yağ, 210 dakikalık muameleden sonra en düşük ED₅₀ ile test edilen konsantrasyonlarda akut kaçıracı aktiviteye neden olmuştur.

Değerlendirilen dönemde kaçıracı aktivitede önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Defne (*Laurus nobilis* Bay Laurel) (Lauraceae), bergamot (*Citrus bergamia* Risso) (Rutaceae) ve lavanta (*Lavandula hybrida* Briq.) (Lamiaceae) uçucu yağları çıkarılmış ve *S. zeamais*, *C. ferrugineus* erginleri ve *Tenebrio molitor* L (Coleoptera: Tenebrionidae) larvalarına karşı test edilmiştir. Bergamot uçucu yağı, 24 sa sonra *S. zeamais*'te en yüksek kaçıracılığı sağlamıştır. *Cryptolestes ferrugineus* için benzer sonuçlar elde edilmiş, ancak lavandin ayrıca iyi uzaklaştırma aktivitesi göstermiştir. Defne, *T. molitor* larvaları için en etkili kaçıracı olarak belirlenmiştir (Cosimi vd. 2009).

Vidhya ve Jesudasan (2012), dört baharatlar Anason (*P. anisum*), Tarçın (*Cinnamomum verum* J. Presl (Lauraceae) karanfil (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L. M. Perry) (Myrtaceae) ve defne yaprağı (*Laurus nobilis*)'nin *S. oryzae*'ye karşı kaçıracılığını belirlemek için bardak bioassay tekniğini kullanmışlardır. Dört baharatın, *S. oryzae*'yi kaçırmada etkili olduğunu kanıtlanmıştır. Defne yaprağı, 6 saatlik bir maruz kalma süresinden sonra %96.67'lik en yüksek kaçıracılık sağlamıştır. En düşük uzaklaştırma oranı %53.33 ile karanfil uçucu yağında kaydedilmiştir. 6 saatin sonunda kaçıracılıkları defne yaprağı > anason > tarçın > karanfil olarak belirlenmiştir.

Khelfane-Goucem vd. (2016), nane bitkisinin *A. obtectus*'a karşı uzaklaştırıcı etkisini incelenmişlerdir. 0.105, 0.315, 0.631 ve 0.842 µl/cm² konsantrasyonlarında çalışılan uzaklaştırıcı aktivitesi, *A. obtectus*'un erginlerinde nane uçucu yağı %71.25'lik oranla en yüksek uzaklaştırıcı etki göstermiştir.

Jayakumar vd. (2017), *S. oryzae*'ye karşı kafur, ökaliptüs, limon ve şükela (wintergreen) uçucu yağlarının kaçıracı aktivitesini kaydetmiştir. Farklı derecelerde, sonuçlar, *S. oryzae*'nin erginlerinde uçucu yağların kaçıracı olduğunu gösterdi. Test edilen uçucu yağlar arasında, maksimum kaçıracılık kafurda kaydedilmiştir.

Rahdari ve Hamzei (2017), uçucu yağlarının *T. confusum* üzerindeki kaçıracı etkisinden dolayı organik gıda korunmasında *M. piperita*, *R. officinalis* ve *C. sativum* yağlarının etkinliğini göstermiştir. *Lavandula angustifolia*'nın uçucu yağı iyi ve güçlü kaçıracı aktivite sergilemiştir. *Sitophilus granarius*'un oryantasyonu çekici substrat yönelttiği belirlenmiştir (Germinara vd. 2017).

Zhang vd. (2017), altı *Zanthoxylum* (Rutaceae) türünün (*Z. armatum*, *Z. dimorphophyllum*, *Z. dimorphophyllum* var. *Spinifolium*, *Z. piasezkii*, *Z. stenophyllum* ve *Z. dissitum*) kaçırcı aktivitesini *T. castaneum* ve *L. serricornene* erginlerine karşı incelemişlerdir. Bu altı *Zanthoxylum* türünün uçucu yağları, *T. castaneum* ve *L. serricorne* erginlerine karşı önemli kaçırcı aktiviteye sahip olduğunu rapor edilmiştir.

Bitkisel kökenli ikincil metabolitlerin (çoğunlukla terpenoidlerin) çoklu karışımlarının, çoklu etki mekanizmaları sağladığı, böylece böceklere karşı direnç geliştirme eğilimini azalttığı bilinmektedir (Tangtrakulwanich ve Reddy 2014; Pavela ve Benelli 2016; Pandey vd. 2018). Araştırmacılar uzun zamandır tek tek bileşenlerin bir karışımın kaçırcılık aktivitesine katkısını merak etmişlerdir. Uçucu yağın kendi bileşenlerinden daha aktif olduğunu defalarca tespit etmişlerdir (Tak vd. 2016; Scalerandi vd. 2018). Bileşenler arasındaki etkileşimler sinerjistik etkiler yaratarak tek bir bileşene atfedilebilecek olandan daha fazla kaçırcılığa neden olabilir (Deletre vd. 2013). Ek olarak, sadece aynı bitkinin ana bileşenleri arasında değil, aynı zamanda farklı bitki türlerinden farklı bileşenler arasında sinerjik bir kaçırcılık bulunabilir (Kiplang'at ve Mwangi, 2014). Sonuç olarak, birkaç hipotez önerilmiştir ve en çok çalışılan, farklı bileşikler arasındaki sinerjistik ve antagonistik etkileşimlerdir.

2.4.6. Farklı etkilerin kombinasyonu

Bitkiler veya ana bileşenleri, depolama tahıl böcek zararlılarına karşı ikiden fazla etkinin bir kombinasyonuna sahiptir. Athanassiou vd. (2014), bitki özlerinin toz veya uçucu yağların tüm etki mekanizmalarının bir kombinasyonuna sahip olabileceğini göstermiştir. Bu, farklı saldırı modları veya farklı etkiler ile birçok böceğe tepki verebilen *Azadirachta indica* örneğidir.

2.5. *Acanthoscelides obtectus* ve *Sitophilus oryzae* Tanımı ve Taksonomisi

2.5.1. Fasulye tohum böceği, *Acanthoscelides obtectus*

Fasulye, nohut, bakla, börülce ve soya fasulyesinde önemli ekonomik kayıplara neden olan oligofag bir böcektir (Elmalı ve Toros 1990; Yılmaz ve Elmalı 2002; Karabörklü 2008). Dişiler olgun baklagiller üzerine yumurta bırakır ve istila başlar.

2.5.1.1. Sistematik yeri

Şube	: Arthropoda
Sınıf	: Insecta
Takım	: Coleoptera
Familya	: Chrysomelidae
Cins	: <i>Acanthoscelides</i>
Tür	: <i>Acanthoscelides obtectus</i> Say

2.5.1.2. Tanımı

Fasulye tohumböceği ergininin vücudu uzunca oval, biraz yassı, açık veya koyu kahverengidir. Vücudun üzeri arkaya yatık sarı yeşil çok kısa tüylerle örtülü olup, açık gri tüylerle kaplı uzunca lekeler bulunmaktadır. Vücudun alt tarafı kırmızımsı sarı

renklidir. Antenleri 11 segmentli olup, ilk 4 segment ve son segmenti açık kahverengi diğerleri koyu kahverengidirler. Bacakları kırmızımsı kahverengindedir. Bu böcek cinsel dimorfizm gösterir (Thakur ve Banal 2007, Anonim 2008). Fasulye tohum böceği'nin erkeği boyca küçük (3.1-4.2 mm) ve alttan son karın segmentinin dış kenarı içe doğru yuvarlak olması nedeniyle dışından ayrılır. Dişi boyca daha büyük (3.8-4.8), son abdomen segmentinin çizgisi düzdür (Wendt 1992). Diğer bruchidlerde olduğu gibi, *A. obtectus*'un erginleri de beslenmez, zayıf uçucudur ve rahatsız edildiklerinde ölü taklidi yaparlar (Alvarez vd. 2005, Paul vd. 2009; Thakur 2012).

2.5.1.3. *Acanthoscelides obtectus*'un biyolojisi

Acanthoscelides obtectus, tarlada fasulyeyi istila etmeye ve depolanma sırasında gelişmeye devam eden bir böcektir. Bu fasulye böcek türleri kozmopolit böceklerdir ve yabani ve ekili ortak fasulye ile beslenirler (Alvarez vd. 2005; Paul vd. 2009; Thakur 2012). Böcek holometabolous, multivoltine türdür ve bir yılda 6-8 üst üste gelen döl verebilmektedir.

Gelişmekte olan erginler, ortaya çıktıktan sonraki 24 sa içinde herhangi bir zamanda çiftleşirler. Çiftleşme sırasında erkek normalde dişiye tutmak için ön ve orta bacaklarını kaldırır. Çiftleşme 4-5 dakika sürmektedir (Alvarez vd. 2005). Yumurta, uzun ve ovaldır. Bir ucu sivrice diğer ucu yuvarlaktır. Yumurta, ilk bulunduğu zaman saydam parlak beyaz renklidir. Zamanla renk donuklaşır, süt beyazı olur. Yumurtanın boyu 0.63-0.77 mm'dir. Dişi, tohumlara çok az sayıda yumurta bırakmıştır. Yumurtaların çoğunluğu tohumlar arasında 2 ila 20 yumurtalık gruplar halinde serbestçe salınır (Parsons ve Credland 2003). Tek bir dişi 200 kadar yumurta bırakabilir ancak 40'ı ortalama doğurganlıktadır (Paul vd. 2009). Yumurtlamanın birinci ve ikinci gününde maksimum yumurta sayısı verilir ve yumurtlama daha sonra azalır. Yumurtalama 7-10 gün sürer. Açılıma yakın yumurtanın yuvarlak ucunda larvanın kafası belirginleşmektedir (Thakur ve Renuka 2014).

Larvalar güçlü çeneler ile miniktir ve yaşam döngüsünün tamamlandığı tohumların içinde beslenirler. Son böcek larvası iki erime periyodu arasındaki bir fazdan pupa aşamasına geçmeden önce bir çıkma penceresi hazırlar (Alvarez vd. 2005). Yumurtadan ilk çıktığı zaman larvanın gövdesi silindirik yapıda uzun olup, arkaya doğru gittikçe inceler, uzun tüylerle kaplıdır. Baş esmerimsi, vücut beyaz renklidir. Üç çift ince uzun göğüs bacağı vardır. Vücut uzunluğu 0.6-0.8 mm'dir. Yumurtadan çıkan larva bir süre tanenin üzerinde dolaştıktan sonra, tane kabuğunu oyarak bir galeri (tünel) açar ve orada beslenir. Bu sırada larvanın gövdesi silindirik olup yay gibi kıvrıklaşır, ayaklar kaybolmuştur. Bu haliyle larva birinci dönem larvadaki çok farklıdır. Son dönem larvanın vücut uzunluğu 3-3.5 mm'dir. Pupa evresi ayrıca ev sahibi tohumların içindeki gelişimi tamamlar ve pupa gelişimi 14-17 gün sürer (Southgate 1979).

Pupa, tane kabuğunun hemen altındaki bir odacıkta oluşur. Bu durum tane kabuğu üzerinde yuvarlak yağ lekesine benzer renk değişimi ile kolayca anlaşılır. Zamanla lekenin rengi esmerleşir. İlk zaman parlak beyaz olan pupa rengi zamanla koyulaşır ve kirli sarımsıdan açık kahverengine dönüşür. Pupa boyu 2.9 4.6 mm'dir (Alvarez vd. 2005; Anonim 2008).

Acanthoscelides obtectus gelişme döngüsü 33.23 ± 1.78 gündür (yumurta evresi 5.60 ± 0.49 gün ve larva-pupa evreleri 27.63 ± 1.60 gün) ve yaşam döngüsünü tamamlama süresi 47.79 ± 4.42 gündür (Ramírez ve Suris 2015). Diğer araştırmacılar yaşam döngüsünü tamamlamak için 44-54 gün gerekli olduğunu açıklamıştır (Thakur ve Banal 2007). Erginler tohumdan yaklaşık 2 mm çapında yuvarlak deliklerden çıkarlar.

Türkiye’de, yumurta ortalama 25°C sıcaklıkta 6 günde açılır, çıkan larva taneye girer, larva dönemi 20-26 gün sürer, 9-12 gün devam eden pupa dönemi sonunda, ergin fasulye kabuğunda yuvarlak bir kapakçık açarak dışarı çıkar. Eğer hasat gecikmişse fasulye kapsüllünü delerek uçar. Hasat olgunluğuna gelmiş kapsülleri arar ve içine yumurta bırakır. Marmara Bölgesi’nde 1.5-2 dölü tarlada, diğerleri ambarlarda olmak üzere yılda ortalama 5, Orta Anadolu’da 4-5, Ege ve Karadeniz’de 3-5, Güneydoğu Anadolu’da 3-4 döl verir (Anonim 2008).

2.5.2. Pirinç biti, *Sitophilus oryzae*

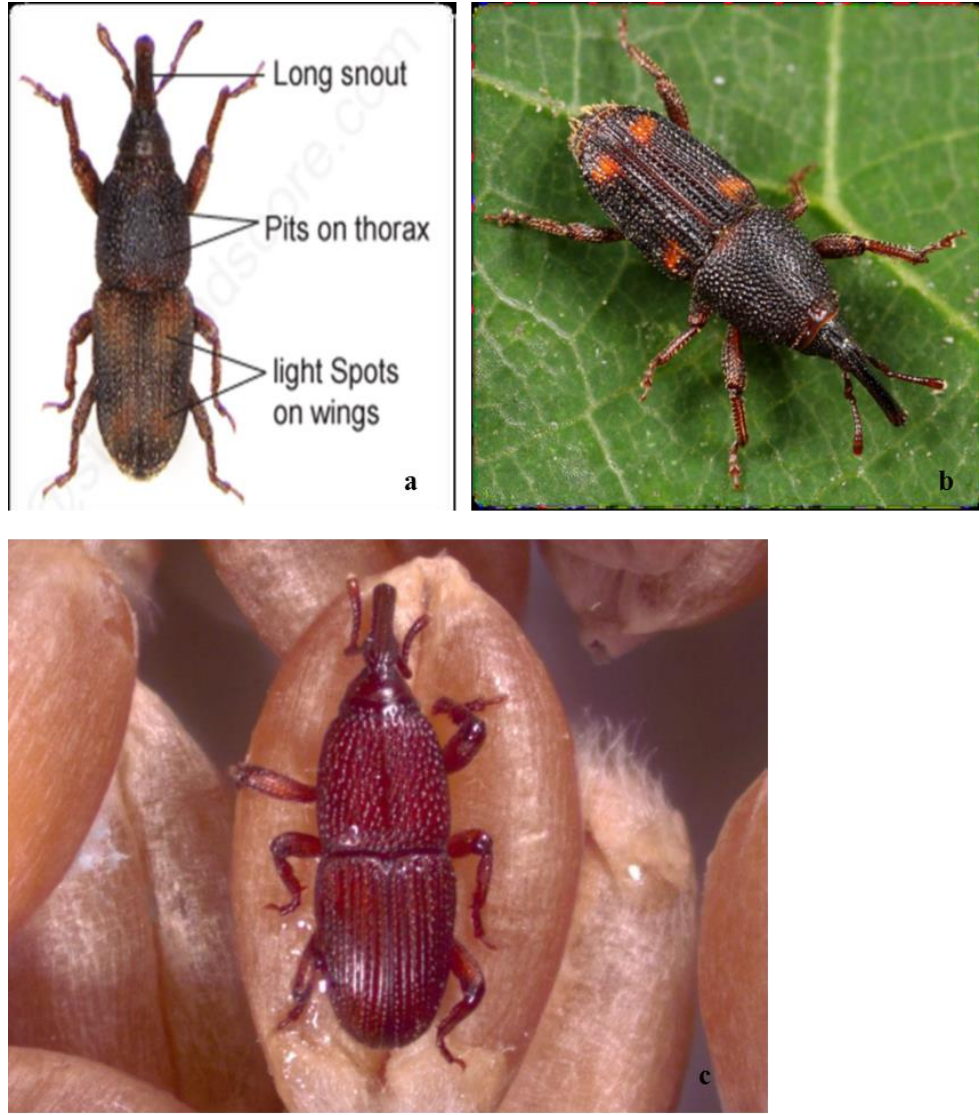
Çeltik, buğday, darı, arpa, mısır, sorgum ve diğer tahıllarda zarar yapan ciddi bir böcektir. Depolama sırasında önemli kalitatif ve kantitatif kayıplara neden olur. Sıcak ve nemli iklim gelişimini desteklemektedir. Kozmopolit böceklerden biridir ve hem larva hem de ergin safhaları ekonomik hasara neden olur (Maceljski ve Korunić 1973; Meagher vd. 1982; Nardon ve Nardon 2002; Srivastava ve Subramanian 2016).

2.5.2.1. Sistematik yeri

Şube	: Arthropoda
Sınıf	: Insecta
Takım	: Coleoptera
Familya	: Curculionidae
Cins	: <i>Sitophilus</i>
Tür	: <i>Sitophilus oryzae</i> L

2.5.2.2. Tanımı

Ergin rengi kırmızımsı esmer ile kahverengi arasında değişir (Şekil 2.1). Boyu 2.5-4.0 mm'dir. Baş kısmında, ucunda ağız parçalarının yer aldığı uzun bir hortum vardır (Chitra Srivastava ve Subramanian 2016). Pronotum ve kın kanatlar üzerinde uzunca derin noktalar bulunur. Protoraksta ise oldukça sık nokta şeklinde çukurluklar bulunur. Kın kanatlar üzerinde dört tane kırmızımsı sarı leke vardır. Pirinç biti erginleri, iyi gelişmiş zar kanatları ile uçuş yeteneğine sahiptir. Bu böcek, tarlada olgunlaşma aşamasında tahıl bitkilerine zarar verebilir. Erkek ve dişi rostrumlarıyla ayırt edilebilir. Dişiler için rostrum nispeten uzun ve dardır, düzenli sıralarda rostrum boyunca delinir ve birbirine değmezken erkeklerde nispeten kısa ve geniş, rostrum boyunca büyük ve düzensiz delikler, sıra halinde değil ve sıklıkla birbirine değmektedir. Kanatlar gelişmiş olduğundan uçabilirler ve yaz aylarında tarlada bulunan mısır koçanları üzerindeki tanelere yumurta bırakırlar. Hasatla birlikte ambara geçerek burada zararlı olur (Anonim 2008). *Sitophilus oryzae* orijin bölgesi olan tropik veya subtropik bölgelerde açık alanlarda tahıl zararlısı olarak ortaya çıkar. Ilıman iklim bölgesinde yüksek ısı isteği sebebiyle açık alanda yaşayamaz. Bu böceğin bütün gelişme dönemleri -6°C de en az 3 günde ölür (Swany vd. 2014).



Şekil 2.1. *Sitophilus* türlerinin tanımlanması; *S. oryzae* (a), *S. zeamais* (b), *S. granarius* (c)

2.5.2.3. *Sitophilus oryzae*'nin biyolojisi

Yumurtalar parlak beyaz renktedir. 0.7 mm uzunluğunda ve 0.3 mm genişliğindedir. Larva, beyaz sarımsı renkli 2.5-3.0 mm boyda ve bacaklıdır. Başları kahverengi olup daima kıvrık olarak dururlar (Metcalf vd. 1962; Plarre 2010). Pupa, önce beyaz, sonra sarımsı renkli olup 3.5-4.5 mm boydadır. Pupa döneminden çıkan erginler bir hafta sonra çiftleşir ve yumurta bırakmaya başlar (Longstaff 1981, Anonim 2008).

Yumurta kuluçka süresi 4 ila 6 gün (ortalama 5.10 gün), 15 ila 34 °C sıcaklık ve %58 ile %89 bağıl nem arasında değişmektedir (Howe 1952; Bheemanna 1986; Swamy vd. 2014). Her bir dane yalnızca bir pirinç biti yumurtası içerir. Yumurtalarını tanenin genellikle embriyo kısmına yakın yerlerden ağız parçaları ile açtıkları deliklere bırakırlar. Ergin dişi, bu deliği ağzından salgıladığı bir madde ile kapatır.

Böceğin larva ve pupa döneminin tamamı tohumun içinde gizli olarak geçer ve larva dönemi boyunca tamamen oyulur. Larva dönemi 22 ila 34 gün arasında değişmekte olup, ortalama 27.60 gündür. Pupa döneminden çıkan erginler bir hafta sonra çiftleşir ve yumurta bırakmaya başlar. Yumurta mısır tanesinin genellikle embriyo kısmına yakın yerlerden ağız parçaları ile açtıkları deliklere biralırlar. Pupa süresi 8-11 gün arasında değişmektedir, ortalama 9.50 gündür (Swany vd. 2014). Larva ve pupa dönemini tane içinde geçirir. Ergin böcekler pupadan çıktıktan sonra danede kısa bir süre daha kalırlar. Ergin böcekler, tespit edilmeleri zor olan içi boş danelere geri dönebilir. Erginler 6-8 ay yaşarlar ve bu süre içinde 120-280 yumurta bırakır. Yılda 5-6 döl verir (Metcalf vd. 1962; Longstaff 1981; Anonim, 2008).

2.5.3. Mücadelesi

Fasulye tohumböceği ve pirinç biti gibi tarlada mücadelesinden sonra, ambarda çoğalan türlerin zararını önlemek amacı ile ambar mücadelesi de uygulanır.

2.5.3.1. Kültürel önlemler

Uzun veya kısa vadeli depolanan ürünler artık doğrudan tüketime sunulacağı için kimyasal kullanımının imkanı yoktur. Geç ekilen tahıllar ve baklagillerde, zararlıların tarlada bulaşma oranı erken ekilenlere göre çok az olmaktadır. Bu nedenle ağır zarar görülen bölgelerde geç ekim yapılması önerilir. Hasadı geciktirilmiş ve hasat edilerek tarlada yığınlar halinde bırakılarak harmanı gecikmiş tahıllar ve baklagillerde, geçen süre ile orantılı olarak bulaşma çok fazla olmaktadır (Anonim 2008). Bu nedenle hasat ve harmanın geciktirilmeden yapılarak; ürünün, temizliği önceden yapılmış ambara çuvallar içinde alınmasına özen gösterilmelidir. Hasat sonrası tarlada kalan artıklar pullukla derine gömülmeli veya yakılmalıdır. Temiz tohumluk kullanılmalıdır. Tarladaki gerekli önlemleri alınmış ürün, çuvallar içinde, temizliği yapılmış, ilaçlanmış, pencerelerine kafes telleri takılmış ambara yerleştirilir. Ayrıca ambara bulaşık ürün, çuval veya malzeme konulmamalıdır (Çolak vd. 2018).

2.5.3.2. Mekanik ve fiziksel mücadele yöntemleri

Depoya zararlıların girişini önlemek için tül ve tel gibi fiziksel engeller kullanılabilir. Ayrıca düşük veya yüksek sıcaklık, değiştirilmiş atmosfer, radyo dalgaları ve diatom toprağı vb. uygulamalar da fiziksel mücadele içerisinde yer alır.

2.5.3.3. Kimyasal mücadele

Tarlada yapılacak uygulama depoya intikal edecek ürünlerdeki zararlı popülasyonunu düşürmek amacı ile yapılır. Ayrıca, zararlıların depoda çoğalmasını önlemek için hasat sonrası ürünün fümige edilmelidir (Anonim, 2008). Gaz halindeki pestisitlerin (fumigantlar) veya rezidüel (kalıcı etkili) pestisitlerin kullanıldığı uygulamalardır.

Tarla ilaçlamaları

Tarlada yapılacak uygulama depoya intikal edecek ürünlerdeki zararlı popülasyonunu düşürmek amacı ile yapılır. Tarla ilaçlamasında etki %100 olmadığından, zararlı ile bulaşık olan alanlardan elde edilen ürünlerde muhakkak ambar ilaçlaması yapılmalıdır (Çolak vd. 2018).

Depo ilaçlamaları ve ürün fümigasyonu

Zararlıların depoda çoğalmasını önlemek için hasat sonrası ürün fümige edilmelidir. Depo ilaçlamaları her zaman yapılabilir. Ancak depo boş iken, ürün konulmadan 15-20 gün önce ilaçlamanın yapılması gereklidir (Anonim 2008). Fosfin gazı ülkemiz depolanmış ürünlerinde kullanılan en yaygın koruyucu ve efektif gazdır ancak her mücadele yöntemi gibi fosfin gazının kullanımı denetlenmeli ve gerekli tedbirler alınarak uygulanmalıdır (Ferizli ve Emekci 2010; Andrić vd. 2013). Ek olarak Hidrojen fosfit, Alüminyum fosfit ve Diklorvos kullanılır.

Depolarda rezidüel etkili insektisitlerin kullanımı insanlara daha avantajlı gelmektedir. Rezidüel etkili insektisit denildiğinde yeni bir alan anlaşılır ancak bu mücadelenin uygulamalarında direnç kazanımı konusunda hassasiyet gösterilmedikçe zararlılar dayanıklılık kazanacağı için daha önceki denenmiş mücadele yöntemleri gibi yine insanları yeni alanlar aramaya itebilir (Subramanyam 1995; Vassilakos vd. 2014). Çolak vd. (2018)'e göre, rezidüel kalıntı insektisitlerin uygulanması ikiye ayrılmaktadır: boş depo ilaçlamaları ve ürün ilaçlamaları. Boş depolarda Beta-cyfluthrin, Cyfluthrin, Chlorpyrifos-methyl, Deltahethrin + PiperonylButoxide, Deltamethrin, Malathion, Pirimiphosmethy ilaçlamaları kullanılır. Ancak, ürün ilaçlamaları Deltamethrin + PPB kullanılır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, çalışma kapsamında kullanılan cihazlar, kullanılan materyal ve yapılan tüm analizler ile ilgili bilgi verilmiştir. Bu çalışma 2018-2020 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Entomoloji-3 Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.1. Bitkiler ve Uçucu Yağlar

3.1.1. Bitki kökenli materyaller

Bu çalışmada Antalya ilindeki yetişme alanlarından toplanan bitkisel kökenli materyaller; *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum*'dur (Çizelge 3.1, Şekil 3.1 ve Şekil 3.2). Bitkisel materyal, mevcut literatürdeki bilgilere göre uçucu yağ veriminin en yüksek olduğu dönemde (Haziran-Ağustos arasında) toplanmıştır (Topalov vd. 1991; Court vd. 1993; Müller vd. 1997). *P. anisum* bitkisinin ise kuru tohumları yerel üreticilerden satın alınmıştır. Bitki materyallerinin tanımlanması Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü'nden botanikçiler tarafından yapılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan bitki materyalleri

Bitki kökenli materyaller			
Yerel ismi	Bilimsel isim	Familya	Uçucu yağ çıkarılan kısmı
Ökalyptus	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Myrtaceae	Tohum
Nane	<i>Mentha piperita</i>	Lamiaceae	Yaprak
Anason	<i>Pimpinella anisum</i>	Apiaceae	Tohum

3.1.2. Bitki uçucu yağlarının elde edilmesi

Toplanan bitki materyalleri, oda sıcaklığında 7 gün boyunca kurutulmuştur (Şekil 3.3) ve ardından Clevenger tipi (Şekil 3.4) bir aparatla hidro- damıtma yapılmıştır (Erler vd. 2006; Basbagci ve Erler 2013). Uçucu yağların ekstraksiyonu için, kurutulmuş ökalyptus/anason tohumları veya kurutulmuş nane parçaları, 4 saat boyunca damıtma için suya (1:12: w:v) konulmuştur. Elde edilen yağlar, hermetik olarak şişelere kapatılmış ve daha ileri çalışmalar için -4°C'de tutulmuştur. Hidro-damıtma işleminden elde edilen yağ veriminin yüzdesi, aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Yağ Verimi (\%)} = \{ \text{Yağ ağırlığı (g)} / \text{Numune ağırlığı (g)} \} \times 100$$



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan ökaliptus (a) ve nane (b) bitkileri.



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan anason bitkisi; tarlada (a) ve ticari tohumları (b).



Şekil 3.3. Ökalyptus tohumlarının (a) ve nane yapraklarının (b) kurutulması.



Şekil 3.4. Neo-clavenger cihazında anason (a), nane (b) ve ökaliptus (c) uçucu yağlarının ekstraksiyonu ve toplanması (d).

3.1.3. Kimyasal kompozisyon analizi

Elde edilen uçucu yağların kimyasal kompozisyon analizi, Akdeniz Üniversitesi Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırma Merkezi Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Kimyasal bileşim analizinde Meyer-Warnod vd (1984) tarafından tarif edildiği gibi gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) kullanılmıştır (Agilent 6890 GC sistemi 5973 MSD, GMI Inc., Ramsey, MN). Taşıyıcı gaz olarak helyum (1 ml/dakika) kullanılmıştır. Başlangıç sıcaklığı 2 dakika tutulan 50°C, daha sonra sıcaklık 200°C'ye çıkarılarak 5 dakika tutulmuştur. GC-MS sistemi, %100 dimetilpolisiloksan ile doldurulmuş bir HP-1 cam kılcal kolondan (50 m x 0.32 mm x 0.52 mm film kalınlığı) oluşmaktadır. Fırın sıcaklığı, 5°C/dakikalık bir dinamik hızda 50 ile 250°C arasında programlanmış ve 15 dakika boyunca 250°C de tutulmuştur. Uçucu yağlardaki bileşenlerin tanımlanması ticari referans veri tabanındaki bilgisayar aramalarıyla gerçekleştirilmiştir. Kütle spektrumlarının parçalanma görüntüleri WILEY ve NIST05 veri tabanından elde edilenlerle karşılaştırılmıştır (Adams 2007).

3.1.4. Uçucu yağların anabileşenleri

Yapılan çalışmalara göre; *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağlarının anabileşenlerinin sırasıyla 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole olduğu ortaya çıkmıştır (Müller vd. 1997; Erler 2005; Erler ve Tunç 2005; Erler ve Çetin 2009). Bu çalışmada kullanılan anabileşenler 1,8-cineole (%99), *trans*-anethole (%99) ve L-menthol (%99) olup, sıvı formda hazır prepreparatlar kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan uçucu yağ anabileşenleri: 1,8-cineole (a), L-menthol (b) ve *trans*-anethole (c).

3.2. Böcek Materyalleri ve Kültürlerinin Yetiştirilmesi

Çalışmada, Fasulye tohum böceği (*A. obtectus*) (Şekil 3.6a) ve Pirinç biti (*S. oryzae*) (Şekil 3.6b) kullanılmıştır. Bu böceklerin kültürleri Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nde yer alan iklim odasında yetiştirilmiştir.

3.2.1. *Acanthoscelides obtectus* kültürlerinin yetiştirilmesi

Acanthoscelides obtectus laboratuvar koşullarında ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%65\pm 5$ bağıl nemde) fasulye tohumlarında yetiştirilmiştir (Şekil 3.6c). Tohumların sterilizasyonu için tohumlar -20°C 'de 48 sa tutulmuştur. Yeni çıkan ergin *A. obtectus*, stok kültürden yeni kültürlere transfer edilmiş ve 5 gün boyunca çoğaltılmıştır. Aynı yaştaki erginlerin üretilmesi için, beş günlük maksimum ovipozisyon süresi beklendikten sonra, ergin bireyler alınmış ve yeni nesil erginlerin ortaya çıkışına kadar inkübe edilmiştir (Şekil 3.6c). Çalışmada kullanmak üzere böcek kültürlerini çoğaltmak için aynı çalışmalar tekrar edilmiştir.



Şekil 3.6. *Acanthoscelides obtectus* (a) ve *S. oryzae* (b) erginleri ile onların kitle kültürleri (c ve d).

3.2.2. *Sitophilus oryzae* kültürlerinin yetiştirilmesi

Çalışmada kullanılan *S. oryzae* erginleri (Şekil 3.6b), Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'ndeki Depolanmış Ürün Zararlıları Yetiştirme Odası'nda idame ettirilen kültürden temin edilmiştir. Kültürün idamesinde kullanılan buğday daneleri sterilizasyon amacıyla -20°C'de bir gün bekletilmiştir. Daha sonra bu daneler, içinde 30 çift ergin bulunan 650 ml'lik cam kavanozlara akatarılmıştır. Bu kavanozların ağzı bir bezle örtülmüş ve maksimum yumurtlamayı kolaylaştırmak için 7 gün karanlıkta bekletilmiştir. Çalışma süresi boyunca oda sıcaklığı 26±2°C ve yüzde 65±5 bağıl nemde tutulmuştur. 35-40 gün sonra erginler kültürden çıkmaya başlamıştır. Bu kültürler alt kültürlerin yetiştirilmesi için kullanılmıştır (Şekil 3.6c). Çalışmada farklı testlerde kullanmak için *S. oryzae* kültürleri aynı şekilde yetiştirilmeye devam edilmiştir.

3.3. Dane Materyalleri

Çalışmada; *S. oryzae* ve *A. obtectus*'un farklı uçucu yağlara tepkisini değerlendirmek için buğday ve fasulye taneleri kullanılmıştır. Uçucu yağlar ve anabileşenlerinin tek olarak uygulanmaları ile ikili ve üçlü kombinasyonlarının kaçırıcılık etkisi test böceklerine karşı değerlendirilmiştir. Ayrıca, söz konusu bitkisel maddelerin yumurta bırakmayı ve ergin çıkışını engelleyici etkileri ile tane zararı ve ağırlık kaybını engelleyici etkileri de araştırılmıştır.

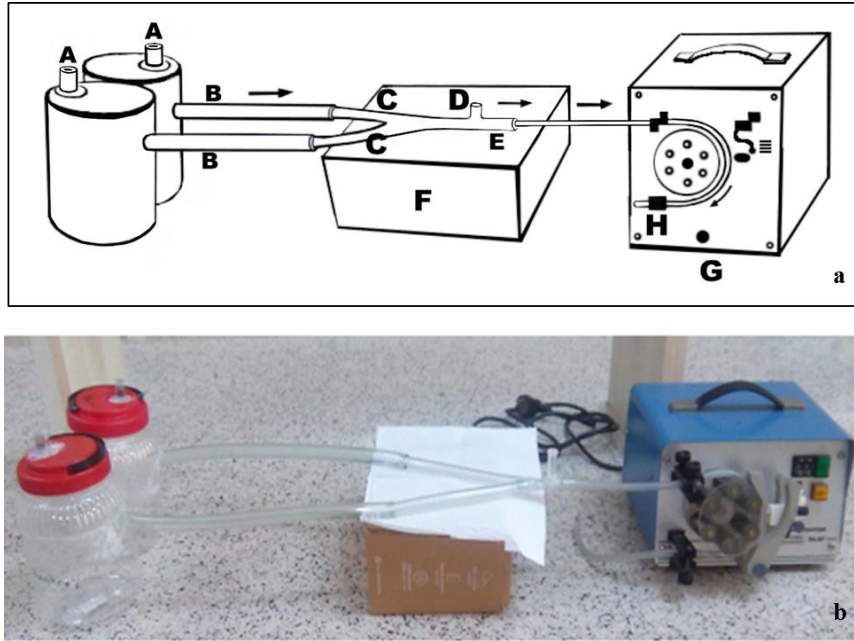
3.4. Biyolojik Testler

3.4.1. Kaçırıcı (repellent) etki testleri

3.4.1.1. *Acanthoscelides obtectus* ve *Sitophilus oryzae*'nin erginlerine karşı uçucu yağlar ve anabileşenlerinin kaçırıcı (repellent) etkisi

Uçucu yağların böcekler üzerinde kaçırıcı etkisini belirlemede Tunç ve Erler (2003) tarafından tarif edildiği gibi böceklerin hareketini kolayca izlemek için şeffaf plastikten yapılmış bir Y-tüp olfaktometre kullanılmıştır (Şekil 3.7a,b). Olfaktometrenin ana kolu 5 cm uzunlukta olup şeffaf plastik bir hortumla peristaltik pompaya bağlanmıştır. Böceklerin salıverilmesine yarayan girişin kollara olan mesafesi 2.5 cm olup, iki paralel kolun her biri 5.8 cm uzunluğa ve 12 mm çapa sahiptir. İki kol, iki kavanoz içine yerleştirilmiş tüpe bağlanmış ve 1400 ml'lik her bir kavanoz kapağının iç tarafına 3x8 cm ebatlarında kurutma kağıdı şeridi (Whatman no 1) tutturulmuştur. Çizelge 3.2'de gösterildiği gibi farklı dozlarda uçucu yağlar veya anabileşenleri emdirilmiştir. Kontrol olarak ikinci kavanoza uçucu yağ konulmamıştır. Her kavanoz kapağında bir aktif kömür filtresi ve bir de normal havayı emmek için bir çıkış filtresi bulunmaktadır.

Tetslerde, kavanoz kapaklarının iç yüzündeki filtre kağıdına bir mikropipet yardımıyla uçucu yağ veya bileşen uygulanmış, uçucu yağların veya kavanozdaki anabileşenlerin ana boruya ulaşmasını sağlamak için iki dakika beklendikten sonra, 10 test böceği giriş deliğinden bırakılmış ve peristaltik pompa 33 ml sec⁻¹ de çalıştırılmıştır. Peristaltik pompa çalışırken böceklerin iki koldan birini seçmeye başladıkları belirlenmiştir. Pompanın çalışmasından 3 dakika sonra, herbir koldaki ve uçucu yağ uygulanmış ve uygulanmamış kavanozlardaki toplam böcek sayıları belirlenmiş ve her muamele için ayrı ayrı kaydedilmiştir. Testlerde herhangi bir kolu tercih etmeyen ve salım deliği çevresinde kalan böcekler deneme dışı kabul edilmiş ve sayımlarda dikkate alınmamıştır.



{İle: A, aktif bir kömür filtresi ile birlikte verilen hava girişi; B, kavanozlar ve tüpler; C, Y-tüpü kolları; D, böcek girişi; E, Y-tüpünün ana kolu; F, destek; G, peristaltik pompa; H, hava çıkışı; hava akış yönü}.

Şekil 3.7. Y-tüp olfaktometre (a: şematize edilmiş ve b: görsel hali).

Bu çalışmada kullanılan bitkisel maddelerin doz seçimi, Tunç ve Erler (2003) tarafından belirtildiği şekilde yapılmıştır. Sekiz uçucu yağ bileşeninin *Tribolium confusum* dişilerine karşı kaçırcı etkisinin test edildiği onların çalışmasında, *trans-anethole*, 1,8-cineole ve L-menthol için sırasıyla 2.9-23.1, 23.1-184.8 ve 23.1-184.8 µl/hava dozları kullanılmıştır. Bu dozlar, tarafımızdan yapılan ön çalışmalarla da desteklenmiştir. Ön çalışmalarda, erkekler ve dişiler arasında bitkisel maddelere yönelim açısından farklılık olmadığı tespit edilmiş ve bu yüzden de erkek ve dişiler birlikte kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Tek ürün uygulaması ile yapılan kaçırcı testlerde kullanılan dozlar

Uçucu yağlar ve ana bileşenler	Havada ürün dozu (µl l ⁻¹)				
Ökalyptus	3.6	7.1	14.3	28.6	57.1
Nane	3.6	7.1	14.3	28.6	57.1
Anason	3.6	7.1	14.3	28.6	57.1
1, 8-cineole	3.6	7.1	14.3	28.6	57.1
L-menthol	3.6	7.1	14.3	28.6	57.1
<i>Trans-anethole</i>	3.6	7.1	14.3	28.6	57.1

Kaçırcı (repellent) etkinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır (Tunç ve Erler 2003);

$$Kaçırcı\ etki\ (\%) = (Ks - Ms) / (Ks + Ms) \times 100$$

Burada; Ks: kontroldeki böcek sayısı, Ms: muameledeki böcek sayısıdır.

Her testten sonra böcekler çıkarılmış ve tüpler 40 dakika boyunca distile su ve aseton ile yıkanmıştır. Tüpler daha sonra oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır.

3.4.1.2. Bitki uçucu yağları ve anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonlarının *Acanthoscelides obtectus* ve *Sitophilus oryzae*'ye karşı kaçırcı etkisi

Herhangi bir ilave, sinerjik veya antagonistik etkinin olup olmadığını belirlemek için test uçucu yağları ve anabileşenleri, ikili ve üçlü kombinasyonlar halinde de değerlendirilmiştir (Çizelge 3.3). Tek ürün uygulamalarında yapılan işlemlerin aynı kombinasyonlarda da yapılmıştır.

Çizelge 3.3. Bitki uçucu yağları ve anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonları

No	İkili kombinasyon	No	Üçlü kombinasyon
1	Anason + Ökalyptus	1	Anason + Ökalyptus + Nane
2	Anason + Nane	2	Anason + Ökalyptus + <i>Trans</i> -anethole
3	Anason + <i>Trans</i> -anethole	3	Anason + Ökalyptus + 1,8-cineole
4	Anason + 1,8-cineole	4	Anason + Ökalyptus + L-menthol
5	Anason + L-menthol	5	Anason + Nane + <i>Trans</i> -anethole
6	Ökalyptus + Nane	6	Anason + Nane + 1,8-cineole
7	Ökalyptus + <i>Trans</i> -anethole	7	Anason + Nane + L-menthol
8	Ökalyptus + 1,8-cineole	8	Anason + <i>Trans</i> -anethole + 1,8-cineole
9	Ökalyptus + L-menthol	9	Anason + <i>Trans</i> -anethole + L-menthol
10	Nane + <i>Trans</i> -anethole	10	Anason + 1,8-cineole + L-menthol
11	Nane + 1,8-cineole	11	Ökalyptus + Nane + <i>Trans</i> -anethole
12	Nane + L-menthol	12	Ökalyptus + Nane + 1,8-cineole
13	<i>Trans</i> -anethole + 1,8-cineole	13	Ökalyptus + Nane + L-menthol
14	<i>Trans</i> -anethole + L-menthol	14	Ökalyptus + <i>Trans</i> -anethole + 1,8-cineole
15	1,8-cineole + L-menthol	15	Ökalyptus + <i>Trans</i> -anethole + L-menthol
		16	Ökalyptus + 1,8-cineole + L-menthol
		17	Nane + <i>Trans</i> -anethole + 1,8-cineole
		18	Nane + <i>Trans</i> -anethole + L-menthol
		19	Nane + 1,8-cineole + L-menthol
		20	<i>Trans</i> -anethole + 1,8-cineole + L-menthol

Kaçırcı kombinasyon testinde kullanılan dozların seçimi (Çizelge 3.4), tek ürün uygulama testinde kullanılan dozlara dayanmıştır.

Çizelge 3.4. Kaçırcı kombinasyon denemelerinde kullanılan dozlar

Dozlar ve kombinasyonlar		
Tek uygulama (µl/l hava)	İkili kombinasyon (1:1) (µl/l hava)	Üçlü kombinasyon (1:1:1) (µl/l hava)
3.6	1.8+1.8	1.2+1.2+1.2
7.1	3.55+3.55	2.3+2.3+2.3
14.3	7.15+7.15	4.7+4.7+4.7
28.6	14.3+14.3	9.5+9.5+9.5
57.1	28.5+28.5	19+19+19

İkili (1:1) ve üçlü (1:1:1) kombinasyondaki uçucu yağlar ve anabileşenler arasındaki etkileşimin belirlenmesi, her bir ürünün LC₅₀'sinin ve testlere katılan karışımın hesaplanmasıyla belirlenmiştir. Sinerjizmi, antagonizmi ve/veya ilave kaçırcı etkileri değerlendirmek için kombinasyon İndeksi (K.İ.) denklemi kullanılmıştır (Marking ve Dawson 1975).

$$\text{İkili olarak } KI = A_m/A_i + B_m/B_j \quad \text{ve } \text{Üçlü olarak } KI = A_m/A_i + B_m/B_j + C_m/C_k$$

A_m: Kombinasyondaki pestisit A'nın LC₅₀'si, A_i: Tekli uygulamadaki pestisit A'nın LC₅₀'si,

B_m: Kombinasyondaki pestisit B'nin LC₅₀'si, B_j: Tekli uygulamadaki pestisit B'nin LC₅₀'si,
 C_m: Kombinasyondaki pestisit C'nin LC₅₀'si, C_k: Tekli uygulamadaki pestisit C'nin LC₅₀'si,
 K.İ: Kombinasyon İndeksi.

Elde edilen veriler kombinasyon etkisini kategorize etmek için ölçeklendirilmiştir. Kombinasyon indeksi =1 olduğunda ilave etki, kombinasyon indeksi >1 olduğunda antagonistik etki ve kombinasyon indeksi <1 olduğunda ise sinerjistik etkinin olduğu anlaşılır (Chou ve Talalay 1984). Bu değerler %50 kaçırıcılık seviyesinde hesaplanmış ve tüm testler 4 tekrerrür olacak şekilde planlanmıştır.

3.4.2. Kalıntı kontakt etki testleri

3.4.2.1. Bitkisel uçucu yağların ve anabileşenlerinin *Acanthoscelides obtectus*'a karşı kalıntı kontakt etki testleri

Bu tesler Gonçalves vd. (2017)'nin belirttiği yöntemde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Yirmi gram kuru fasulye taneleri 650 ml'lik kavanozlara yerleştirilmiş ve ön denemelerde belirlenen dozlar uygulanmıştır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Kalıntı kontak etki testinde *A. obtectus*'a karşı ön deneme testleri sırasında elde edilen dozlar

Uçucu yağlar ve ana bileşenler	Doz (µl / 20 g fasulye taneleri)		
Ökalyptus	2	4	8
Nane	2	4	8
Anason	2	4	8
1,8-cineole	0.5	1	2
L-menthol	0.5	1	2
<i>Trans</i> -anethole	0.5	1	2

Testlerde besin ortamı olarak kullanılan fasulye taneleri homojenizasyon için üç dakika süreyle bir kap içerisinde çalkalanarak karıştırılmıştır. Her kontrol ve uygulama kavanozuna 0-24 saatlik 10 ergin (5 erkek ve 5 dişi) birey salınmıştır. Bu kavanozlara sayım yapıncaya kadar herhangi bir müdalede bulunulmamıştır. Sayım aşamasında ise böcekler plastik bir küvet içerisine yayılarak tohumdan uzaklaştırılmıştır.

Yeni çıkan erkek ve dişi *A. obtectus* erginleri, vücut ölçülerinden kolayca ayırtedilebilmiştir. Herhangi bir erken çiftleşmeden kaçınmak için, yeni çıkan ergin böcekler farklı çiftleşme kombinasyonlarında kullanılmak amacıyla erkek ve dişi olarak ayrı ayrı kaplara konulmuştur.

3.4.2.1.1. Yumurta verimini engelleyici etki

Acanthoscelides obtectus ile yapılan yumurta verimini engelleyici etki testlerinde, uygulamadan beş gün sonra sayım yapılmış ve sayımlarda uygulama ve kontrol kaplarında bulunan danelerdeki yumurta sayıları ayrı ayrı kaydedilmiştir. *A. obtectus* dişileri tarafından tohumlar üzerine bırakılan yumurta sayısı, bir stereo-mikroskop altında

sayılmıştır. Yumurta bırakmayı engelleyici etki yüzdesi Erdemir ve Erler (2017) tarafından tanımlanan formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Yumurta bırakma engelleyici etki (\%)} = (K_s - M_s) / (K_s + M_s) \times 100$$

Burada; K_s: kontroldeki yumurta sayısı, M_s: muameledeki yumurta sayısıdır.

Bu testlerde yapılan yumurta sayımlarından sonra, yumurtalı daneler yeni nesil erginlerin ortaya çıkması için 60 gün boyunca yetiştirme odası koşullarında (26±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemde) inkübe edilmiştir.

3.4.2.1.2. Ergin çıkışını engelleyici etki testleri

Ergin böcekler, uçucu yağlara veya anabileşenlere maruz bırakıldıktan 60 gün sonra yeni çıkan erginler toplanarak sayılmıştır. Kavanozlarda çıkan *A. obtectus* erginleri günlük olarak toplanmış ve ayrı ayrı kaydedilmiştir. Sayım işlemi artık hiç ergin çıkışı olmayana kadar devam etmiştir. Bu testlerde, uygulama ve kontrol danelerindeki ergin çıkış oranları ayrı ayrı kaydedilmiştir. Elde edilen verilerden, aşağıdaki formül yardımıyla yüzde engellemeler hesaplanmıştır (Erdemir ve Erler 2017).

$$\text{Ergin çıkışını engelleyici etki (\%)} = (K_s - M_s) / (K_s) \times 100$$

Burada; K_s: Kontroldeki ergin sayısı, M_s: Muameledeki ergin sayısıdır.

3.4.2.1.3. Zarar görmüş tane sayısı ve tane ağırlık kaybı

Zarar görmüş tane sayısı, üzerinde en az bir delik bulunan tüm taneler sayılarak ve her bir kavanozdaki tane sayısına bölünerek elde edilmiştir. Ek olarak, fasulye tanelerinin ağırlık kaybı, hem zarar görmüş (karakteristik delikli taneler) hem de zarar görmemiş taneler tartılarak değerlendirilmiştir. Kaydedilen ağırlık daha sonra ilk ağırlıktan çıkarılmıştır.

$$\text{Kilo kaybı (\%)} = (\ddot{O}a - Sa) / (Wi) \times 100$$

Burada, $\ddot{O}a$: Testlerden önce fasulye tanelerinin ağırlığı; ve Sa: Testlerden sonra fasulye tanelerinin ağırlığıdır.

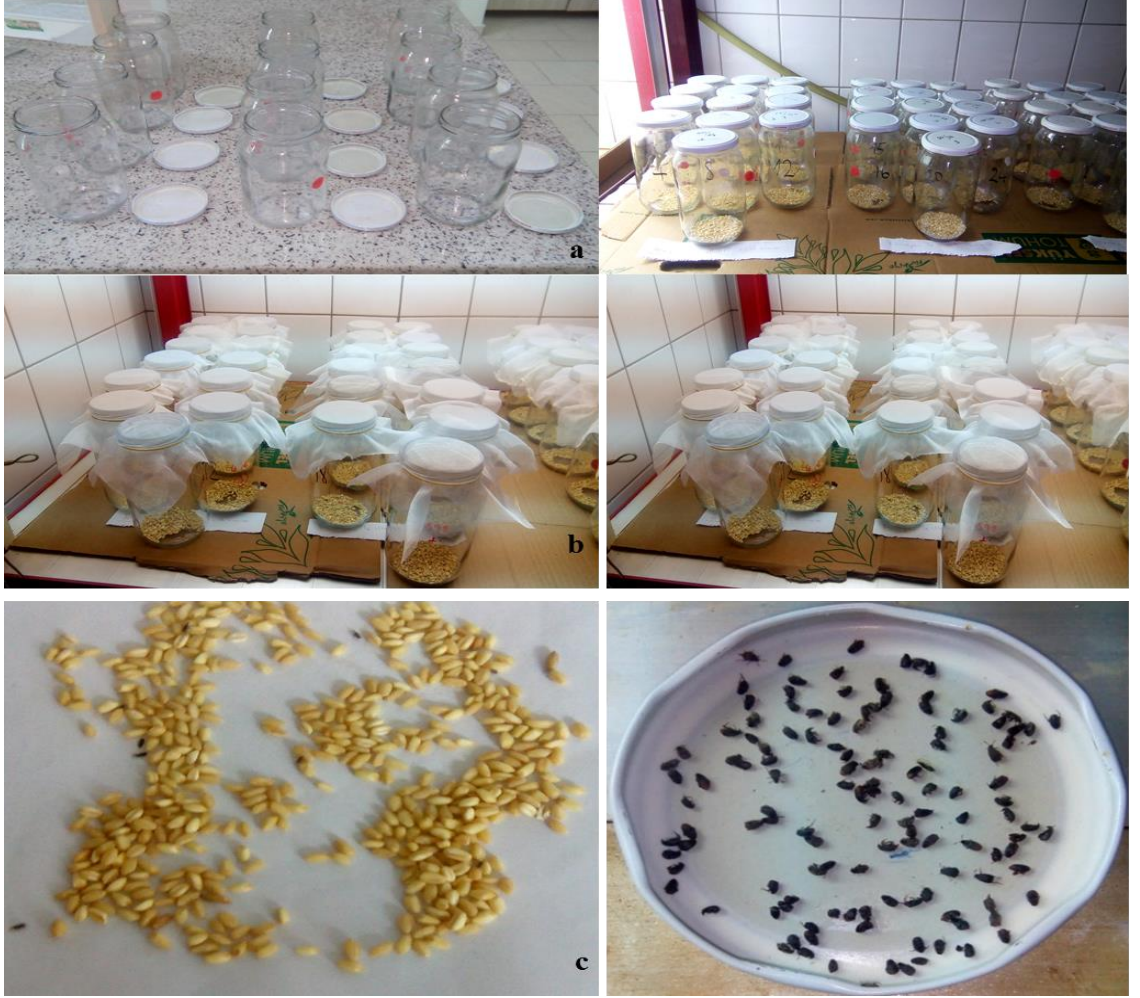
3.4.2.2. Bitkisel uçucu yağların ve anabileşenlerinin *Sitophilus oryzae*'ye karşı kalıntı kontak etki testleri

Bu testler, bir önceki testlerde olduğu gibi aynı koşullarda ve 4 tekerrürlü olacak şekilde yapılmıştır (3.4.2.1.). Bu testlerde, ön denemelerle belirlenen dozlar (Çizelge 3.6) kullanılmıştır.

Çizelge 3.6. Kalıntı kontak etki testinde *S. oryzae*'ye karşı ön deneme testlerinden elde edilen dozlar

Uçucu yağlar ve anabileşenler	Doz (µl/20 g buğday)		
Ökalyptus	20	40	80
Nane	20	40	80
Anason	10	20	40
1,8-cineole	5	10	15
L-menthol	5	10	20
Trans-anethole	5	10	15

Her bir uçucu yağ veya anabileşen, 20 g'lık buğday daneleri ile iyice karıştırılmıştır. Kavanoz içerisinde hazırlanan bu karışıma 10 ergin böcek salındıktan sonra, daneler yetiştirme odasında inkübasyona bırakılmış ve yaklaşık 60 gün sonra yeni nesil erginler ortaya çıkana kadar bekletilmiştir (Şekil 3.8). Sayımlarda farklı parametreler değerlendirilmiştir:



Şekil 3.8. Kavanozların hazırlanması (a) yetiştirme odasında inkübasyonu (b) ve buğday tanelerinden ergin böceklerin uzaklaştırılması (c).

3.4.2.2.1. Ergin çıkışını engelleyici etki testleri

Bu testlerde de *A. obtestus*' a karşı yapılan testlerdeki prosedür uygulanmıştır (3.4.2.1.2).

3.4.2.2.2. Zarar görmüş tane sayısı ve tane ağırlık kaybı

Bu testlerde de *A. obtestus*' a karşı yapılan testlerdeki prosedür uygulanmıştır (3.4.2.1.3).

3.4.3. Ergin böceklerin uçucu yağ ve anabileşene ön-maruz bırakılmasının böcek gelişimine etkisi

3.4.3.1. Ergin böceklerin ön-maruz bırakılması ile uçucu yağlar ve anabileşenlerinin *A. obtectus*'un ve *S. oryzae*'nin ergin üretimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi

Bu testlerde önce, her bir uçucu yağ ve anabileşenin ön denemelerle maruz bırakılan böceklerin yaklaşık %50'sini öldürecek uygun dozu (LD₅₀ değeri) belirlenmiştir. *A. obtectus* için, yapılan ön testlerde yeni çıkan genç dişiler ve erkekler birarada 10 saat boyunca herbir uçucu yağ ya da anabileşenin buharlarına maruz bırakıldıktan sonra, ökaliptus için 184.6 µl/l, nane için 123.0 µl/l, anason için 184.6 µl/l, 1,8-cineole için 153.8 µl/l, L-menthol için 246.1 µl/l ve *trans*-anethole için 153.8 µl/l'lik dozlar LD₅₀ olarak belirlenmiştir. *S. oryzae* için ise, yine yeni çıkan genç dişiler ve erkekler birarada 10 saat boyunca herbir uçucu yağ ya da anabileşenin buharlarına maruz bırakıldıktan sonra, oökaliptus için 307.7 µl/l, nane için 369.2 µl/l, anason için 246.15 µl/l, 1,8-cineole için 369.23 µl/l, L-menthol için 461.54 µl/l ve *trans*-anethole için 307.7 µl/l'lik dozlar LD₅₀ olarak belirlenmiştir. Bu amaçla, herbir böcek türünden 250 böcek (erkek ve dişi birarada), 200 g fasulye veya buğday ile her biri ayrı plastik kavanozlarda (1.4 l) seçilen herbir uçucu yağ ya da anabileşenin farklı dozlarına 10 saat süreyle maruz bırakılmıştır.

Çizelge 3.7. *Acanthoscelides obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı kurulan ön testlerden elde edilen LD₅₀ değerleri

Uçucu yağlar ve anabileşenler	Dozlar (µl/l hava)	
	<i>Acanthoscelides obtectus</i>	<i>Sitophilus oryzae</i>
Ökaliptus	184.6	307.7
Nane	123.0	369.2
Anason	184.6	246.1
1,8-cineole	153.8	369.2
L-Menthol	246.1	461.5
<i>Trans</i> -anethole	153.8	307.7

Her doz, kavanoz kapağının alt tarafına iliştirilmiş bir kurutma kağıdı şeridine (3 x 8 cm) otomatik bir pipet ile uygulanmış ve daha sonra kapak sıkıca kapatılmıştır. Böcek öldürücü aktivite için bitkisel kökenli ürünlerin taranmasında genellikle kullanılan çeşitli organik çözücülerin nispi toksisitesi hakkındaki bazı önceki bulgular göz önünde bulundurularak (Singh ve Jain 1987; Tunç vd. 1997), uçucu yağlar ve anabileşenlerinin test dozlarının hazırlanmasında hiçbir organik çözücü kullanılmamıştır.

Uçucu yağlara ve anabileşenlerine maruz bırakmadan sonra kapaklar açılmış ve kavanozlar, canlı böceklerin kaçmasını önlemek ve havalandırmaya izin vermek için bir bez ile kaplanmıştır. Böcekler (ölü ve canlı) aynı koşullarda 2 gün süreyle inkübe edilmiş ve her bir uçucu yağın veya bileşenin her bir dozu için ölüm yüzdesi belirlenmiştir. Sayım sırasında böcekler, ince uçlu bir fırça ile dokunulduğunda herhangi bir hareket göstermiyorsa ölü olarak kabul edilmiştir. Daha sonra, hayatta kalanlardan her bir kavanoza 10 adet (5♀ and 5♂) gelecek şekilde, 20 g fasulye veya buğday ile cam kavanozlara (650 ml) yerleştirilmiştir. Uçucu yağlara ve anabileşenlerine ön-maruz bırakmadan sonra, böcekler aşağıdaki gibi değişik kombinasyonlarda çiftleşmelerine izin verilmiştir:

- (1) Ön maruz bırakılmış 5 erkekle ön maruz bırakılmış 5 dişi birlikte (ÖE x ÖD)
- (2) Ön maruz bırakılmış 5 erkekle ön maruz bırakılmamış 5 dişi birlikte (ÖE x GD)
- (3) Ön maruz bırakılmamış 5 erkekle ön maruz bırakılmış 5 dişi birlikte (GE x ÖD)
- (4) Ön maruz bırakılmamış 5 erkek ile ön maruz bırakılmamış 5 dişi birlikte (GE x GD)

Her kavanozda 5 çift böcek bulunuyor olup, her kombinasyon için bir tekerrür olarak kabul edilmiştir. Her kombinasyon için toplam dört tekerrür kullanılmıştır. Böceklerin kaçmasını önlemek ve aynı zamanda uygun hava sirkülasyonunu sağlamak için, kavanozlar örtü bezi ile kapatılıp lastik bantlarla bağlanmıştır. Yukarıdaki kombinasyonların tümü, çiftleşme ve yumurtlama amacıyla 5 veya 7 gün (5 gün *A. obtectus* için ve 7 gün *S. oryzae* için) süreyle inkübe edildikten sonra böcekler kavanozlardan çıkarılmıştır. Yeni nesil erginlerin çıkması için tüm kavanozlar yetiştirme odasında inkübe edilmiştir. Daha sonra yeni nesil ergin çıkışına göre farklı muamelelerin etkileri değerlendirilmiştir.

3.4.3.1.1. Ebeveyn ergin ölümü

Uçucu yağlar ve anabileşenlerine ön-maruz bırakılan ergin böceklerin (ebeveyn erginlerin) ölümü 5 gün (*A. obtectus* için) ve 7 gün sonra (*S. oryzae* için) değerlendirilmiştir. Uçucu yağların veya anabileşenlerinin böcek öldürücü aktivitesi, temiz kaplarda belli süre maruz bırakmayla tespit edilmiştir. Ebeveyn ergin böceklerin ölüm yüzdeleri hesaplanmıştır.

Erginlerin ölüm yüzdesi aşağıdaki formül yardımıyla değerlendirilmiştir;

$$\% \text{ Ölüm} = (\text{Ölü böceklerin sayısı} / \text{salınan böceklerin sayısı}) \times 100$$

3.4.3.1.2. Yumurta verimini engelleyici etki testleri

Bölüm 3.4.2.1.2'de açıklandığı şekilde yapılmıştır.

3.4.3.1.3. Ergin çıkışını engelleyici etki testleri

Bölüm 3.4.2.1.3'de açıklandığı şekilde yapılmıştır.

3.4.3.1.4. Zarar görmüş tane sayısı ve tane ağırlık kaybı

Bölüm 3.4.2.1.4'de açıklandığı şekilde yapılmıştır.

3.5. İstatistiksel Analizler

Yüzde kaçırıcılık, yumurta ve döl verimini engelleyici etki, tane zararı ve ağırlık kaybı ile ilgili veriler SPSS (2001) istatistik programı kullanılarak varyans analizine (tek yönlü ANOVA) tabi tutulmuştur. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi (DMRT) kullanılarak da, farklı muameleler arasında istatistiksel bir fark olup olmadığı kontrol edilmiştir. Polo Plus ile probit analizi, *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı kaçırıcılık dozunu (KD₅₀ ve KD₉₀) hesaplamak için kullanılmıştır. Parametreler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için, kalıntı kontakt ve ön-maruz bırakma testleri sırasında elde edilen değişkenler arasında basit korelasyon katsayıları hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

Bu bölümde, uçucu yağların ve anabileşenlerinin *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı kaçırmıcılık, kalıntı kontakt ve ön-maruz bırakma testlerinden elde edilen sonuçlar şekiller ve çizelgeler şeklinde sunulmuştur. Ayrıca testlerde kullanılan uçucu yağların kimyasal bileşimi de çizelge şeklinde verilmiştir.

4.1. *Eucalyptus camaldulensis*, *Mentha piperita* ve *Pimpinella anisum* Bitki Materyallerinin Uçucu Yağ Verimi ve Bu Uçucu Yağların Kimyasal Bileşimi

GC-MS analizi sonucu çalışmada kullanılan *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağlarının kimyasal bileşimi (%) ve tutulma süreleri (retention time) Şekil 4.1'de verilmiştir. Yine hidrodistilasyon yoluyla elde edilen uçucu yağ veriminin sonuçları (hacim ağırlığı olarak), ökaliptus, nane ve anason için sırasıyla %0.4, %4.4 ve %0.6 olarak tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere, en yüksek uçucu yağ verimi nane bitkisinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.1. *Eucalyptus camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum*'dan ekstrakte edilen uçucu yağların kimyasal bileşimleri (%)

<i>Eucalyptus camaldulensis</i>		
Tutulma süresi (dk)	Bileşen	Yüzde
7.73	1,8-cineole	46.74
9.04	Linalool	0.26
9.57	Fenchol	0.08
11.8	α -terpineol	0.35
<i>Mentha piperita</i>		
Tutulma süresi (dk)	Bileşen	Yüzde
4.9	α -pinene	8.50
5.87	2-pinene	10.47
5.81	Camphene	0.12
6.11	α -myrcene	0.52
6.44	3-octanol	0.84
7.12	d-limonene	1.35
10.77	p-menthone	1.93
11.59	L-menthol	64.40
11.83	α -terpineol	0.54
12.88	Pulegone	0.17
13.55	Piperitone	0.15
14.18	1-menthyl acetate	0.54
21.24	Caryophyllene oxide	0.15
<i>Pimpinella anisum</i>		
Tutulma süresi (dk)	Bileşen	Yüzde
7.12	L-limonen	5.89
5.8	L-pinene	0.02
6.15	Nerol	0.08
8.67	L-fenchone	0.35
9.04	Linalool	0.27
11.86	<i>Cis</i> -anethole	2.08
14.88	<i>Trans</i> -anethole	89.85
18.77	Humulene	0.18
22.28	Apiol	0.44
26.81	Eugenol	0.81

Çizelge 4.1'den anlaşılacağı üzere, *E. camaldulensis* uçucu yağının anabileşeni 1,8-cineole olup toplam yağ içerisindeki miktarı %46.74'tür. Ökaliptus yağındaki diğer

bileşenler %1 (<1)'den daha düşük değerlerde tanımlanmıştır. *M. piperita* uçucu yağının anabileşeni L-menthol (%64.40) olarak belirlenmiş olup, bunu 2-pinen (%10.47), α -pinen (%8.50), p-menthone (%1.93) ve d-limonen (%1.35) takip etmiştir. Diğer bileşenlerin varlığı <1'tür. *Trans*-anethole (%89.85), *P. anisum* uçucu yağının en önemli anabileşeni olarak tanımlanmış, onu sırasıyla L-limonen (%5.89) ve *cis*-anethole (%2.08) takip etmiştir. Diğer bileşenlerin varlığı <1'tür.

4.2. Bitki Uçucu Yağlarının ve Anabileşenlerinin *Acanthoscelides obtectus* ve *Sitophilus oryzae*'ye Karşı Kaçırıcılık Etkinliği

4.2.1. Bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin *Acanthoscelides obtectus*'a karşı kaçırıcılık etkinliği

Ökalyptüs, nane ve anason uçucu yağları ile onların anabileşenlerinin (sırasıyla, 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole) *A. obtectus*'a karşı kaçırıcı etkinlik test sonuçları Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Uçucu yağlar, anabileşenler ve onların dozları, kaçırıcılık yüzdesini (KY) önemli ölçüde etkilemiştir (ANOVA: $F(4, 15) = 3.252 - 6.253$; $P < 0.05 - 0.004$). Sonuçlar, etkinliğin ürün dozuna bağlı olduğunu göstermiştir. Etkinliğin, artan dozla arttığı görülmüştür. Uçucu yağlar veya anabileşenleri arasında, kaçırıcılık yüzdesi bakımından önemli bir fark bulunamamıştır.

Çizelge 4.2. Bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin *A. obtectus*'a karşı kaçırıcılık etkinliği

Doz (μ l/l hava)	Bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin <i>A. obtectus</i> 'a karşı kaçırıcı etkinliği (%)						P=0.05
	Uçucu yağlar			Ana bileşenler			
	Ökalyptüs	Nane	Anason	1,8-cineole	L-menthol	<i>Trans</i> - anethole	
3.6	29.97 \pm 2.9c**	20.82 \pm 2.9b*	29.15 \pm 9.1c**	24.40 \pm 9.5b*	15.00 \pm 4.3b*	35.82 \pm 11.4c*	0.65A.D
7.1	40.82 \pm 7.7bc	23.3 \pm 10.8b	45.00 \pm 7.5bc	34.2 \pm 5.3ab	25.82 \pm 9.2b	31.65 \pm 10.6c	0.56A.D
14.3	65.0 \pm 10.3ab	46.5 \pm 4.9ab	62.50 \pm 12.3ab	55.72 \pm 14.6ab	43.57 \pm 10.5ab	44.17 \pm 13.1bc	0.76A.D
28.6	71.67 \pm 8.3a	58.3 \pm 13.8a	81.67 \pm 9.2a	68.57 \pm 10.4a	50.82 \pm 5.4ab	76.6 \pm 7.3ab	0.39A.D
57.1	84.52 \pm 7.8a	70.8 \pm 9.1a	92.85 \pm 6.2a	80.57 \pm 9.9a	67.85 \pm 11.8a	85.42 \pm 7.4a	0.53A.D
P=0.05	0.004	0.018	0.004	0.041	0.035	0.016	

***Aynı sütunda, aynı harfli taşıyan ortalamalar arasındaki fark sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemsizdir; A.D: Aynı satırdaki değerler arasında anlamlı bir fark yoktur.

Her uçucu yağ veya anabileşen dozu, spesifik ürünle KY varyasyonu göstermiştir. 3.6 μ l/l hava en düşük dozunda ve 57.1 μ l/l hava en yüksek dozunda, KY varyasyonları %29.97 - %84.5, %20.82 - %70.8, %29.15 - %92.85, %24.40 - %80.57, %15.0 - %7.85 ve %35.82 - %85.42 sırasıyla ökalyptüs, nane, anason, 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole için belirlenmiştir. 3.6 μ l/l'lik en düşük dozda, ürünler L-menthol ve *trans*-anethole için minimum %15.0 KY ve maksimum KY %35.82 göstermiştir. Sınıflandırma sırası; *trans*-anethole > ökalyptüs > anason > 1,8-cineole > nane > L-menthol şeklinde olmuştur. L-menthol ve nane için, sırasıyla %67.85 ve %92.85 en düşük ve en yüksek KY değeri, 57.1 μ l/l'lik en yüksek dozda gösterilmiştir. Sınıflandırma sırası; anason > *trans*-anethole > ökalyptüs > 1,8-cineole > nane > L-menthol olarak belirlenmiştir. Her dozda, anason veya anabileşeni *trans*-anethole, birkaç istisna dışında en yüksek KY değerine sahip bulunmuştur.

Sonuçlar L-menthol'ün en düşük KY seviyesine sahip ve az sayıda böceği kaçırabildiğini göstermiştir. Uçucu yağların ve anabilesenlerinin *A. obtectus* karşı karşılaştırılmasında, yağlar ve bileşenleri arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Genel olarak ham yağlar, anabilesenlerine kıyasla *A. obtectus*'a karşı kaçırıcılık aktivitesi açısından nümerik olarak en yüksek yüzde aktivite göstermiştir. Uçucu yağ ve anabileseninin, genelde birbirine yakın kaçırıcılık etkinliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, kullanılan ürünlerin doğada tamamen kaçırıcı bitkiler olduğunu işaret etmektedir.

Probit analizi, Çizelge 4.3'te KD₅₀ ve KD₉₀ değerleri verilmiştir. Elde edilen KD₅₀ değerleri, *A. obtectus*'un seçilen tüm uçucu yağlara ve onların anabilesenlerine duyarlı olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, anason için 8.382 (µl/l hava), ökaliptus için 9.394 (µl/l hava), *trans*-anethole için 11.266 (µl/l hava), 1,8-cineole için 11.813(µl/l hava), nane için 20.291 (µl/l hava) ve L-menthol için 23.585 (µl/l hava) şeklindedir. Kaçırıcılık etkinliği anasonda çok yüksek bulunmuştur. Anason uçucu yağı, 8.382 µl/l hava gibi en düşük dozda bile maruz bırakılan böceklerin %50'sini kaçırabilmiştir. L-menthol, test ortamına bırakılan böceklerin %50'sini kaçırabilmek için anason uçucu yağı dozunun neredeyse üç katında (23.585 µl/l hava) olması gerekmiştir.

Çizelge 4.3. Ökaliptus, nane ve anason uçucu yağları ile onların anabilesenlerinin *A. obtectus*'a karşı kaçırıcılık değerleri (KD₅₀ ve KD₉₀ açısından)

Ürün adı	Eğim ± SH	KD ₅₀ (%) (g kg ⁻¹) (95% Güven aralığı)	KD ₉₀ (%) (µl/l) (95% Güven aralığı)	λ ^{2a}
Ökaliptus	1.292 ±0.073	9.394 (5.184 -14.343)	92.160 (45.806-492.970)	256.60
1,8-cineole	1.263±0.072	11.813 (5.303-22.057)	122.149 (48.247 -3339.606)	441.42
Nane	1.186±0.071	20.291 (11.967-43.427)	244.058 (84.897-6712.150)	326.34
L-menthol	1.014±0.070	23.585 (13.679- 61.068)	433.32 (120.00-36220.0)	271.41
Anason	1.652±0.079	8.382 (4.488-12.803)	50.041 (28.030-198.732)	386.36
<i>Trans</i> anethole	1.314 ±0.073	11.266 (5.099-20.750)	106.364 (43.710- 2311.693)	461.69

^a: Seçilen uçucu yağların ve anabilesenlerinin ki-kare değerleri.

Farklı uçucu yağların ve anabilesenlerinin kaçırıcılık değerlerindeki farklılığa rağmen, aralarında önemli bir fark bulunamamıştır. Güven sınırları, ürünlerin benzer etkinliğe sahip olduğunu göstermiştir. Seçilen tüm uçucu yağların ve anabilesenlerinin *A. obtectus*'a karşı kaçırıcı etkilerinin olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, anason ve ökaliptüs uçucu yağları ile onların anabilesenlerinin (sırasıyla, *trans*-anethole ve 1,8-cineole) diğer ürünlerden daha güçlü bir kaçırıcılığa sahip olduğu görülmüştür.

4.2.2. Bitki uçucu yağlarının ve anabilesenlerinin *Sitophilus oryzae*'ye karşı kaçırıcılık etkinliği

Bu testlerde, üç bitki uçucu yağı, *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* ile onların anabilesenlerinin (sırasıyla 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole) *S. oryzae* erginlerine karşı kaçırıcı etkileri tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Seçilen uçucu yağlar ve anabilesenleri, maruz bırakılan *S. oryzae* erginlerinin kaçırılmasında önemli derecede etkili bulunmuştur (ANOVA: $F(4, 15) = 4.192-12.464$; $P < 0.05-0.000$). Kaçırıcılık yüzdesi, uçucu yağ ve anabilesenin dozu ile artmıştır. Uçucu yağlar ve anabilesenlerinin 3.6 ve 57.1 µl/l dozlarındaki kaçırıcılık etkisi; ökaliptus için %25.0 ve %77.5; nane için %22.6 ve %67.4; anason için %26.8 ve %85.4; 1,8-cineole için %25.2 ve %73.4; L-

menthol için %18.35 ve %55.4, ve *trans*-anethole için %34.2 ve %76.6 olarak hesaplanmıştır. L-menthol ve *trans*-anethole için en düşük ve en yüksek KY değeri sırasıyla %18.3 ve %34.2 ile 3.6 µl/l hava dozunda elde edilmiştir. Aynı dozda, uçucu yağlar ve anabileşenlerinin kaçırcılık etki sırası; *trans*-anethole > anason > 1,8-cineole > ökaliptus > nane > L-menthol şeklinde olmuştur. L-menthol ve anason için en yüksek KY değerleri 57.1 µl/l hava dozunda sırasıyla %55.4 ve %85.4 olarak hesaplanmıştır. Aynı doz baz alındığında, uçucu yağlar ve anabileşenlerinin kaçırcılık etki sırası azalan tarzda; anason > ökaliptus > *trans*-anethole > 1,8-cineole > nane > L-menthol şeklinde olmuştur. Tüm dozlarda, anason veya anabileşeni *trans*-anethole, birkaç istisna dışında en yüksek KY değerine sahip olmuştur.

Çizelge 4.4. Bitki uçucu yağları ve anabileşenlerinin *S. oryzae*'ye karşı kaçırcı etkinliği

Doz (µl/l hava)	Bitki uçucu yağların ve anabileşenlerin <i>S. oryzae</i> 'ye karşı kaçırcı etkinliği (%)						P=0.05
	Uçucu yağlar			Ana bileşenler			
	Ökaliptus	Nane	Anason	1,8-cineole	L-menthol	<i>Trans</i> -anethole	
3.6	25.0±7.2b**	22.6±8.3b*	26.8±6.1c**	25.2±4.2c*	18.3±6.0b**	34.2±5.3b**	0.762A.D
7.1	27.4±8.1b	25.0±7.2b	27.9±2.8c	32.5±11.9bc	23.2±3.5b	39.4±8.7b	0.815A.D
14.3	45.0±7.5b	38.3±6.3b	54.2±6.9b	46.7±6.7abc	36.7±7.3ab	50.0±5.9ab	0.606A.D
28.6	50.7±3.1ab	41.7±4.2ab	61.6±5.8b	56.0±6.6ab	37.4±2.1ab	70.6±8.7a	0.170A.D
57.1	77.5±11.4a	67.4±10.4a	85.4±7.4a	73.4±8.2a	55.4±7.5a	76.6±7.3a	0.437A.D
P=0.05	0.007	0.018	0.000	0.016	0.010	0.010	

***Aynı sütunda, aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemsizdir; A.D: Aynı satırdaki değerler arasında anlamlı bir fark yoktur.

Uçucu yağlar, anabileşenlerine kıyasla *S. oryzae*'ye kaçırcılık aktivitesi açısından en yüksek aktiviteyi göstermiştir. Bununla birlikte, her uçucu yağ ve anabileşeni birbirine yakın kaçırcılık etkinliği sergilemiştir. Anabileşenler bir doz-tepki aktivitesi ortaya koymuştur. Uçucu yağlar birkaç istisna dışında anabileşenler gibi sıralanmıştır. Sonuçlar, kullanılan ürünlerin doğada tamamen kaçırcı bitkiler olduğunu göstermiştir. Şekil 4.5'in sonuçları, kaçırcılık etkili dozun (KD₅₀ veya KD₉₀) probit analizi sonuçlarını göstermektedir. Sonuçlar, bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin ergin *S. oryzae*'ye karşı kaçırcılık etkinliğinin oldukça yüksek olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.5. Ökaliptus, nane ve anason uçucu yağları ile onların anabileşenlerinin *S. oryzae*'ye karşı kaçırcılığı (KD₅₀ ve KD₉₀ açısından)

Ürün adı	Eğim ± SH	KD ₅₀ (%) (g kg ⁻¹) (95% Güven aralığı)	KD ₉₀ (%) (µl/l) (95% Güven aralığı)	λ ^{2a}
Ökaliptus	1.158±0.071	18.956 (11.621- 36.235)	242.52 (88.635- 4194.5)	267.97
1,8-cineole	1.053±0.070	17.704 (10.689- 33.107)	291.53 (99.973- 6257.7)	230.35
Nane	0.962±0.070	29.906 (17.280- 96.618)	642.16 (155.53- 92916.)	246.11
L-menthol	0.826±0.071	48.798 (28.163- 173.138)	1737.4 (352.03- 0.17478E+06)	134.52
Anason	1.383 ±0.073	13.659 (9.560- 19.358)	115.298 (62.087 -389.079)	180.52
<i>Trans</i> -anethole	1.022±0.070	11.247 (6.083-18. 18.258)	201.83 (77.467- 2764.7)	206.56

^a: Seçilen uçucu yağların ve anabileşenlerinin ki-kare değerleri.

Çizelge 4.5 incelendiğinde, uçucu yağlar ve anabileşenlerinin etkinlik sırasının; *trans*-anethole > anason > 1,8-cineole > ökaliptus > nane > L-menthol şeklinde olduğu anlaşılmaktadır. *Trans*-anethole ve uçucu yağı anason, sırasıyla 11.2 ve 13.6 µl/l hava ile en yüksek KD₅₀'yi göstermiş ve en etkili olduklarını kanıtlamışlardır. Nane uçucu yağı ve anabileşeni (L-menthol) sırasıyla 29.9 µl/l hava ve 48.7 µl/l hava ile en düşük kaçırcılığa sahip olmuştur. L-menthol'ün, *trans*-anethole'ün etkinliğini göstermesi için dört kat fazla

dozda kullanılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bazı uçucu yağlar veya anabileşenleri için yüksek KD_{50} 'ye rağmen, probit analiz sonuçları ürünler arasında önemli bir fark olmadığını ortaya koymuştur. Sonuçlar, ürünlerin 3.6 - 57.1 $\mu\text{l/l}$ hava arasında değişen bir konsantrasyonda *S. oryzae*'ye karşı güçlü kaçırcılar olduğunu göstermiştir.

4.2.3. Bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonlarının *Acanthoscelides obtectus*'a karşı kaçırcı etkisi

İkili ve üçlü kombinasyonlar, *E. camaldulensis*, *M. piperita*, *P. anisum* uçucu yağları ve anabileşenlerinin (sırasıyla 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole) *A. obtectus*'a karşı kaçırcılığını önemli ölçüde etkilemiştir ($P>0.05$) (Çizelge 4.6).

Tek ürün uygulaması, ikili ve üçlü kombinasyonların yüzde kaçırcılığına ilişkin veriler, kullanılan ürünlerin kaçırcılık yüzdesinin doza bağımlı olduğunu, yani ürünün dozundaki artışın daha yüksek bir kaçırcı yüzdesiyle sonuçlandığını göstermiştir. Ürün kombinasyonuna bağlı değil, ürün dozuna bağlı olduğu tespit edilmiştir. *A. obtectus* erginlerinin en yüksek kaçırcılığı, en yüksek doz olan 51.7 $\mu\text{l/l}$ hava'da elde edilmiştir. En düşük doz olan 3.6 $\mu\text{l/l}$ hava'da, en düşük KY değeri %18.5 ile L-menthol uygulamasında elde edilmiştir. Yine aynı dozda en yüksek KY değeri ise %49.1 ile *trans*-anethole + 1,8-cineole + L-menthol üçlü kombinasyonunda görülmüştür.

Birkaç istisna dışında, aynı eğilim L-menthol tek ürün uygulaması ve karışımında L-menthol içeren ikili veya üçlü kombinasyonlarda da gözlenmiştir. Anason + *trans*-anethole + 1,8-cineole kombinasyonunda KY değerinin %100 olması ilginç bir sonuç olmuştur. Anason veya *trans*-anethole ile kombinasyon, böcekleri uzaklaştırmada en iyi sonuçları göstermiştir. L-menthol veya nane, özellikle *trans*-anethole veya ana uçucu yağ ile diğer ürünlerle kombinasyon nedeniyle KY'da bir artış göstermiştir.

İkili (1:1) ve üçlü (1:1:1) kombinasyonlar aralarında herhangi bir istatistiksel farklılık göstermemiştir. Tüm ikili ve üçlü kombinasyonlar benzer aktivite sergilemiş, bu da kombinasyonların kaçırcılık aktivitelerinde yer değiştirebilir olduklarını göstermiştir. 3.6 $\mu\text{l/l}$ hava en düşük dozunda, kontrolde en düşük ve en yüksek kaçırcılık etkinliği %18.5 ve %35.3; ikili kombinasyonda %21.6 ve %37.5, üçlü kombinasyonlarda %20.2 ve %49.1 olarak belirlenmiştir. En yüksek doz olan 51.7 $\mu\text{l/l}$ hava'da, en düşük ve en yüksek KY değerleri tek ürün uygulamasında (kontrol) %69.1 ve %90.0, ikili kombinasyonlarda %67.5 ve %93.75, üçlü kombinasyonlarda %71.6 ve %100 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.7'deki KD_{50} örtüşme değerleri göz önüne alındığında ürünler arasındaki farkın anlamlı olmadığı görülmüştür. KD_{50} 'ye dayanarak, seçilen uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin KY'si başka bir ürünle karıştırıldığında artmıştır. En etkili üçü, sırasıyla KD_{50} 3.57, 5.09 ve 5.44 olan *trans*-anethole + 1,8-cineole + L-menthol, ökaliptus + *trans*-anethole ve anason + ökaliptus olmuştur. Sonuçlar en yüksek KD_{50} 'nin nane için 15.91 $\mu\text{l/l}$ hava, nane + L-menthol için 13.68 $\mu\text{l/l}$ hava ve L-menthol için 12.61 $\mu\text{l/l}$ hava olduğunu göstermiştir. *Trans*-anethole veya anason uçucu yağı içeren kombinasyonlar, diğer muameleler ile karşılaştırıldığında en düşük KD_{50} 'yi göstermiştir. Bununla birlikte, iki ürün L-menthol veya nane ile birleştirildiğinde, etkinlik azaltılmıştır. Sonuçlar ayrıca, ökaliptusun nane ve L-menthol ile karşılaştırıldığında en yüksek kaçırcılığa sahip olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.6. Laboratuvarıda ökaliptus, nane ve anason uçucu yağları ile anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonlarının *A. obtectus*'a karşı kaçırıcı etkileri

Doz Kombinasyon türü	Bitkisel uçucu yağların ve anabileşenlerin (ikili ve üçlü kombinasyonlar) <i>A. obtectus</i> 'a karşı kaçırıcı aktivitesi (%)					
	3.6 (µl/l hava)	7.1 (µl/l hava)	14.3 (µl/l hava)	28.6 (µl/l hava)	57.1 (µl/l hava)	P=0.05
Anason	33.3±11.8d**	48.3±5.5cd	61.6±1.7bc	85.4±8.6ab	90.0±10.0a	0.001
Ökaliptus	31.1±10.7c**	43.7±11.1c	54.9±5.3bc	88.9±11.1a	82.8±10.2ab	0.003
Nane	20.7±8.8b*	38.2±13.2ab	56.6±4.1a	66.6±11.8a	60.8±3.9a	0.017
<i>Trans</i> -anethole	35.3±11.7b*	54.1±15.8ab	55.0±2.9ab	85.7±14.3a	87.5±12.5a	0.038
1,8-cineole	25.2±4.8c**	43.5±12.1bc	60.8±14.2ab	81.6±10.7a	83.7±9.9a	0.007
L-menthol	18.5±9.1c**	36.5±6.5bc	50.7±3.5ab	75.7±14.5a	69.1±10.8a	0.005
Anason + Ökaliptus	36.5±6.5b*	57.5±16.5ab	75.7±14.5a	83.3±9.6a	86.6±7.8a	0.043
Anason + Nane	24.4±10.9b*	45.8±20.8ab	69.1±10.8a	70.5±10.1a	82.8±10.2a	0.048
Anason + <i>Trans</i> -anethole	35.2±9.4b*	56.6±20.8ab	75.0±16.0ab	93.7±6.3a	93.75±6.3a	0.027
Anason + 1,8-cineole	30.0±3.3c*	46.6±22.6bc	79.1±12.5ab	91.6±8.3a	87.5±12.5ab	0.019
Anason + L-menthol	36.5±6.5c*	50.7±3.5bc	67.4±12.0ab	84.5±9.0a	69.1±10.8ab	0.016
Ökaliptus + Nane	25.0±16.0c*	39.9±4.1ab	49.1±10.3ab	69.1±10.8a	70.3±10.8a	0.049
Ökaliptus + <i>Trans</i> -anethole	37.5±4.2b*	61.6±16.4ab	73.3±9.0a	84.5±9.0a	85.7±8.2a	0.024
Ökaliptus + 1,8-cineole	34.4±10.0b*	60.3±16.9ab	67.8±11.8ab	80.3±12.2a	92.8±7.1a	0.037
Ökaliptus + L-menthol	27.9±3.3b*	45.8±8.0ab	59.0±5.6ab	72.9±17.8a	80.0±11.5a	0.022
Nane + <i>Trans</i> -anethole	34.7±5.4b*	40.7±9.8b	54.9±5.3ab	75.0±16.0a	81.6±10.7a	0.020
Nane + 1,8-cineole	30.0±3.3b*	44.1±6.6ab	63.3±13.7a	77.5±13.1a	67.5±11.1a	0.036
Nane + L-menthol	19.0±11.2b*	30.0±14.0b	45.8±8.0ab	60.8±14.2ab	83.3±16.7a	0.027
<i>Trans</i> -anethole+1,8-cineole	35.2±9.4b*	56.1±8.1ab	76.2±15.8a	90.0±10.0a	87.5±12.5a	0.020
<i>Trans</i> -anethole+ L-menthol	21.6±7.9b*	41.6±4.8ab	65.0±23.6a	77.5±13.1a	75.0±8.3a	0.042
1,8-cineole + L-menthol	27.9±14.0c*	33.9±11.4bc	56.6±4.1abc	71.4±20.2ab	82.8±10.2a	0.041
Anason + Ökaliptus + Nane	39.3±10.9b*	48.2±7.0b	69.1±10.8ab	69.1±10.8ab	88.9±11.1a	0.029
Anason+ Ökali+Anethole	34.3±10.6c*	55.0±7.4bc	71.6±9.6ab	75.7±14.5ab	90.0±10.0a	0.020
Anason + Ökali + cineol	31.5±11.1b*	50.7±3.5ab	77.5±13.1a	77.5±13.1a	81.6±10.7a	0.021
Anason + Ökali+ L-menthol	38.7±9.7b*	45.0±8.7ab	53.7±8.1ab	74.5±8.8a	74.1±10.2a	0.041
Anason + Nane + anethole	31.9±12.8b*	47.4±10.4b	63.2±12.8ab	71.2±18.1ab	91.6±8.3a	0.047
Anason + Nane + Cineole	26.4±14.3b*	45.0±11.0ab	65.0±13.7a	81.6±10.7a	81.6±10.7a	0.023
Anason + Nane +L-menthol	26.8±5.9b*	34.3±8.5b	44.0±20.8b	64.9±12.7ab	84.5±9.0a	0.031
Anason +nethole+ Cineole	38.2±13.2b*	44.9±19.6b	67.4±12.0ab	83.3±16.7ab	100±0.0a	0.035
Anason+Anetho+L-mentho	29.1±10.5c*	45.8±8.0bc	59.1±3.4abc	73.3±16.3ab	85.4±8.6a	0.012
Anason+Cineol+L-menthol	36.2±10.5c*	47.4±10.4bc	67.4±12.0abc	79.0±7.4ab	81.6±10.7a	0.027
Ökaliptus +Nane+ anethole	35.0±11.0b*	50.7±7.7ab	63.7±14.4ab	73.0±11.8a	84.5±9.0a	0.050
Ökaliptus + Nane +Cineole	25.2±14.4c*	35.8±13.1bc	50.0±6.8abc	67.8±13.7ab	82.5±10.2a	0.025
Ökaliptus+Nane+L-mentho	32.7±7.3b*	40.8±8.9ab	66.6±11.8a	69.1±9.6a	71.6±10.8a	0.036
Ökalipt+Anethole +Cineole	28.6±12.7c*	42.5±21.7bc	52.5±7.2abc	79.1±12.5ab	91.6±8.3a	0.027
Ökali+Anethole+L-mentho	30.3±5.0b*	52.4±5.1ab	73.3±9.0a	77.4±11.8a	73.2±15.5a	0.033
Ökali+Cineole + L-menthol	29.6±12.4c*	46.5±5.6bc	63.2±12.8abc	71.1±13.7ab	82.8±10.2a	0.027
Nane + Anethole+Cineole	30.0±14.0b*	51.6±10.7ab	71.6±9.6a	86.6±7.8a	80.5±11.5a	0.013
Nane+Anethole+L-menthol	20.2±7.9c*	40.0±13.5bc	66.6±19.2ab	79.1±12.5ab	85.7±14.3a	0.026
Nane +Cineole +L-menthol	23.8±5.5b*	44.6±18.7ab	61.4±13.5ab	76.2±10.2a	82.8±8.0a	0.022
Anethol+Cineole+L-menth	49.1±22.5b*	64.9±5.1ab	87.5±7.2a	94.4±5.6a	93.7±6.3a	0.049
P=0.05	1.000 A.D	0.999 A.D	0.904 A.D	0.999 A.D	0.938 A.D	

***Aynı satırda, aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemsizdir; A.D: Aynı sütundaki değerler arasında fark anlamlı değildir.

Acanthoscelides obtectus'a karşı sonuçlar, ikili ve üçlü kombinasyonların farklı etkileşim etkileri verdiğini göstermiştir. Kombinasyon İndeksine (Kİ) dayanarak, sonuçlar tüm kombinasyonların %22.85'inde eklenebilirliğin etkileşimlerini (Kİ=1) göstermiştir. Aksine, tüm kombinasyonların %77.15'inde sinerjistik etkileşim etkileri (Kİ<1) gözlenmiştir. Hiçbir kombinasyon antagonist etkileşim etkisi üretmemiştir.

Anason içeren kombinasyonların çoğu sinerjistik etkiler göstermiştir; nane içeren kombinasyon ilave etkiler göstermiştir.

Çizelge 4.7. Laboratuvarda ökaliptus, nane ve anason uçucu yağları ile anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonlarının *A. obtectus*'a karşı kaçıracı etki testlerinden elde edilen KD_{50} değerleri ile kombinasyon indeksi değerleri ve kombinasyonun etki şekli

No	Kombinasyon türü	Eğim \pm SH	KD_{50} (%) (μ l/l) (95% Güven aralığı)	λ^{2a}	Kombinasyon indeksi ve etkileri
1	Anason	1.503 \pm 0.078	7.47 (3.93-11.26)	305.50	UO
2	Ökaliptus	1.410 \pm 0.075	8.69 (4.07-14.13)	388.42	UO
3	Nane	0.939 \pm 0.069	15.91 (8.14-33.98)	265.94	UO
4	<i>Trans</i> -anethole	1.323 \pm 0.075	7.12 (1.58-13.30)	565.36	UO
5	1,8-cineole	1.470 \pm 0.075	9.43 (4.84-15.02)	386.68	UO
6	L-menthol	1.258 \pm 0.072	12.61 (6.00-23.42)	420.25	UO
7	Anason + Ökaliptus	1.259 \pm 0.076	5.44 (1.06-9.94)	448.93	0.68S
8	Anason + Nane	1.311 \pm 0.073	9.34 (3.14-17.38)	525.60	0.92 S
9	Anason + <i>Trans</i> -anethole	1.782 \pm 0.087	5.76 (1.78-9.74)	619.63	0.79 S
10	Anason + 1,8-cineole	1.677 \pm 0.081	6.79 (1.56-12.58)	800.81	0.81 S
11	Anason + L-menthol	0.880 \pm 0.069	6.32 (0.87-12.30)	306.91	0.67 S
12	Ökaliptus + Nane	1.058 \pm 0.070	10.86 (6.40-28.89)	356.68	0.97 S
13	Ökaliptus + <i>Trans</i> -anethole	1.193 \pm 0.075	5.09 (1.12-9.11)	362.93	0.65 S
14	Ökaliptus + 1,8-cineole	1.410 \pm 0.078	6.10 (1.65-10.65)	486.74	0.67 S
15	Ökaliptus + L-menthol	1.196 \pm 0.072	9.79 (4.30-16.79)	348.75	0.95 S
16	Nane + <i>Trans</i> -anethole	1.160 \pm 0.072	9.48 (4.12-16.21)	327.84	0.96 S
17	Nane + 1,8-cineole	0.955 \pm 0.069	9.45 (2.58-18.60)	349.10	0.80 S
18	Nane + L-menthol	1.483 \pm 0.075	13.68 (8.36-33.13)	566.57	0.97 S
19	<i>Trans</i> -anethole+1,8-cineole	1.451 \pm 0.079	5.65 (0.95-10.55)	628.72	0.70 S
20	<i>Trans</i> -anethole+ L-menthol	1.289 \pm 0.072	9.08 (3.86-20.36)	528.25	1.03 E
21	1,8-cineole + L-menthol	1.35 \pm 0.073	10.92 (4.85-21.84)	527.52	1.01 E
22	Anason + Ökaliptus + Nane	1.141 \pm 0.073	6.84 (1.91-12.09)	363.77	0.71 S
23	Anason+ Ökali+Anethole	1.309 \pm 0.076	6.45 (1.88-11.19)	427.03	0.84 S
24	Anason+ Ökali + cineol	1.309 \pm 0.076	6.45 (1.88-11.19)	427.03	0.76 S
25	Anason + Ökali + L-menthol	0.878 \pm 0.069	8.65 (2.82-15.61)	242.69	0.95 S
26	Anason + Nane + anethole	1.377 \pm 0.075	8.21 (2.59-14.88)	543.86	0.92 S
27	Anason + Nane + Cineole	1.383 \pm 0.074	8.86 (3.41-15.52)	488.40	0.89 S
28	Anason + Nane + L-menthol	1.324 \pm 0.073	11.12 (7.02-25.83)	438.51	1.0 E
29	Anason +anethole + Cineole	1.809 \pm 0.086	7.00 (2.33-12.11)	716.35	0.89 S
30	Anason+Anethole+L-menthol	1.305 \pm 0.073	8.27(4.47-15.05)	337.66	1.0 E
31	Anason +Cineole + L-menthol	1.141 \pm 0.072	7.12 (2.33-12.28)	334.42	0.76 S
32	Ökaliptus +Nane+ anethole	1.128 \pm 0.072	7.48 (2.28-13.20)	359.09	0.79 S
33	Ökaliptus + Nane +Cineole	1.344 \pm 0.073	10.79 (6.49-23.41)	438.24	1.0 E
34	Ökaliptus + Nane +L-menthol	0.906 \pm 0.069	9.48 (2.83-18.21)	297.93	0.81 S
35	Ökalipt+Anethole +Cineole	1.581 \pm 0.077	8.55 (4.15-16.66)	577.89	1.0 E
36	Ökali +Anethole+ L-menthol	0.998 \pm 0.070	7.28 (1.16-14.27)	401.52	0.81 S
37	Ökali + Cineole + L-menthol	1.203 \pm 0.072	8.94 (3.62-15.34)	359.61	0.90 S
38	Nane + Anethole+Cineole	1.299 \pm 0.074	6.96 (2.03-12.29)	454.76	0.72 S
39	Nane + Anethole + L-menthol	1.616 \pm 0.077	9.81 (3.81-18.02)	692.34	0.92 S
40	Nane +Cineole +L-menthol	1.307 \pm 0.073	9.75 (3.96-17.27)	449.81	0.81 S
41	Anethole+Cineole+L-menthol	1.546 \pm 0.089	3.57 (0.43-6.69)	527.46	0.39 S

^a: Test edilen uçucu yağların ve anabileşenlerin ki-kare değerleri.

E= İlave (additive) etki; S= Sinerjistik etki; UO: Uygulanabilir olmayan.

4.2.4. Bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonlarının *Sitophilus oryzae*'ye karşı kaçıracı etkisi

Eucalyptus camaldulensis, *M. piperita* ve *P. anisum* UY'ları ile anabileşenleri (sırasıyla 1,8-cineol, L-menthol ve *trans*-anethole)'nin ikili ve üçlü kombinasyonlarının *S. oryzae*'ye karşı kaçıracılıkları arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark bulunamamıştır ($P>0.05$) (Şekil 4.8).

Çizelge 4.8. Laboratuvarda ökaliptus, nane ve anason uçucu yağları ile anabileşenlerinin ikili ve üçlü kombinasyonlarının *S. oryzae*'ye karşı kaçıracı etkileri

Kombinasyon türü	Doz					P=0.05
	Bitkisel uçucu yağların ve anabileşenlerin (ikili ve üçlü kombinasyonlar) <i>S. oryzae</i> 'ye karşı kaçıracı aktivitesi (%)					
	3.6 (µl/l hava)	7.1 (µl/l hava)	14.3 (µl/l hava)	28.6 (µl/l hava)	57.1 (µl/l hava)	
Anason	23.3±21.1c**	33.3±4.8bc	53.3±6.7ab	59.1±3.4ab	83.3±9.6a	0.006
Ökaliptus	28.6±10.6b**	36.5±6.5b	43.0±5.7b	48.2±1.8b	78.9±12.2a	0.006
Nane	21.1±4.6b*	35.7±5.6ab	35.0±13.4ab	38.7±9.7ab	66.6±11.8a	0.045
<i>Trans</i> -anethole	22.5±10.3b**	34.16±6.6b	48.9±4.1b	40.8±8.9b	79.1±12.5a	0.005
1,8-cineole	25.0±8.3b*	39.6±6.3b	52.4±21.0ab	60.3±4.4ab	81.0±10.7a	0.028
L-menthol	20.3±10.7c*	26.9±3.1bc	39.9±14.2bc	50.0±14.2ab	68.3±12.8a	0.014
Anason + Ökaliptus	30.8±7.1c**	36.6±8.4bc	57.8±5.1ab	47.5±9.5bc	77.1±7.9a	0.006
Anason + Nane	32.5±13.8b*	40.8±8.9b	55.0±7.4ab	65.0±13.7ab	78.9±7.4a	0.050
Anason + <i>Trans</i> -anethole	35.2±16.5c*	51.9±16.5bc	62.3±7.2abc	80.1±6.8ab	91.6±8.3a	0.018
Anason + 1,8-cineole	31.1±14.3c*	39.6±6.3bc	68.7±2.1ab	57.5±16.5abc	81.0±12.5a	0.026
Anason + L-menthol	23.5±8.4b*	31.5±11.1b	48.9±12.3ab	50.7±3.5ab	74.5±8.8a	0.017
Ökaliptus + Nane	24.0±9.3b*	32.4±4.7b	42.5±10.1ab	45.8±8.0ab	69.1±10.8a	0.027
Ökaliptus + <i>Trans</i> -anethole	31.9±10.2c**	44.0±14.9bc	64.9±12.7ab	57.4±5.1abc	84.5±9.0a	0.008
Ökaliptus + 1,8-cineole	29.1±10.5b*	38.3±7.3b	64.6±5.2ab	55.0±16.6ab	80.3±12.2a	0.036
Ökaliptus + L-menthol	29.4±7.9b*	35.1±7.7b	45.8±8.0ab	48.3±5.5ab	69.4±12.1a	0.041
Nane + <i>Trans</i> -anethole	30.3±5.0b*	30.3±5.0b	48.2±7.0ab	54.9±5.3ab	75.0±16.0a	0.013
Nane + 1,8-cineole	25.0±8.3b**	25.0±8.3b	46.5±5.6b	50.8±6.3b	77.5±13.1a	0.004
Nane + L-menthol	29.4±10.6b*	35.4±5.2b	44.6±12.8ab	45.0±11.0ab	73.3±9.0a	0.047
<i>Trans</i> -anethole+1,8-cineole	32.7±7.3c*	39.4±10.0bc	60.7±13.2abc	64.5±2.8ab	82.8±10.2a	0.012
<i>Trans</i> -anethole+ L-menthol	31.5±11.1bc**	42.4±6.3bc	52.5±7.2bc	63.6±5.8ab	85.4±8.6a	0.003
1,8-cineole + L-menthol	30.3±5.0c**	43.2±8.5bc	54.9±5.3b	59.8±7.9ab	78.3±7.4a	0.003
Anason + Ökaliptus + Nane	27.9±3.3b*	35.9±12.0b	44.0±3.9ab	46.5±5.6ab	69.1±10.8a	0.026
Anason+ Ökali+Anethole	30.9±6.0c*	42.4±6.3bc	66.9±13.0ab	55.0±7.4abc	75.7±14.5a	0.043
Anason + Ökali + cineol	27.9±3.3c**	34.6±8.9c	59.1±3.4ab	50.7±3.5bc	77.5±13.1a	0.002
Anason + Ökali + L-menthol	24.6±3.1b**	37.5±10.3b	47.9±8.6b	48.3±5.5b	74.5±8.8a	0.006
Anason + Nane + anethole	34.6±5.4c*	40.7±9.8bc	50.1±18.4abc	73.3±9.0ab	81.6±10.7a	0.044
Anason + Nane + Cineole	27.9±3.3b**	38.3±10.0b	39.0±8.4b	45.0±11.0b	80.3±8.3a	0.008
Anason + Nane + L-menthol	30.0±3.3c*	42.1±7.9bc	48.3±8.8abc	60.9±19.8ab	70.8±10.5a	0.014
Anason+anethole + Cineole	31.9±12.8c*	46.5±5.6bc	53.5±18.9abc	74.1±10.2ab	90.0±10.0a	0.034
Anason+Anethole+L-menthol	25.2±14.4b*	47.5±9.5ab	59.4±17.6ab	62.0±4.6ab	81.0±6.4a	0.046
Anason + Cineole + L-menthol	28.5±7.6b*	40.7±9.8b	47.8±12.6ab	54.9±5.3ab	77.4±13.9a	0.048
Ökaliptus +Nane+ anethole	27.9±3.3b*	38.3±10.0b	45.0±11.0ab	48.2±7.0ab	75.7±14.5a	0.042
Ökaliptus + Nane +Cineole	25.2±4.8b*	32.7±7.3b	47.2±4.8ab	45.8±8.0ab	67.8±13.7a	0.025
Ökaliptus + Nane +L-menthol	24.8±12.8c*	41.6±4.8bc	49.0±6.6abc	55.0±2.9ab	71.6±9.6a	0.014
Ökali+Anethole +Cineole	27.6±6.5c*	44.1±6.6bc	58.0±3.5ab	68.0±14.2ab	79.1±12.5a	0.019
Ökali +Anethole+ L-menthol	30.3±5.0c*	40.7±9.8bc	48.2±7.0bc	59.7±4.2ab	77.4±13.9a	0.016
Ökali + Cineole + L-menthol	32.4±4.7b*	39.0±8.4b	46.2±11.8b	50.7±3.5ab	78.6±13.7a	0.029
Nane + Anethole+Cineole	25.8±10.6c**	42.7±4.8bc	50.8±11.0bc	56.6±4.1ab	81.7±11.0a	0.007
Nane + Anethole + L-menthol	30.8±7.1c*	41.6±4.8bc	53.2±4.2abc	63.9±13.9ab	75.0±9.5a	0.020
Nane +Cineole +L-menthol	28.6±12.7b*	39.0±8.4ab	50.0±6.8ab	64.5±2.8a	68.6±12.0a	0.040
Anethole+Cineole+L-menthol	35.7±23.7b*	42.5±10.1b	59.7±14.2ab	78.3±7.4ab	93.7±6.3a	0.050
P=0.05	1.000A.D	0.994A.D	0.980A.D	0.115A.D	1.000A.D	

*** Aynı satırda, aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemsizdir; A.D: Aynı sütundaki değerler arasında fark anlamlı değildir.

Tek ürün uygulaması, ikili ve üçlü kombinasyonların yüzde kaçırıcılığına ilişkin veriler, kullanılan ürünlerin kaçırıcılık yüzdesinin doza bağlı olduğunu, yani ürünün dozundaki artışın daha yüksek bir kaçırıcılık yüzdesiyle sonuçlandığını göstermiştir. Kaçırıcılığın ürünün kombinasyonuna bağlı olmayıp ($P>0.05$), ürünün dozuna bağlı olduğu anlaşılmıştır ($P<0.05$). KY varyasyonu, kombinasyona dahil olan yağların ve/veya anabileşenlerin tipine bağlı bulunmuştur. Anason uçucu yağı veya anabileşeni *trans*-anethole tek başına, diğer uçucu yağlar veya anabileşenlerle ikili veya üçlü kombinasyonlarda en yüksek kaçırıcılık yüzdesini göstermiştir. L-menthol, en düşük doz olan 3.6 µl/l havada %20.3'lük KY değerine sahip iken, *trans*-anethole + 1,8-cineol + L-menthol (üçlü kombinasyon) üçlü kombinasyonu %35.7'lik bir KY değeri göstermiştir. En yüksek doz olan 57.1 µl/l havada, KY değeri nane için %66.6 iken, *trans*-anethole + 1,8-cineol + menthol üçlü kombinasyonu için %93.3 gibi yüksek bir değer olmuştur. Herhangi bir kombinasyonda *trans*-anethole veya anason uçucu yağının varlığı, diğer kombinasyonlara kıyasla genellikle en yüksek KY değerini göstermiştir.

Veriler, kaçırıcılık yüzdesinin (KY) kombinasyon türüne (tek ürün uygulaması, ikili veya üçlü) bağlı olarak biraz farklılıklar göstermiştir. En düşük doz olan 3.6 µl/l havada KY değerleri, tek bir ürün uygulamasında %20.3 ila %28.6, ikili kombinasyonlarda %23.5 ila %35.2 ve üçlü kombinasyonlarda %24.6 ila %35.7 arasında değişmiştir. En yüksek doz olan 51.7 µl/l havada, tek ürün uygulamasında yüzde kaçırıcılık %68.3 - %83.3, ikili kombinasyonda %69.1 - %91.6 ve üçlü kombinasyonlarda %67.4 - %93.7 arasında değişmiştir.

Kaçırıcı etkili doz (KD_{50}) üzerindeki sonuçlar, tek başına veya kombinasyon halinde (ikili ve üçlü) ürünlerin üst üste binen değerleri nedeniyle farklı olmadığını göstermiştir (Şekil 4.9). İkili veya üçlü uçucu yağ kombinasyonları veya anabileşenler, tek bir ürün uygulamasında elde edilen KD_{50} 'ye kıyasla nispeten düşük bir KD_{50} 'ye sahiptir. Ürünlerin kombinasyonu, testlerde kullanılan *S. oryzae*'nin %50'sini uzaklaştırmak için gereken dozu azaltmıştır. Anason + *trans*-anethole ($KD_{50} = 7.10$ µl/l hava), *trans*-anethole + 1,8-cineol + menthol ($KD_{50} = 8.11$ µl/l hava) ve anason + *trans*-anethole + 1,8-cineol ($KD_{50} = 8.98$ µl/l hava) en etkili kombinasyonlar olmuştur. En yüksek KD_{50} değerleri sırasıyla; nane, L-menthol, ökaliptus + nane için sırasıyla 29.55 µl/l hava, 24.55 µl/l hava ve 22.34 µl/l hava olarak bulunmuştur. Anason veya 1,8-cineol, herhangi bir ürünle kombinasyon halinde, KD_{50} açısından en iyi ikili veya üçlü kombinasyonu sergilemiştir. Nane içeren kombinasyon en düşük KD_{50} 'yi göstermiştir.

İkili (1:1) ve üçlü (1:1:1) kombinasyonlar hemen hemen aynı KD_{50} derecesini göstermiştir. Sonuçlar, kombinasyonların kaçırıcı aktiviteyi arttırmada çok etkili olmadığı anlaşılmıştır. Tek ürün uygulamasında, en düşük KD_{50} değeri 13.11 µl/l hava ile 1,8-cineolde görülürken, en yüksek KD_{50} değeri 29.55 ul/l hava ile nane uçucu yağında görülmüştür.

Ancak, anason + *trans*-anethole ikili kombinasyonlar içinde 7.10 µl/l hava ile en düşük KD_{50} değerine sahipken, ökaliptus + nane 22.34 µl/l hava ile en yüksek KD_{50} değerine sahip olmuştur. Üçlü kombinasyonlar içinde, *trans*-anethole + 1,8-cineol + menthol 8.11 µl/l hava ile en düşük KD_{50} değerine sahipken, anason + ökaliptus + nane 18.35 µl/l hava ile en yüksek KD_{50} değeri sergilemiştir.

Çizelge 4.9. *Sitophilus oryzae*'ye karşı ikili ve üçlü kombinasyon halinde kullanılan uçucu yağların ve anabilesenlerinin KD₅₀ değerleri ile kombinasyon indeksi değerleri ve kombinasyonun etki türü

No	Kombinasyon türü	Eğim ± SH	KD ₅₀ (%) (µl/l) (95% Güven aralığı)	λ ^{2a}	Kİ ve etkileri
1	Anason	1.322±0.073	14.00 (8.14-23.90)	338.80	UO
2	Ökalyptus	0.987±0.070	17.25 (9.93-34.64)	236.03	UO
3	Nane	0.839±0.070	29.55 (15.1-206.4)	289.19	UO
4	<i>Trans</i> -anethole	1.069±0.071	19.13 (10.89-42.8)	297.41	UO
5	1,8-cineole	1.197±0.072	13.11 (7.03-23.16)	322.88	UO
6	L-menthol	1.072±0.071	24.55 (15.13-55.1)	239.58	UO
7	Anason + Ökalyptus	0.897±0.069	14.41 (7.72-27.16)	206.58	0.93 S
8	Anason + Nane	1.032±0.070	10.95 (4.60-20.26)	314.43	0.58 S
9	Anason + <i>Trans</i> -anethole	1.406±0.077	7.10 (2.90-11.57)	384.50	0.44 S
10	Anason + 1,8-cineole	1.024±0.070	10.01 (3.13-19.7)	379.12	0.74 S
11	Anason + L-menthol	1.063±0.070	17.98 (10.69-37.2)	265.32	1.0 E
12	Ökalyptus + Nane	0.914±0.070	22.34 (13.68-62.9)	226.24	1.0 E
13	Ökalyptus + <i>Trans</i> -anethole	1.062±0.071	9.71 (4.45-16.28)	260.97	0.54 S
14	Ökalyptus + 1,8-cineole	1.058±0.070	11.68 (4.41-23.89)	392.67	0.78 S
15	Ökalyptus + L-menthol	0.814±0.069	20.01 (10.96-51.8)	205.38	0.99 S
16	Nane + <i>Trans</i> -anethole	0.996±0.070	16.57 (9.57-31.86)	231.00	0.71 S
17	Nane + 1,8-cineole	1.183±0.071	18.38 (11.82-34.8)	258.35	1.0 E
18	Nane + L-menthol	0.844±0.069	20.05 (10.24-63.2)	263.24	0.34 S
19	<i>Trans</i> -anethole+1,8-cineole	1.131±0.071	10.20 (5.16-16.66)	261.62	0.66 S
20	<i>Trans</i> -anethole+ L-menthol	1.164±0.072	10.78 (6.33-16.49)	208.37	0.50 S
21	1,8-cineole + L-menthol	0.986±0.070	11.64 (7.21-17.47)	138.84	0.68 S
22	Anason + Ökalyptus + Nane	0.811±0.069	18.35 (12.37-52.7)	180.01	1.0 E
23	Anason+ Ökali+Anethole	0.896±0.069	10.78 (3.21-22.63)	325.42	0.65 S
24	Anason + Ökali + cineol	1.019±0.070	14.36 (8.47-24.46)	204.11	0.98 S
25	Anason + Ökali + L-menthol	0.970±0.070	17.94 (11.19-32.4)	178.56	1.02 E
26	Anason + Nane + anethole	1.135±0.071	10.13 (4.02-18.56)	377.24	0.53 S
27	Anason + Nane + Cineole	1.008±0.070	16.38 (9.78-40.95)	286.97	1.0 E
28	Anason + Nane + L-menthol	0.866±0.069	14.14 (8.29-23.98)	151.21	0.69 S
29	Anason +anethole + Cineole	1.360±0.075	8.98 (3.50-15.81)	477.00	0.60 S
30	Anason+Anethole+L-menthol	1.134±0.071	10.80 (4.44-19.96)	375.41	0.59 S
31	Anason +Cineole + L-menthol	0.980±0.070	14.52 (7.02-30.76)	301.23	0.91 S
32	Ökalyptus +Nane+ anethole	0.927±0.069	17.59 (9.06-43.56)	281.35	0.84 S
33	Ökalyptus + Nane +Cineole	0.861±0.069	17.78 (13.24-57.8)	198.64	1.0 E
34	Ökalyptus + Nane +L-menthol	0.935±0.069	14.96 (9.23-29.63)	198.15	0.66 S
35	Ökalypt+Anethole +Cineole	1.064±0.071	11.39 (5.50-19.90)	279.12	0.71S
36	Ökali +Anethole+ L-menthol	0.989±0.070	13.33 (7.30-23.35)	220.95	0.67 S
37	Ökali + Cineole + L-menthol	0.908±0.069	14.91 (7.33-32.11)	261.10	0.87 S
38	Nane + Anethole+Cineole	1.129±0.071	13.34 (7.68-22.43)	248.85	0.56 S
39	Nane + Anethole + L-menthol	0.964±0.070	11.95 (6.26-20.32)	209.22	0.51 S
40	Nane +Cineole +L-menthol	0.914±0.069	14.31 (7.20-28.41)	241.94	0.72 S
41	Anethole+Cineole+L-menthol	1.502±0.77	8.11 (2.77-14.44)	591.92	0.46 S

^a: Test edilen uçucu yağların ve anabilesenlerin ki-kare değerleri.

E= İlave (additive) etki; S= Sinerjistik etki; UO: Uygulanabilir olmayan.

Sitophilus oryzae'ye karşı yapılan testlerden alınan sonuçlar, ikili ve üçlü kombinasyonların farklı etkileşim etkileri verdiğini göstermiştir. Kombinasyon indeksine (Kİ) dayanarak, sonuçlar tüm kombinasyonların %20'inde ilave etkileşimi (Kİ = 1) göstermiştir. Aksine, tüm kombinasyonların %80'inde sinerjistik etkileşim etkileri (Kİ<1) gözlenmiştir. Hiçbir kombinasyon antagonist etkileşim etkisi (Kİ>1) üretmemiştir. Anason içeren kombinasyonların çoğu sinerjistik etkiler gösterirken, nane içeren kombinasyonlar ilave etkileşim etkileri göstermiştir.

4.3. Uçucu Yağların ve Anabileşenlerinin *Acanthoscelides obtectus*'a ve *Sitophilus oryzae*'ye Karşı Kalıntı Kontakt Testleri

4.3.1. Giriş

Seçilen bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin etkinliğini ortaya çıkarmak için böcekler üzerinde kalıntı kontakt etki testleri yapılmıştır. Farklı parametreler örneğin yumurta verimini engelleyici etki, döl verimini engelleyici etki, dane zararının azaltılması ve dane ağırlık kaybı değerlendirilmiştir. Sonunda, değerlendirilen parametreler arasındaki herhangi bir ilişkiyi göstermek için korelasyon analizi yapılmıştır.

4.3.2. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin *Acanthoscelides obtectus*'a karşı kalıntı kontakt etki testleri

4.3.2.1. Yumurta bırakmayı engelleyici etki testleri

Çizelge 4. 10'un sonuçları, *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* UY'ları ile anabileşenlerinin (sırasıyla 1,8-cineol, L-menthol ve *trans*-anethole) *A. obtectus*'un yumurta sayısını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur (ANOVA: $F(3, 12) = 4.494 - 42.098$; $P < 0.05 - 0.000$); nane ve L-menthol hariç.

Çizelge 4.10. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin kalıntı kontakt yoluyla *A. obtectus*'un yumurta ve döl verimini engelleyici etkileri.

Ürün / Doz (µl / 20g fasulye taneleri)	Doz (V/W)	Parametreler (ortalama ± SH'de P = 0.05)		
		Yumurta engelleyici	bırakma	Erginlerde ortaya çıkan azalma
Ökaliptus		P=0.019		P=0.046
Kontrol		0.0±0.0b*		0.00±0.0b*
2	0.00001	34.1±12.3ab		15.90±16.1b
4	0.00004	50.3±14.9a		32.10±8.5ab
8	0.00008	62.7±9.0a		61.77±15.7a
1,8-Cineole		P=0.000		P=0.000
Kontrol		0.0±0.0c**		0.00±0.0c**
0.5	0.0000025	69.23±8.4b		72.10±10.8b
1	0.000005	69.53±8.1b		78.90±5.8ab
2	0.00001	96.6±1.5a		98.12±1.6a
Nane		P=0.307 A.D		P=0.525 A.D
Kontrol		0.0±0.0		0.00±0.0
2	0.00001	33.3±16.3		10.10±28.3
4	0.00004	38.57±19.0		25.25±17.5
8	0.00008	51.45±21.2		49.33±25.5
L-menthol		P=0.082 A.D		P=0.110A.D
Kontrol		0.0±0.0		0.00±0.0
0.5	0.0000025	34.33±14.2		10.03±9.2
1	0.000005	35.23±7.7		15.90±17.5
2	0.00001	38.68±9.3		42.90±4.1
Anason		P=0.000		P=0.037
Kontrol		0.0±0.0b**		0.00±0.0b*
2	0.00001	17.03±8.9b		4.23±20.6b
4	0.00004	71.8±4.9a		55.1±27.2ab
8	0.00008	81.05±4.0a		76.60±11.8a
Trans-anethole		P=0.000		P=0.000
Kontrol		0.0±0.0c**		0.00±0.0c**
0.5	0.0000025	62.3±11.2b		77.62±11.5b
1	0.000005	95.3±2.0a		100±0.0a
2	0.00001	91.6±2.8a		100±0.0a

***Aynı sütunda, aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemsizdir; A.D.: Anlamlı değil.

Nane ve L-menthol, *A. obtectus* tarafından bırakılan yumurta sayısını önemli ölçüde etkilememiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 1.342 - 2.855$; $P > 0.05 - 0.307$). Yumurta verimini engelleyici etki, kullanılan uçucu yağın veya anabileşenin dozuna bağımlı bulunmuştur (Şekil 4.1).

En yüksek doz olan 2 µl/20 g fasulye tanesinde, en yüksek yumurta verimini engelleyici etki %96.6 ile 1,8-cineol'de bulunmuştur. Bunu, sırasıyla %91.6, %81.05 ve %62.7'lik engelleyiciliklerle sırasıyla *trans*-anethole, anason ve ökaliptus izlemiştir. 1 µl/20 g fasulye tanesinde, en yüksek yumurta verimini engelleyici etki %95.3 ile *trans*-anethole'de görülmüştür. En düşük dozdaki anabileşenler en yüksek yumurta bırakmayı engelleyici etkiye sahip olmuştur. Birkaç istisna dışında, engelleyici etki ürüne ve kullanılan dozuna bağlı olup, engellenmenin derecesi, her bir uçucu yağın veya anabileşenin spesifik özelliklerine bağlı olarak değişmiştir. Nane ve L-menthol ile muamele edilen tanelerin engelleyici etkisinin önemsiz olmasına rağmen, sonuçlar yine de bunun hiçbir şey uygulamamaktan daha iyi olduğunu göstermiştir. Örneğin, 8 µl 20 g fasulye tanesinde, nane uygulaması yumurta verimini en az %50 (%51,45) engelleyebilmiştir.

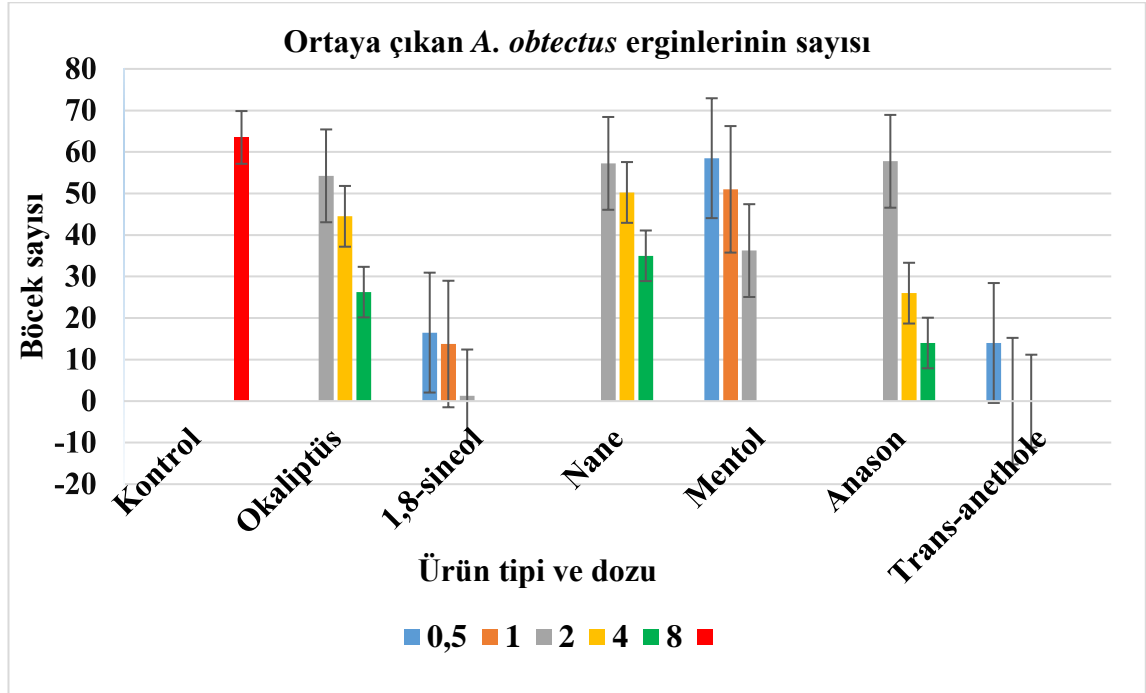
4.3.2.2. Erginlerde ortaya çıkan azalma

Çizelge 4.10, kalıntı kontakt testinde *A. obtectus*'un döl üretimine karşı *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* UY'ları ile onların anabileşenlerinin (sırasıyla 1,8-cineol, menthol ve *trans*-anethole) etkinliğini göstermektedir. Veriler, test edilen ürünlerin nane ve L-menthol hariç ergin sayısını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 3.905 - 51.031$; $P < 0.05 - 0.000$). Ergin çıkışının azaltılmasında nane ve L-menthol uygulamasının istatistiksel anlamda pek bir etkisi olmamıştır (ANOVA: $F(3, 12) = 0.785 - 2.486$; $P > 0.05 - 0.525$). Sonuçlar, elde edilen ergin sayısının bitki uçucu yağı veya anabileşen tarafından doza bağlı şekilde azaltıldığını göstermiştir. *A. obtectus* erginlerinin çıkışının engellenmesi, artan dozlarla önemli ölçüde azalmış ve ürüne bağlı bir durum göstermiştir. Bir ve 2 µl *trans*-anethole ile muamele edilmiş fasulye tanelerinden hiçbir ergin ortaya çıkmamıştır (%100 engelleme). 2 µl/20gr fasulye danelerinin 1,8-cineol ile yapılan uygulaması ergin çıkış oranını %98.12 azaltmıştır.

Ergin çıkışında görülen azalma, 2 µl/20 g fasulye dozunda sırasıyla %100, %98.12, %76.60 ve %61.77'lik engelleme ile *trans*-anethole > 1,8-cineol > anason > ökaliptus olarak tespit edilmiştir. Anabileşenler için en yüksek doz olan 2 µl/20g tane ve uçucu yağlar için 8 µl/20 g tane'de, her madde döl üretimini engellemek için en yüksek kapasiteyi sergilemiştir. Ancak, *trans*-anethole'ün 1 µl ile 2 µl uygulamaları arasında ergin çıkışını engelleme etkisi bakımından bir fark görülmemiş, her iki doz da %100 ergin çıkışını engelleyici etki göstermiştir. L-menthol dışındaki anabileşenler, içinde bulunduğu uçucu yağlarıyla karşılaştırıldığında daha yüksek bir engelleyici etki sergilemişlerdir. Birkaç istisna dışında, genel sonuçlar, tüm dozlarda, anasonun, döl verimini engelleme açısından ökaliptustan daha iyi olduğunu, *trans*-anethole'ün ise 1,8-cineol'den daha iyi olduğunu ortaya koymuştur. Uçucu yağlar (ökaliptus, nane ve anason) ile muamele edilmiş taneleri, anabileşenler ile muamele edilenlerle karşılaştırıldığında daha düşük döl verimine neden olmuşlardır (Şekil 4. 2).



Şekil 4.1. *Acanthoscelides obtectus* dişi tarafında fasulye tanesi üzerine bırakılan yumurta (Binoküler mikroskop altında).



Şekil 4.2. Uçucu yağlar ve anabileşen uygulamalarından sonra ortaya çıkan *A. obtectus* ergin sayıları.

4.3.2.3. Fasulye tane zararı

Dane zararının önlenmesi, depolanmış baklagilin böcek zararlılarına karşı

uygulanan mücadelenin başlıca önceliklerinden biridir. Farklı uçucu yağlar ve anabileşenler ile muamele edilmiş fasulye tanelerinde *A. obtectus* tarafından oluşturulan zararın yüzdesini tahmin etmek için geleneksel bir sayma yöntemi kullanılmış toplanan veriler değerlendirilmiştir. Ökalyptus, nane ve anason uçucu yağları ile anabileşenleri (sırasıyla 1,8-cineol, Lentol ve *trans*-anethole) ile muamele edilen fasulye tanelerinde *A. obtectus* tarafından oluşturulan tane zararına dair Çizelge 4.11'de sunulmuştur.

Çizelge 4.11. Kalıntı kontakt testinde uçucu yağlar ve anabileşenleri ile muameleden sonra *A. obtectus* tarafından fasulye tanelerinde meydana getirilen zarar oranı ve ağırlık kaybı

Ürün / Doz (µl/ 20g fasulye taneleri)		Parametreler (ortalama ± SH'de P = 0.05)	
	Doz (V/W)	Tane zarar oranı	Ağırlık kaybı
Ökalyptus		P=0.000	P=0.005
Kontrol		34.48±c**	22.73±3.0b**
2	0.00001	21.50±c	16.82±0.5b
4	0.00004	11.38±b	15.50±2.7b
8	0.00008	10.00±a	5.18±2.3a
1,8-cineol		P=0.000	P=0.022
Kontrol		34.48±b**	22.73±3.0c**
0.5	0.0000025	12.25±a	20.83±7.0bc
1	0.000005	11.30±a	7.78±2.4ab
2	0.00001	8.05±a	2.13±0.5a
Nane		P=0.000	P=0.009
Kontrol		34.48±c**	22.73±3.0b**
2	0.00001	23.28±b	26.00±3.6b
4	0.00004	13.13±a	18.00±5.0b
8	0.00008	8.75±a	3.78±0.4a
L-menthol		P=0.05	P=0.025
Kontrol		34.48±b*	22.73±3.0b*
0.5	0.0000025	25.58±b	22.03±1.5b
1	0.000005	18.75±ab	15.15±1.9ab
2	0.00001	17.43±a	10.90±2.8a
Anason		P=0.008	P=0.016
Kontrol		34.48±b**	22.73±3.0b*
2	0.00001	15.90±a	15.18±4.7ab
4	0.00004	8.15±a	7.27±3.0a
8	0.00008	6.75±a	3.80±1.5a
Trans-anethole		P=0.000	P=0.000
Kontrol		34.48±c**	22.73±3.0b**
0.5	0.0000025	15.05±b	4.18±2.2a
1	0.000005	0.00±a	0.45±0.1a
2	0.00001	0.00±a	0.35±0.2a

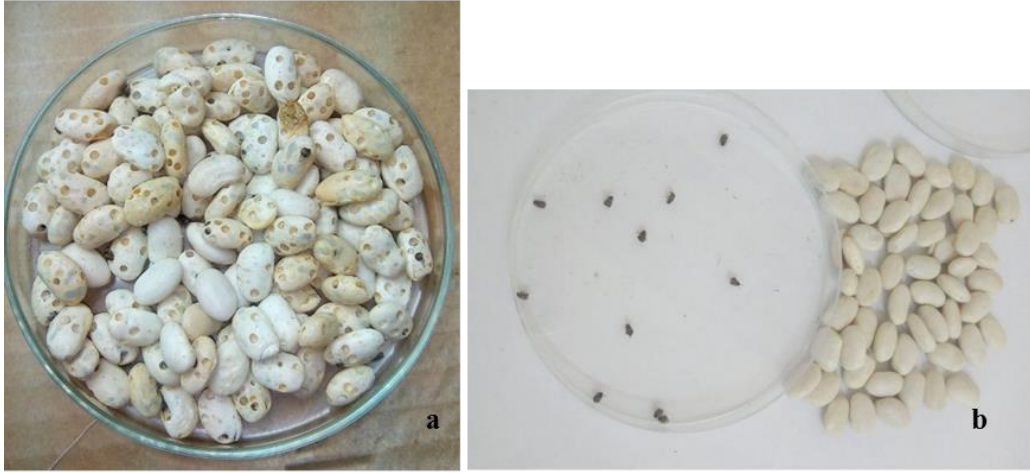
***Aynı sütunda, aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemsizdir.

Sonuçlar, uçucu yağların ve anabileşenlerinin fasulye tane zararını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 3.44 - 16.200$; $P < 0.05 - 0.000$). Etkinliğin, kullanılan uçucu yağın veya anabileşenin dozuna bağlı olduğu görülmüştür. Örneğin, 2 µl/20 g fasulye tanesi (yani, 2 µl materyalle muamele edilen 20 g fasulye tanesi) dozunda, *trans*-anethole hariç diğer ürünler *A. obtectus* tarafından meydana getirilen zararı tam olarak önleyememiştir. Söz konusu dozda, *A. obtectus* tarafından meydana getirilen zarar *trans*-anethole uygulamasında %0, 1,8-cineol uygulamasında %8.05, anason uygulamasında %15.90, L-menthol uygulamasında %17.43, ökalyptus uygulamasında %21.50 ve nane uygulamasında %23.28 olmuştur. Kontroldeki tane zararı ise %34.48 olarak belirlenmiştir.

Tüm dozlarda, birkaç istisna dışında anabileşenlerin tane zararını önlemedeki etkinlik sırası; *trans*-anethole > 1,8-cineol > L-menthol şeklinde olmuştur. Uçucu yağların tüm dozlarda (8 µl/20 g fasulye hariç) tane zararını önlemedeki etkinlik sırası ise; anason > ökaliptus > nane şeklinde olmuştur. Sonuçlar, seçilen uçucu yağların ve anabileşenlerinin tane zararının azaltılmasına katkıda bulunduğunu ve en etkili olanının *trans*-anethole olduğunu göstermiştir.

4.3.2.4. Tane ağırlık kaybı

Uçucu yağlar ve anabileşenleri *A. obtectus*'un neden olduğu fasulye tanelerindeki ağırlık kaybını önemli ölçüde azaltmıştır (ANOVA: $F(3, 12) = 4.49 - 24.722$; $P < 0.05 - 0.000$) (Çizelge 4.11). Ağırlık kaybı azalması, uygulanan uçucu yağ ya da anabileşenin değişen dozuyla değişmiştir. En yüksek doz olan 2 µl/20 g fasulye uygulanmasından sonra, anabileşenler tane zararını değişik oranlarda azaltmış, meydana gelen tane zararı ise; *trans*-anethole'de %0.35, 1,8-cineole'de %2.13, L-menthol'de %10.90, anason'da %15.18, ökaliptus'ta %16.82 ve nane'de %26.00 olmuştur. Kontroldeki tane ağırlığı kaybı ise %22.73'tür. Uçucu yağların etkinlik sırası ise birkaç istisna dışında tüm dozlar için şöyle olmuştur: anason > ökaliptus > nane. Anabileşenlerin tüm dozlardaki etkinlik sırası ise; *trans*-anethole > 1,8-cineole > L-menthol şeklinde olmuştur. En yüksek dozda, uçucu yağlar ve anabileşenleri ile muamele edilen fasulye tanelerinde en düşük ağırlık kaybı görülmüştür. *Trans*-anethole, tüm dozlarda benzer ağırlık kaybı seviyeleri ile en tutarlı koruma sağlamıştır.



Şekil 4.3. *Acanthoscelides obtectus* tarafından zarara uğramış fasulye taneleri (a) ve zarar görmemiş fasulye taneleri (b).

4.3.2.5. Korelasyon analizi

Korelasyon analizi, tüm uçucu yağlar ve anabileşenlerin, yağ ve anabileşene bağlı olarak farklı korelasyon dereceleri ile pozitif korelasyon ($R > 0$) gösterdiğini ortaya çıkarmıştır (Çizelge 4.12). Yumurta ve döl veriminin engellenmesi, tane zararı ve ağırlık kaybıyla pozitif bir korelasyon göstermiştir. Döl veriminin engellenmesi ile tane zararı ve tane ağırlık kaybı arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Bu aynı zamanda, fasulye tane zararı ile fasulye tane ağırlık kaybı arasında güçlü bir pozitif korelasyon

olduğunu işaret etmiştir. Erginlerin ortaya çıkışı ve fasulye tane ağırlık kaybı arasındaki en yüksek pozitif korelasyon, ökaliptus ile muamele edilen fasulyelerde 0.98 iken en düşük oran *trans*-anethole ve 1,8-cineole'de 0.76 değer ile gözlenmiştir. Öte yandan, erginlerin ortaya çıkışı ve fasulye tane zararı ile arasında en yüksek pozitif korelasyon (0.99), 1,8-cineole ve *trans*-anethole ile muamele edilmiş fasulye tanelerinde gözlenmiştir. İki parametre arasındaki en düşük korelasyon katsayısı 0.85 değerinde anason'da gözlenmiştir. Fasulye tane zararı ve ağırlık kaybı arasındaki en yüksek korelasyon katsayısı anason ve *trans*-anethole ile muamele edilmiş fasulyelerde 0.96'dır. Buna karşılık, en düşük değer, 1,8-cineole ve *trans*-anethole'de 0.69'luk bir değerde gözlenmiştir.

Çizelge 4.12. *Acanthoscelides obtectus*'a karşı kalıntı kontakt testinde analiz edilen değişkenler arasında basit korelasyon katsayıları (R)

Ökaliptus					1,8-cineole				
	Y	E	Z	K		Y	E	Z	K
Y	1				Y	1			
E	0.92	1			E	1	1		
Z	0.99	0.88	1		Z	0.73	0.99	1	
K	0.90	0.98	0.84	1	K	0.73	0.76	0.69	1
Nane					L-menthol				
	Y	E	Z	K		Y	E	Z	K
Y	1				Y	1			
E	0.86	1			E	0.66	1		
Z	0.98	0.92	1		Z	0.93	0.86	1	
K	0.63	0.94	0.76	1	K	0.67	0.94	0.89	1
Anason					Trans-anethole				
	Y	E	Z	K		Y	E	Z	K
Y	1				Y	1			
E	0.98	1			E	1	1		
Z	0.93	0.85	1		Z	0.97	0.99	1	
K	0.99	0.96	0.96	1	K	1	0.97	0.96	1

(Y= Yumurta verimi, E= Yeni çıkan ergin sayısı, Z= Fasulye tane zararı, K= Ağırlık kaybı).

4.3.3. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin *S. oryzae*'ye karşı kalıntı kontakt testleri

4.3.3.1. Erginlerde ortaya çıkan azalma

Çizelge 4.13, kalıntı kontakt testinde *S. oryzae*'nin döl üretimine karşı *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağları ve anabileşenlerinin (sırasıyla 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole) etkinliğini göstermektedir. Uçucu yağlar ve anabileşenleri, *S. oryzae*'nin döl üretiminde önemli ölçüde azalmaya yol açmıştır (ANOVA: $F(3, 12) = 15.869-463.137$; $P < 0.01-0.000$). 40 µl/20 g buğday dozunda (yani 40 µl anason uçucu yağı ile 20 g buğdayın muamelesinde), anason uçucu yağı ergin çıkışını maksimum düzeyde (%96.5) engelleyebilmiştir. Anason uçucu yağının iki dozda (80 µl/20 buğday) kullanılan ökaliptus ve nane uçucu yağları sırasıyla %94.1 ve %94.7'lik bir ergin çıkışını engelleme oranına sahip olmuşlardır.

Çizelge 4.13. Kalıntı kontakt testlerinde uçucu yağlar ve anabileşenlerinin *S. oryzae*'nin döl üretimi, buğday tane zararı ve ağırlık kaybının azaltılması üzerine etkileri

Ürün / Doz (µl/ 20g buğday)		Parametreler (ortalama ± SH'de P = 0.05)		
		Erginlerde ortaya çıkan azalma (%)	Ağırlık kaybı	Zarar görmüş tane sayısı
Ökaliptus	Doz (V/W)	P=0.000	P=0.000	P=0.000
Kontrol		0.0±0.0b**	9.8±0.4b**	69.3±3.7b**
20	0.0001	85.2±3.7a	1.5±0.5a	10.3±1.2a
40	0.0004	89.5±2.4a	1.0±0.3a	9.7±1.5a
80	0.0008	94.1±2.4a	1.0±0.3a	4.4±1.0a
1,8-Cineole		P=0.000	P=0.05	P=0.000
Kontrol		0.0±0.0b**	9.8±0.4b*	69.3±3.7b**
5	0.000025	38.6±4.1a	5.5±1.6a	33.3±2.0a
10	0.00005	55.1±7.7a	5.3±1.2a	27.7±2.8a
15	0.000075	55.8±7.4a	4.8±0.7a	23.9±1.5a
Nane		P=0.000	P=0.000	P=0.000
Kontrol		0.0±0.0b**	9.8±0.4b**	69.3±3.7b**
20	0.0001	87.3±3.5a	2.0±0.6a	8.4±2.2a
40	0.0004	92.9±2.4a	1.5±0.6a	6.5±1.1a
80	0.0008	94.7±1.1a	1.1±0.4a	3.9±0.8a
L-menthol		P=0.000	P=0.006	P=0.000
Kontrol		0.0±0.0c**	9.8±0.4b**	69.3±3.7b**
5	0.000025	46.7±5.6b	5.9±1.2a	32.2±5.4a
10	0.00005	51.8±3.8b	5.2±0.3a	34.3±2.1a
20	0.0001	67.2±3.3a	4.8±0.8a	27.1±3.3a
Anason		P=0.000	P=0.000	P=0.000
Kontrol		0.0±0.0c**	9.8±0.4b**	69.3±3.7b**
10	0.00005	87.6±2.5b	1.8±0.8a	8.8±1.8a
20	0.0001	91.4±2.4ab	1.6±0.6a	8.6±1.6a
40	0.0004	96.5±1.2a	1.0±0.2a	3.7±0.8a
Trans-anethole		P=0.000	P=0.000	P=0.000
Kontrol		0.0±0.0c**	9.8±0.4c**	69.3±3.7c**
5	0.000025	42.2±1.8b	6.8±0.3b	34.4±1.8a
10	0.00005	56.8±4.4a	3.3±0.5a	25.3±1.7a
15	0.000075	62.6±1.9a	4.3±0.5a	22.8±1.1a

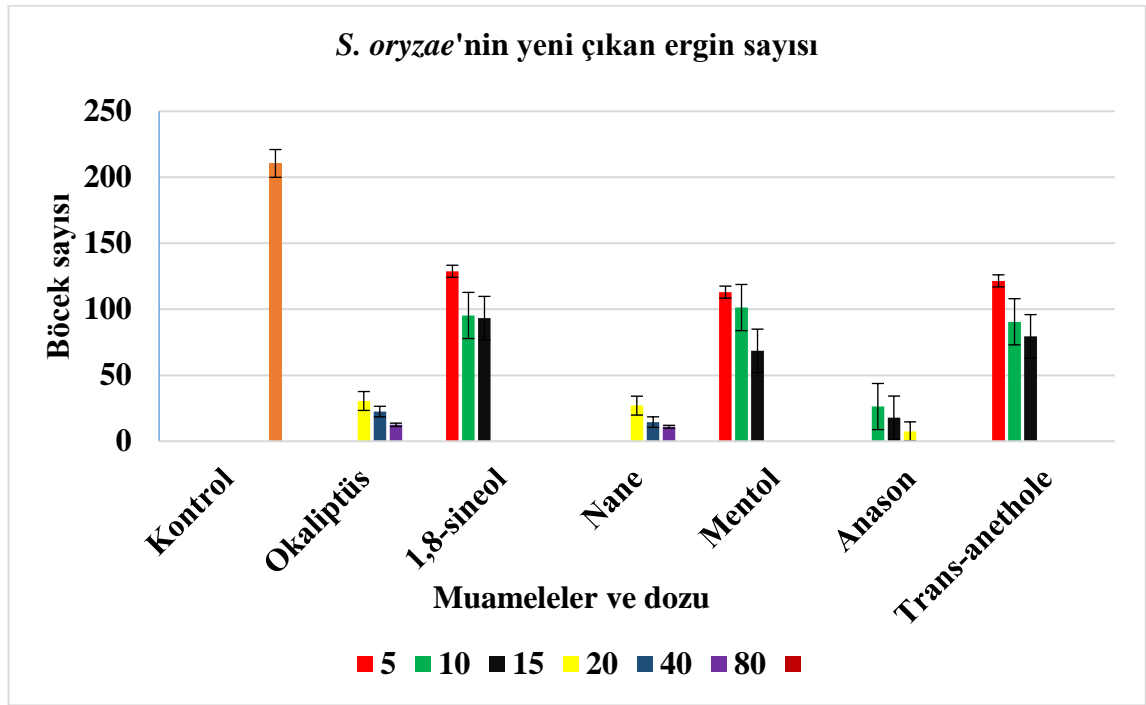
***Aynı sütunda, aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemsizdir.

On µl anabileşen ile muamele edilmiş buğday taneleri baz alınarak karşılaştırıldığında, anabileşenlerin döl üretimini engelleyici etki sırası; *trans*-anethole (%56.8) > 1,8-cineole (%55.1) > L-menthol (%51.8) şeklinde olmuştur. Bununla birlikte, 10 µl anason uçucu yağıyla muamele edilen buğday tanelerinde, %87.6'lık bir oranla en

yüksek ergin çıkışını engelleyici görülmüştür. Ayrıca sonuçlar, 5 µl/20 g buğday dozunda L-menthol'ün en yüksek ergin çıkışını engelleyici etkiye sahip olduğunu, bunu sırasıyla %46.7, %42.2 ve %38.6 ile *trans*-anethole ve 1,8-cineole'ün izlediğini göstermiştir.

Uçucu yağlar ile 20 ve 40 µl/20 g buğday dozlarında yapılan uygulamalardan sonra, anason, nane ve ökaliptus uçucu yağları sırasıyla %91.4, %87.3, %85.2 ve %96.5, %92.9, %89.5 oranlarında döl verimini engelleyici etkiler göstermişlerdir. En yüksek doz olan 80 µl/20 g buğday'da, iki uçucu yağ ökaliptus ve nane sırasıyla %94.1 ve %94.7 döl verimini engelleyici etki göstermiştir.

Anason uçucu yağı tüm dozlarda iyi performans göstermiş olup muamelesiz kontrol ile kıyaslandığında ergin ortaya çıkışını azaltma açısından tüm dozlarda en yüksek etkinliğini sergilemiştir. Her durumda, uçucu yağlar, anabileşenlere kıyasla en yüksek döl verimini engelleyici etkiler göstermiştir. Uçucu yağların engelleyicilik oranı %85'in üzerinde iken, anabileşenlerde en yüksek engelleme oranı %65 olmuştur. Uçucu yağlar ve anabileşenleri ile muamele edilmiş buğday örneklerinden, muamelesiz kontrol (210.5 böcek)'e kıyasla daha düşük sayılarda ergin çıkışı olmuştur. Yeni çıkan ergin sayısının, uçucu yağ veya anabileşen ile kullanılan doza bağımlı olduğu görülmüştür. Uçucu yağlar ile muamele edilmiş buğdaydan, anabileşenlerle karşılaştırıldığında genelde daha düşük döl üretimi görülmüştür (Şekil 4. 4).



Şekil 4.4. Uçucu yağlar ve anabileşenleri ile muamele edilmiş yumurtalı buğday tanelerinden çıkan *S. oryzae* ergin sayıları.

4.3.3.2. Buğday tane zararı

Tane zararının önlenmesi, tahılların depolanması sırasında zararlılara karşı uygulanan mücadele yöntemlerinin temel amaçlarından biridir. Çizelge 4.13'de verilen

sonuçlar, uçucu yağlar ve anabileşenlerinin tahıl zararının azaltılmasına potansiyel olarak katkıda bulunduğunu göstermiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 19.282 - 154.247$; $P < 0.01 - 0.000$). Sonuçlar, buğday tane zararının, uygulanan uçucu yağın veya anabileşenin dozuna bağlı olduğunu göstermiştir. Anabileşenler ile 5 µl/20 g buğday dozunda yapılan uygulamadan sonra, tane zararının L-menthol, 1,8-cineole ve *trans*-anethole uygulamalarında sırasıyla %32.2, %33.3 ve %34.4 olmuştur. İki katı bir dozda (10 µl/20 g buğday), buğdayda tane zararının *trans*-anethole uygulamasında %25.3, 1,8-cineole uygulamasında %27.7 ve L-menthol uygulamasında %34.3 olduğu görülmüştür. Aynı dozda, anason uçucu yağı ile muamele edilmiş buğdayda tane zararı %8.8 olarak gerçekleşmiştir.

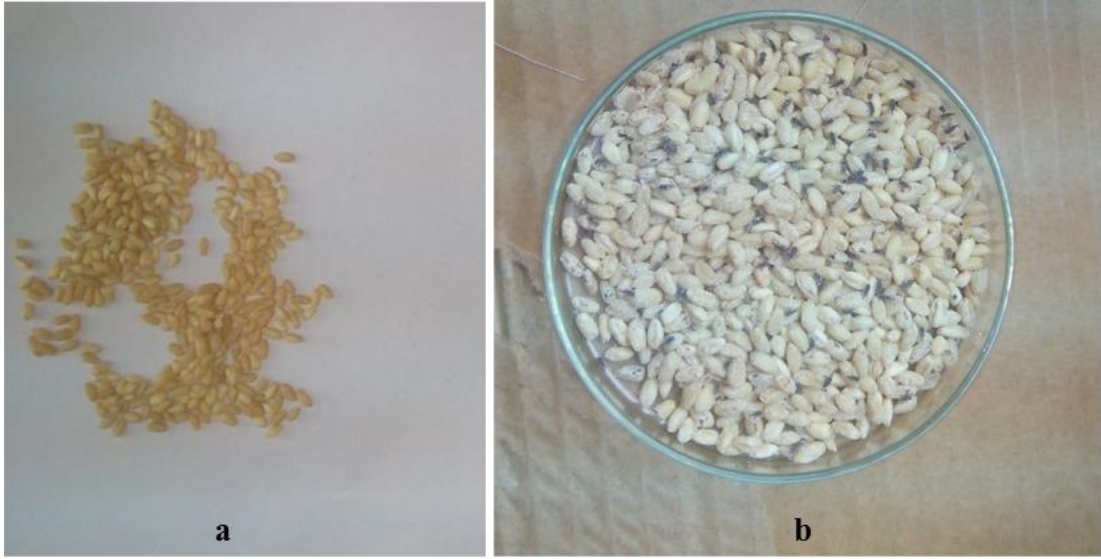
Uçucu yağların 20 µl/20 g buğday dozunda yapılan uygulamadan sonra, nane, anason ve ökaliptus ile muamele edilmiş buğday tanelerinde %8.4, %8.6 ve %10.3 tane zararı görülmüştür. Ancak, aynı doz L-menthol ile muamele edilmiş buğday tanelerinde %27.1 tahıl zararı görülmüştür. Anason, nane ve ökaliptus uçucu yağlarının 40 µl/20 g buğday uygulanması, sırasıyla %3.7, %6.5 ve %9.7 tane zararı göstermiştir. Birkaç istisna dışında, buğday tanelerindeki minimum zarar oranı açısından anason uçucu yağının en etkili materyal olduğu anlaşılmıştır. Her durumda, tane zararının azalmasındaki etkinliğin, kullanılan uçucu yağ veya anabileşeni ile onların uygulanan dozuna bağlı olduğu ve muamelesiz kontrol (%69.3) ile karşılaştırıldığında uçucu yağlar veya anabileşenleri ile muamele görmüş buğdaydaki tane zararının %9.3'e kadar düştüğü görülmüştür.

4.3.3.3. Tane ağırlık kaybı

Sitophilus oryzae'nin neden olduğu buğdaydaki ağırlık kaybını azaltmada *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağları ve anabileşenlerinin etkinliği üzerine kaydedilen veriler, muameleler arasında önemli bir fark olduğunu göstermiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 3.389-90.949$; $P = 0.05-0.000$) (Çizelge 4.13). Test edilen uçucu yağlar ve anabileşenleri ağırlık kaybı yüzdesini önemli ölçüde etkilemiştir. Ağırlık kaybı, kullanılan uçucu yağ veya anabileşenin dozuna hafifçe bağımlıydı. Tüm uçucu yağlar ve anabileşenleri aynı dozda kullanılmış ve aralarında birkaç istisna dışında tane ağırlık kaybını azaltma açısından önemli bir fark bulunamamıştır.

Kırk µl/20 g buğday dozunda, ökaliptus ve anason uçucu yağları ile muamele edilmiş buğdayda sırasıyla %1.0 ve %1.5'lik tane ağırlık kayıpları kaydedilmiştir. Bir alt doz olan 20 µl/20 g buğday'da, ökaliptus, anason ve nane uçucu yağları ile muamele edilmiş buğdayda ağırlık kaybı sırasıyla %1.5, %1.6 ve %2.0 olarak belirlenmiştir. Aynı dozda L-menthol ile muamele edilmiş buğdaydaki tane ağırlık kaybı %4.8 olmuştur. Yine aynı dozda, diğer anabileşenler (*trans*-anethole ve 1,8-cineole) ile muamele edilmiş buğdaylarda da hemen hemen aynı ağırlık kayıplarına şahit olunmuştur. Çok daha düşük bir doz olan 5 µl/20 g buğday'da, muamelesiz kontrol (%9.8) ile karşılaştırıldığında, anabileşenler 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole ile muamele edilmiş buğdaylarda sırasıyla %5.5, %5.9 ve %6.8'lik ağırlık kayıpları görülmüştür. Bununla birlikte, 10 µl/20 g buğday'da anabileşenler, *trans*-anethole, L-menthol ve 1,8-cineole muamelesinde sırasıyla %3.3, %5.2 ve %5.3 tane ağırlık kayıpları ortaya çıkmıştır. Aynı dozda, anason uçucu ile muamele edilen buğdayda %1.8 ağırlık kaybı görülmüştür. Bu çalışma, uçucu yağlar ile muamele edilmiş buğdayda tane ağırlık kaybının %1.0 ila %2.0 arasında değiştiğini, anabileşenler ile muamele edilmiş buğday örneklerindeki tane ağırlık

kayıplarının %3.3 ila %6.8 olduğunu, ve son olarak muamele edilmemiş buğdayda %9.8 tane ağırlık kaybı meydana geldiğini göstermiştir.



Şekil 4.5. Muamele görmüş buğday taneleri (a) ve *S. oryzae* tarafından zarar görmüş Muamelesiz kontrol parselindeki buğday taneleri (b)

4.3.3.4. Korelasyon analizi

Çizelge 4.14'ün sonuçları, dikkate alınan parametrelere bağlı olarak tüm uçucu yağların ve anabileşenlerinin pozitif korelasyonlar ($R>0$) gösterdiğini ortaya çıkarmıştır.

Çizelge 4.14. *Sitophilus oryzae*'ye karşı kalıntı kontakt testinde analiz edilen değişkenler arasında basit korelasyon katsayıları (R)

	Ökalyptus				1,8-Cineole		
	E	Z	K		E	Z	K
E	1			E	1		
Z	0.99	1		Z	0.99	1	
K	0.99	0.99	1	K	0.97	0.99	1
	Nane				L-menthol		
	E	Z	K		E	Z	K
E	1			E	1		
Z	0.99	1		Z	0.97	1	
K	0.99	0.99	1	K	0.99	0.97	1
	Anason				Trans-anethole		
	E	Z	K		E	Z	K
E	1			E	1		
Z	0.99	1		Z	0.99	1	
K	0.99	0.99	1	K	0.95	0.94	1

E= Yeni çıkan ergin sayısı, Z= Buğday tane zararı, K= Ağırlık kaybı).

Seçilen uçucu yağlar ve anabileşenleri bir dereceye kadar farklı korelasyon dereceleri ortaya koymuştur. Korelasyon katsayıları, kullanılan her bir yağın çeşidine bağlı olarak farklı bulunmuştur. Örneğin, böcek popülasyonu istila seviyesiyle zarar oranı orantılı olarak artmıştır. Zarar görmüş tanelerin sayısı tane ağırlık kaybı yüzdesi ile yüksek pozitif korelasyon göstermiştir. Böylece, tahıl zararı ağırlık kaybı ürün miktarını ve ürün kalitesini otomatik olarak azaltmıştır. Sonuçlar, korelasyon katsayılarının, depolanan ürünlerin böcek zararlılarını kontrolü ederken odaklanması gereken ana parametrelerin bir göstergesi olduğunu ortaya koymuştur.

4.4. Uçucu Yağların ve Anabileşenlerinin Yeni Çıkan Ergin Böceklerin Ön Maruz Bırakılması Yoluyla Böcek Gelişimi Üzerindeki Etkisi

4.4.1. Giriş

Bu testler, uçucu yağların ve anabileşenlerinin, yumurta bırakma (fecundity) ve döl üretimi (fertility) üzerindeki etkinliğini değerlendirmek için yapılmıştır. Söz konusu etkiler, *A. obtectus* ve *S. oryzae* erginlerinin test uçucu yağları ve anabileşenlerine LD₅₀ doz seviyesinde ön-maruz bırakılmasıyla değerlendirilmiştir. Yumurtlama ve döl üretimi inhibisyonunun yanı sıra, böceklerin maruziyet sonrası ölüm oranı, tane zararının azaltılması ve ağırlık kaybı gibi diğer parametreler de değerlendirilmiştir. Korelasyon analizleri de değerlendirilen parametreler arasındaki herhangi bir ilişkiyi göstermek için yapılmıştır.

4.4.2. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin yeni çıkan erginlerin ön maruz bırakılması yoluyla *Acanthoscelides obtectus*'a karşı böcek gelişimini engelleyici etkisi

4.4.2.1. Ebeveyn erginlerin ölüm oranı

Eucalyptus camaldulensis, *M. piperita*, *P. anisum* uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin (sırasıyla 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole) *A. obtectus*'a karşı toksisite sonuçları Çizelge 4.15'te sunulmuştur. Sonuçlar, ökaliptus ve anason hariç, nane uçucu yağı ile anabileşenlerin, muameleden 5 gün sonra ergin ölümlerini önemli ölçüde etkilemediğini göstermiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 0.120 - 1.395$; $P > 0.05 - 0.946$). Ökaliptus ve anason ile muamele edilen böcekler, uygulamadan 5 gün sonra ölüm oranı bakımından diğerlerinden daha farklı olmuştur (ANOVA: $F(3, 12) = 4.097 - 10.572$; $P < 0.05 - 0.001$).

Ökaliptus uçucu yağı ile ön maruz bırakılmış görmüş böceklerde, en yüksek ölüm oranı, ÖE (Ön maruz bırakılmış erkekler) x ÖD (Ön maruz bırakılmış dişiler)'in çiftleşme kombinasyonunda görülmüş olup bu oran %71.9 olmuştur. Bunu sırasıyla %60.0 ve %30.4 ergin ölüm oranı ile ÖD x GE ve ÖE x GD çiftleşme kombinasyonları izlemiştir. Anason uçucu yağına ön-maruz bırakıldıktan sonraki ÖE x ÖD çiftleşme kombinasyonundaki böcek ölüm oranı %44.6 olmuştur. Bunu sırasıyla %15.0 ve %18.2 değerleri ile ÖD x GE ve ÖE x GD çiftleşme kombinasyonları izlemiştir. Ön maruz bırakılmış böceklerin ve ön maruz bırakılmamış böceklerin çiftleşmesinde, GD (Ön maruz bırakılmamış dişi) x GE (Ön maruz bırakılmamış erkek) çiftleşme kombinasyonu aynı sonuçları vermiştir. Test edilen diğer ürünler (1,8-cineole, nane, L-menthol ve *trans*-anethole) %10 ila %30 arasında en düşük ergin ölüm oranı göstermişlerdir.

Çizelge 4.15. Uçucu yağlara ve anabileşenlerine ön-maruz bırakılan *A. obtectus* erginlerinin ölüm oranları ile yumurtlama ve döl üretiminin engellenme oranları

Uçucu yağ/anabileşen ve çiftleşme kombinasyonu	Parametreler (ortalama ± SH'de P = 0.05)		
	Ergin böcek ölümleri	Yumurta bırakma engelleyici etki	Ergin çıkışında azalma (%)
Ökalyptus	P=0.032	P=0.004	P=0.000
GE x GD	17.5±4.1c*	0.00±0.0b**	0.0±0.0c**
ÖE x GD	30.4±10.0bc	37.68±15.0a	35.5±5.3b
ÖD x GE	60.0±6.0ab	47.55±10.1a	50.0±12.0b
ÖE x ÖD	71.9±17.7a	71.08±5.0a	93.3±2.1a
1,8-Cineole	P=0.713A.D	P=0.088A.D	P=0.410A.D
GE x GD	17.5±4.1	0.00±0.0	0.00±0.00
ÖE x GD	17.4±5.0	33.35±10.7	7.5±10.6
ÖD x GE	22.6±8.7	34.80±13.7	17.3±17.9
ÖE x ÖD	26.9±4.3	37.98±6.5	31.5±10.1
Nane	P=0.809A.D	P=0.030	P=0.004
GE x GD	17.5±4.1	0.00±0.0b*	0.00±0.00b**
ÖE x GD	17.5±6.1	24.45±2.2ab	21.8±11.9ab
ÖD x GE	20.6±4.1	23.05±12.1ab	42.7±2.8a
ÖE x ÖD	32.8±6.7	55.72±15.0a	44.9±5.3a
L-menthol	P=0.517A.D	P=0.063A.D	P=0.568A.D
GE x GD	17.5±4.1	0.00±0.0	0.00±0.00
ÖE x GD	26.5±3.9	29.68±11.8	3.8±7.7
ÖD x GE	24.2±3.9	33.13±5.1	15.5±9.4
ÖE x ÖD	21.4±2.9	34.33±9.3	-0.6±9.4
Anason	P=0.001	P=0.000	P=0.000
GE x GD	17.5±4.1b**	0.00±0.0c**	0.0±0.0c**
ÖE x GD	18.2±2.8b	49.33±4.3b	15.3±2.2bc
ÖD x GE	15.0±2.2b	74.24±8.2a	28.0±10.2b
ÖE x ÖD	44.6±5.0a	86.05±2.6a	68.0±7.3a
Trans-anethole	P=0.946A.D	P=0.305A.D	P=0.705A.D
GE x GD	17.5±4.1	0.00±0.0	0.00±0.00
ÖE x GD	11.0±7.8	35.48±13.6	-8.2±11.4
ÖD x GE	13.9±7.2	42.85±18.6	-14.6±8.6
ÖE x ÖD	16.6±9.1	45.38±21.3	-3.3±7.1

ÖD: Ön maruz bırakılmış dişi ÖE: Ön maruz bırakılmış erkek

GD: Ön maruz bırakılmamış dişi GE: Ön maruz bırakılmamış erkek

***Aynı sütunda, aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemsizdir; A.D: Anlamlı değil.

4.4.2.2. Yumurta bırakma engelleyici etki

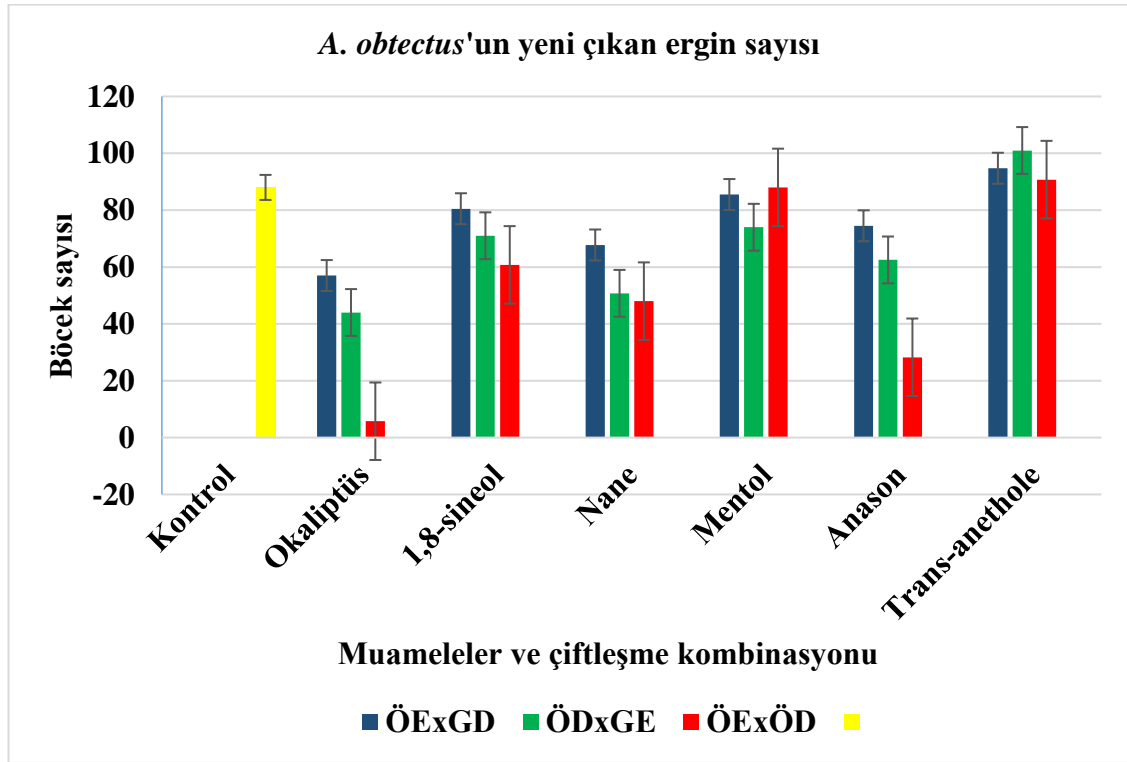
Uçucu yağlar ve anabileşenlerine ön-maruz bırakılan *A. obtectus* erginlerinin yumurta bırakma inhibisyonu Çizelge 4.15'de verilmiştir. Sonuçlar, tüm uçucu yağların bırakılan yumurta sayısını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 4.187 - 47.389$; $P < 0.05 - 0.000$). Aynı sonuçlar, *A. obtectus* erginlerinin anabileşenlerle ön-muamelesinin yumurta bırakma kapasitesini önemli ölçüde azaltmadığını göstermiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 1.347 - 3.184$; $P > 0.05 - 0.305$).

ÖE x ÖD çiftleşme kombinasyonu en yüksek yumurtlama inhibisyonuna neden olmuştur. Anason, ökalyptus ve nane için yumurtlama inhibisyonu sırasıyla %86.05, %71.9 ve %55.72 olmuştur. Anason, ökalyptus ve nane uçucu yağlarına ön-maruz bırakıldıktan sonra ÖD x GE çiftleşme kombinasyonunda yumurtlama inhibisyonu söz konusu uçucu yağlar için sırasıyla %74.24, %47.55 ve %23.05 olmuştur. Zira sonuçlar, *A. obtectus* erginlerinin anason, ökalyptus ve nane uçucu yağlarıyla ön-muamelesinin bırakılan yumurta sayısında önemli ölçüde azalmaya yol açtığını göstermiştir. Her

spesifik uçucu yağ ve anabileşen için, en yüksek yumurta bırakma inhibisyonu, ÖE x ÖD çiftleşme kombinasyonunda görülmüştür. Birkaç istisna dışında, GE x ÖD çiftleşme kombinasyonu, GD x ÖE çiftleşme kombinasyonuna göre daha yüksek bir yumurta bırakma inhibisyonu göstermiştir.

4.4.2.3. Yeni nesil ergin çıkışını engelleyici etki

Uçucu yağlara ve anabileşenlerine maruz kaldıktan 60 gün sonra, *A. obtectus*'un döl üretim inhibisyonu Çizelge 4.15'te sunulmuştur. Sonuçlar, *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum*'dan elde edilen uçucu yağların yeni çıkan ergin sayısını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 7.483 - 25.228$; $P < 0.01 - 0.000$). Anabileşenler 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole uygulaması yeni çıkan ergin sayısını önemli ölçüde azaltmamıştır (ANOVA: $F(3, 12) = 0.476 - 1.039$; $P > 0.05 - 0.705$).



Şekil 4.6. Uçucu yağ ve anabileşenlerine ön-maruz kalmadan sonra farklı çiftleşme kombinasyonlarında görülen *A. obtectus*'e ait yeni nesil ergin çıkışı sayısı

ÖE x ÖD çiftleşme kombinasyonu, en yüksek yeni ergin çıkış inhibisyonunu üretmiştir. Okaliptus, anason ve nane uçucu yağlarına ön-maruz bırakmadan sonra meydana gelen yeni ergin çıkışındaki azalma sırasıyla %93.3, %68.0 ve %44.9 olmuştur. ÖD x GE çiftleşme kombinasyonunda okaliptus, nane ve anason uçucu yağının neden olduğu döl üretim inhibisyonu sırasıyla %50.0, %42.7 ve %28.0 olmuştur. ÖE x GD çiftleşme kombinasyonunda okaliptus, nane ve anason sırasıyla %35.5, %21.8 ve %15.3 oranında yeni ergin çıkış inhibisyonu göstermiştir. Tüm çiftleşme kombinasyonlarında *trans*-anethole muamelesinde, Muamelesiz kontrol (GE x GD) kombinasyonundan bile

daha fazla sayıda yeni ergin çıkışı görülmüştür. Bu durum, %-0.6 ile ÖE x ÖD çiftleşme kombinasyonunda 1,8-cineole için de gözlenmiştir.

Şekil 4.6'deki sonuçlar, bulgularımızı desteklemiştir. Ökalyptus uçucu yağına ön-maruz kalan hem erkeklerin hem de dişilerin çiftleşmesinde (ÖE x ÖD), ortalama 5.8 yeni ergin çıkışı görülürken, hem maruz bırakılmamış erkeklerin hem de maruz bırakılmamış dişilerin (GE x GD; Kontrol) çiftleşmesinde ortalama 88 yeni ergin çıkışı görülmüştür.

4.4.2.4. Fasulye tane zararı

Çizelge 4.16, *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağlarının *A. obtectus* tarafından meydana getirilen tane zararını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 5.878 - 8.727$; $P = 0.01 - 0.002$). Bununla birlikte, anabileşenler (1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole) ile yapılan uygulamalar *A. obtectus* tarafından meydana getirilen tane zararını önemli ölçüde azaltamamıştır (ANOVA: $F(3, 12) = 0.741 - 0.984$; $P > 0.05 - 0.445$).

Ökalyptus uçucu yağının buharlarına ön-maruz kalmadan sonra, muamele bırakılmış dişilerin ve erkeklerin (ÖD x ÖE) çiftleşmesi, son derece düşük (%3.6) bir tane zararının görülmesini sağlamıştır. Aynı çiftleşme kombinasyonunda, anason ve nane uçucu yağlarına ön-maruz bırakmada sırasıyla %13.8 ve %16.2 tane zararı oluşurken, Muamelesiz kontrol (GD x GE)'de %44.2 tane zaararı meydana gelmiştir. Ökalyptus, nane ve anason uçucu yağlarıyla ön maruz bırakılmış dişilerin ve ön maruz bırakılmamış erkeklerin (ÖD x GE) çiftleşmesinde, sırasıyla %22.3, %24.9 ve %27.3 tane zararı görülmüştür. Birkaç istisna dışında, ön maruz bırakılmış erkeklerin ve ön maruz bırakılmamış dişilerin (ÖE x GD) çiftleşmesinde ve ön maruz bırakılmamış dişilerin ön-maruz bırakılmamış erkeklerle (ÖD x GE) çiftleşmesinde, test edilen bütün uçucu yağlar için tane zararı eşit olmuştur.

4.4.2.5. Tane ağırlık kaybı

Çizelge 4.16'da verilen sonuçlar, *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağlarının *A. obtectus*'un neden olduğu fasulye tane ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur (ANOVA: $F(3, 12) = 5.218 - 9.765$; $P = 0.01 - 0.002$). Anabileşenler 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole ile yapılan uygulamalar, aynı böcek türü tarafından meydana getirilen tane ağırlık kaybını önemli ölçüde azaltamamıştır (ANOVA: $F(3, 12) = 1.057 - 6.825$; $P > 0.05 - 0.403$).

Ökalyptus, nane ve anason uçucu yağlarıyla hem ön maruz bırakılmış erkeklerin hem de ön maruz bırakılmamış dişilerin (ÖE x ÖD) çiftleşmesi, maruz bırakılmamış böceklerin (GE x GD; Kontrol) çiftleşmesinde meydana gelen tane ağırlık kaybı (%28.4) ile karşılaştırıldığında sırasıyla %1.1, %4.2 ve %11.7'lik ağırlık kaybı ile sonuçlanmıştır. Farklı çiftleşme kombinasyonlarında (ÖD x GE, ÖE x GD ve ÖE x ÖD) görülen tane ağırlık kayıpları, ökalyptus uygulamasında farklı iken, diğer iki uçucu yağ (nane ve anason) uygulamasında üç çiftleşme kombinasyonunda da aynı seviyede tane ağırlık kaybı meydana gelmiştir.

Çizelge 4.16. Uçucu yağlara ve anabileşenlerine ön-maruz bırakmadan sonra *A. obtectus* tarafından meydana getirilen fasulye tane ağırlık kaybı ve zarar görmüş tane sayısı

Uçucu yağ/anabileşen ve çiftleşme kombinasyonu	Parametreler (ortalama ± SH'de P = 0.05)	
	Ağırlık kaybı	Zarar görmüş tane sayısı
Ökalyptus	P=0.002	P=0.002
GE x GD	28.4±1.2b**	44.2±6.1c**
ÖE x GD	21.3±3.2b	26.8±3.0b
ÖD x GE	18.0±5.4b	22.3±6.9b
ÖE x ÖD	1.1±0.4a	3.6±1.3a
1,8-Cineole	P=0.403A.D	P=0.421A.D
GE x GD	28.4±1.2	44.2±6.1
ÖE x GD	36.2±1.8	47.7±4.6
ÖD x GE	29.2±4.8	38.5±8.8
ÖE x ÖD	17.3±2.7	38.3±4.0
Nane	P=0.016	P=0.008
GE x GD	28.4±1.2b*	44.2±6.1b**
ÖE x GD	22.8±2.1ab	25.6±2.6a
ÖD x GE	15.7±2.8a	24.9±4.2a
ÖE x ÖD	4.2±2.1a	16.2±2.3a
L-menthol	P=0.163A.D	P=0.445A.D
GE x GD	28.4±1.2	44.2±6.1
ÖE x GD	23.4±2.8	37.6±1.8
ÖD x GE	21.7±1.9	39.3±2.7
ÖE x ÖD	29.18±2.1	46.9±3.4
Pimpinella	P=0.010	P=0.010
GE x GD	28.4±1.2b*	44.2±6.1c*
ÖE x GD	23.9±4.3a	33.2±5.0bc
ÖD x GE	23.0±1.8a	27.3±1.7ab
ÖE x ÖD	11.7±1.4a	13.8±4.2a
Trans-anethole	P=0.225A.D	P=0.433A.D
GE x GD	28.4±1.2	44.2±6.1
ÖE x GD	30.8±3.1	62.0±7.8
ÖD x GE	35.4±0.7	53.4±5.6
ÖE x ÖD	34.2±1.5	50.2±6.2

ÖD: Ön maruz bırakılmış dişi ÖE: Ön maruz bırakılmış erkek

GD: Ön maruz bırakılmamış dişi GE: Ön maruz bırakılmamış erkek

***Aynı sütunda, aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemsizdir;

A.D: Anlamlı değil.

4.4.2.6. Korelasyon analizi

Korelasyon analizi, tüm uçucu yağlar ve anabileşenleri arasında yağ ya da anabileşene bağlı olarak farklı korelasyon dereceleri ile pozitif korelasyon ($R>0$) görülmüştür (Çizelge 4.17). Yumurtlama, döl üretiminin engellenmesi, fasulye tane zararı ve ağırlık kaybıyla pozitif bir korelasyon göstermiştir. Döl üretim inhibisyonu ile fasulye tane zararı ve ağırlık kaybı arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Bu aynı zamanda, fasulye tane zararı ile fasulye tane ağırlık kaybı arasında güçlü bir pozitif korelasyon ile ilişkilendirilmiştir. En yüksek pozitif korelasyon 0.98 ile erginlerin ortaya çıkışı ile ağırlık kaybı arasında hem ökalyptus hem de nane ön-muamelesine maruz kalmış böceklerde elde edilmiştir. En düşük değer, 0.69 ile *trans-anethole* ön- muamelesine maruz kalan böceklerde gözlenmiştir. Erginlerin ortaya çıkması ile tahıl zararı arasında en yüksek pozitif korelasyon değeri 0.99 ile ökalyptus ön-muamelesine maruz kalan böceklerde, en düşük korelasyon değeri ise 0.55 ile *trans-anethole* ön-muamelesine maruz kalmış

böceklerde görülmüştür. Tahıl tane zararı ve ağırlık kaybı arasındaki korelasyon, ökaliptus ile ön-muameleye maruz kalmış böceklerde en yüksek 0.97 korelasyonunu gösterirken, *trans*-anethole ön-muamelesine maruz kalmış böceklerde 0.22 ile en düşük korelasyon bulunmuştur.

Çizelge 4.17. *Acanthoscelides obtectus*'a karşı maruziyet öncesi testte değişkenler arasında basit korelasyon katsayıları (R)

		Ökaliptus				1,8-Cineole			
	Y	E	Z	K		Y	E	Z	K
Y	1				Y	1			
E	0.92	1			E	0.74	1		
Z	0.94	0.99	1		Z	0.29	0.77	1	
K	0.87	0.98	0.97	1	K	0.08	0.71	0.77	1
		Nane				L-menthol			
	Y	E	Z	K		Y	E	Z	K
Y	1				Y	1			
E	0.88	1			E	0.44	1		
Z	0.98	0.93	1		Z	0.20	0.56	1	
K	0.88	0.98	0.91	1	K	0.42	0.82	0.92	1
		Anason				Trans-anethole			
	Y	E	Z	K		Y	E	Z	K
Y	1				Y	1			
E	0.70	1			E	-0.73	1		
Z	0.74	0.88	1		Z	-0.69	0.55	1	
K	0.68	0.85	0.54	1	K	-0.85	0.69	0.22	1

Y= Yumurtalama, E= Ortaya çıkan ergin sayısı, Z= Fasulye tane zararı, K= Kilo kaybı.

4.4.3. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin yeni çıkan erginlerin ön maruz bırakılması yoluyla *Sitophilus oryzae*'a karşı böcek gelişimini engelleyici etkisi

4.4.3.1. Ebeveyn erginlerin ölüm oranı

Çizelge 4.18, *S. oryzae*'nin yeni çıkan erginlerinin *E. camaldulensis*, *M. piperita*, *P. anisum* uçucu yağlarına ve anabileşenlerine (sırasıyla 1,8-Cineole, L-menthol ve *trans*-anethole) ön-maruz bıraktıktan sonra ebeveyn erginlerin ölüm oranlarını göstermektedir. Sonuçlar, nane hariç, uçucu yağların ve anabileşenlerinin, muameleden 7 gün sonra erginlerin ölüm oranını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 3.609 - 18.00$; $P < 0.05 - 0.000$). Nane uçucu yağı ise erginlerin ölüm oranlarını önemli ölçüde etkilememiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 3.105$; $P = 0.061$).

En yüksek ölüm oranı ÖE x GD, ÖD x GE veya ÖE x ÖD çiftleşme kombinasyonlarına göre farklılık göstermemiştir. Her kombinasyondan elde edilen sonuçlar, her bir uçucu yağ veya ana bileşeni için benzer bulunmuştur. Erginlerin ön-maruz bırakılmasında en yüksek ölüm oranı, ÖE x ÖD, ÖD x GE ve ÖE x GD çiftleşme kombinasyonlarında sırasıyla %20.0, %20.0 ve %17.5 ile anasona uçucu yağında

gözlenmiştir. Ökalyptus uçucu yağında ölüm oranları ÖE x ÖD, ÖD x GE ve ÖE x GD çiftleşme kombinasyonları için sırasıyla %15.0, %12.5 ve %10.0 olmuş olup en düşük ebeveyn ölümleri gerçekleşmiştir. Uçucu yağlar ve anabileşenleri *S. oryzae* erginlerinde genelde düşük bir ölüm oranı (<%20) üretmiştir.

Çizelge 4.18. Uçucu yağlara ve anabileşenlerine ön-maruz bırakılan *S. oryzae* erginlerinin ölüm oranları ile yeni nesil ergin çıkış oranları

Uçucu yağ/anabileşen ve çiftleşme kombinasyonu	Parameters (ortalama±S.H.'de P=0.05)	
	Ebeveyn ergin ölüm oranı	Yeni nesil ergin çıkışındaki azalma
Ökalyptus	P=0.046	P=0.000
GE x GD	0.0±0.0b*	0.0±0.0b**
ÖE x GD	10.0±3.5ab	81.2±10.3a
ÖD x GE	12.5±4.1a	85.0±5.9a
ÖE x ÖD	15.0±2.5a	86.4±8.5a
1,8-Cineole	P=0.000	P=0.000
GE x GD	0.0±0.0b**	0.0±0.0b**
ÖE x GD	20.0±0.0a	92.6±2.1a
ÖD x GE	15.0±2.5a	93.0±3.1a
ÖE x ÖD	15.0±2.5a	95.3±1.9a
Nane	P=0.061A.D	P=0.000
GE x GD	0.0±0.0	0.0±0.0c**
ÖE x GD	10.0±3.5	89.0±2.7b
ÖD x GE	10.0±3.5	88.8±1.2b
ÖE x ÖD	12.5±2.2	96.7±1.5a
L-menthol	P=0.018	P=0.000
GE x GD	0.0±0.0b*	0.0±0.0b**
ÖE x GD	15.0±4.3a	87.7±2.9a
ÖD x GE	20.0±3.5a	89.7±4.1a
ÖE x ÖD	17.5.0±4.1a	97.5±1.8a
Anason	P=0.031	P=0.000
GE x GD	0.0±0.0b*	0.0±0.0b**
ÖE x GD	17.5±6.5a	99.7±0.3a
ÖD x GE	20.0±3.5a	97.9±1.9a
ÖE x ÖD	20.0±2.7a	98.3±1.1a
Trans-anethole	P=0.016	P=0.000
GE x GD	0.0±0.0b*	0.0±0.0b**
ÖE x GD	15.0±4.3a	90.4±2.6a
ÖD x GE	15.0±2.5a	85.2±9.8a
ÖE x ÖD	12.5.0±2.2a	98.3±1.0a

ÖD: Ön maruz bırakılmış dişi ÖE: Ön maruz bırakılmış erkek

GD: Ön maruz bırakılmamış dişi GE: Ön maruz bırakılmamış erkek

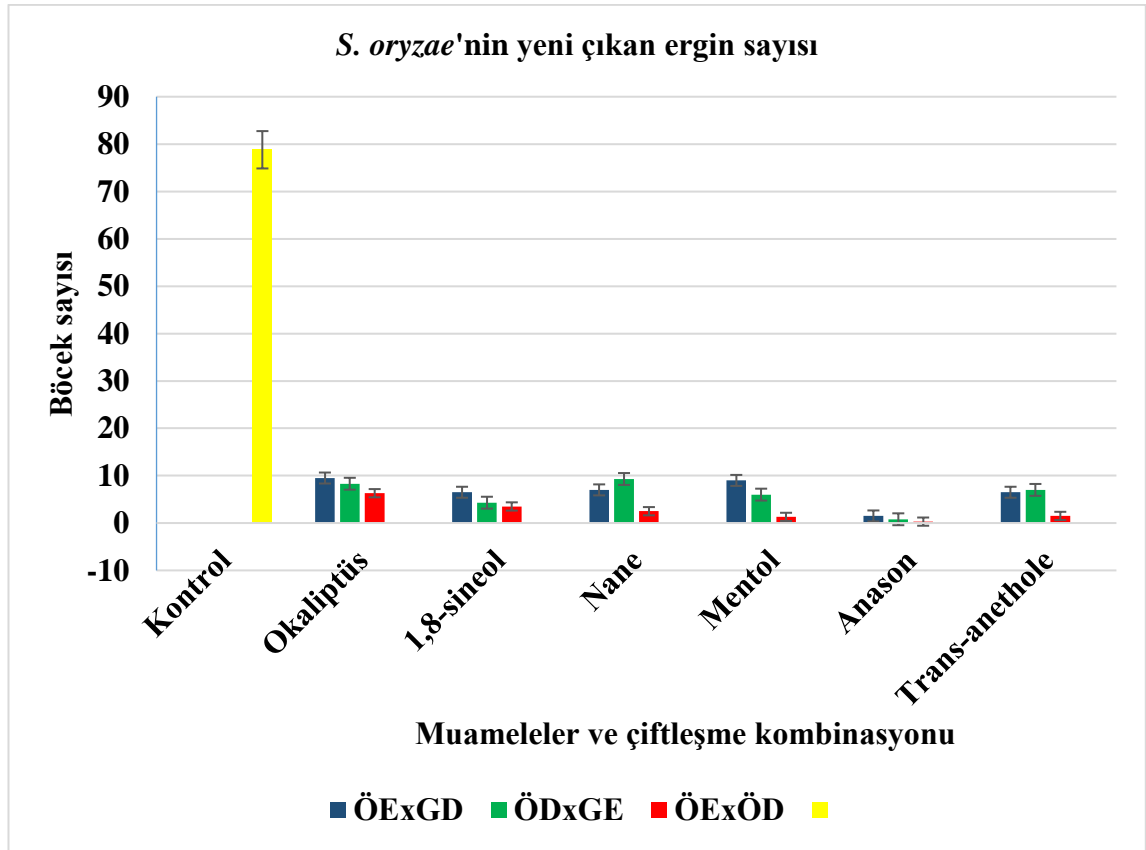
***Aynı sütunda, aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemsizdir; A.D: Anlamlı değil.

4.4.3.2. Yeni nesil ergin çıkışında azalma

Çizelge 4.18'in sonuçları, seçilen uçucu yağların ve anabileşenlerinin, *S. oryzae*'nin döl üretim inhibisyonunu önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 25.022 - 1530.994$; $P < 0.01 - 0.000$). En yüksek yeni nesil ergin çıkışını engelleyici etki %99.7 ile anason uçucu yağına ön-maruz bırakmadan sonra ÖE x GD çiftleşme kombinasyonunda görülmüştür. *Trans-anethole*, anason, L-menthol, nane, 1,8-cineole ve ökalyptus'a maruz kalan böceklerin ÖE x ÖD çiftleşme kombinasyonu sırasıyla %98.3, %98.3, %97.5, %96.7, %95.3 ve %86.4'lük yeni nesil ergin çıkış inhibisyonunu göstermiştir. Döl üretim inhibisyonunun, her uçucu yağ veya anabileşen için çiftleşme

kombinasyonu tipine değil, ürüne bağlı olduğu görülmüştür. Nane uçucu yağı hariç; diğer uçucu yağlar ve anabileşenler, üç farklı çiftleşme kombinasyonunda da (ÖE x ÖD, ÖD x GE ve ÖE x GD) hemen hemen aynı inhibisyon seviyesine sahip olmuştur. Söz konusu kombinasyonlarda ergin çıkış inhibisyonu %81.2 - %99.7 arasında olup istatistiksel bir farklılık görülmemiştir.

Bulgularımız Şekil 4. 7'nin sonuçlarıyla desteklenmektedir. Anason uçucu yağı, ortaya çıkan yeni nesil böcek sayısına göre en etkili olarak tespit edilmiştir. Anason uçucu yağını, L-menthol ve *trans*-anethole sırasıyla 0.3, 1.3 ve 1.5 böcek ile izlemiştir. En az ergin çıkışı, ÖE x ÖD çiftleşme kombinasyonunda gözlenmiştir. Döl verimi üzerine en düşük etki okaliptus uçucu yağında tespit edilmiştir. *S. oryzae*'nin döl verimi üzerine olan etki, kullanılan uçucu yağ veya anabileşenin türü ile açıkça ilişkili olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.7. Uçucu yağ ve anabileşenlerine ön-maruz kalmadan sonra farklı çiftleşme kombinasyonlarında görülen *S. oryzae*'e ait yeni nesil ergin sayısı

4.4.3.3. Buğday tane zararı

Sitophilus oryzae erginlerinin *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağları ve anabileşenlerine (sırasıyla 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole) ön-maruz bırakılması buğday tane zararını önemli ölçüde azaltmıştır (Çizelge 4. 19). Tüm çiftleşmeler (ÖE x GD, ÖD x GE ve ÖE x ÖD), UY'ler ve ana bileşenlerin böceklerin tahıl zararını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur (ANOVA: F (3, 12) = 95.993 - 208.243; P < 0.01 - 0.000).

Çizelge 4.19. Uçucu yağlara ve anabileşenlerine ön-maruz bırakmadan sonra *S. oryzae* tarafından meydana getirilen buğday tane ağırlık kaybı ve zarar görmüş tane sayısı

Uçucu yağ/anabileşen ve çiftleşme kombinasyonu	Parametreler (ortalama \pm SH'de P = 0.05)	
	Ağırlık kaybı	Zarar görmüş tane sayısı
Ökalyptus	P=0.000	P=0.000
GE x GD	11.00 \pm 1.1b**	71.35 \pm 3.5b**
ÖE x GD	3.73 \pm 0.5a	7.48 \pm 4.3a
ÖD x GE	4.39 \pm 0.6a	7.98 \pm 2.1a
ÖE x ÖD	2.24 \pm 0.4a	5.85 \pm 1.6a
1,8-Cineole	P=0.025	P=0.000
GE x GD	11.00 \pm 1.1b*	71.35 \pm 3.5b**
ÖE x GD	5.48 \pm 1.6a	10.53 \pm 2.9a
ÖD x GE	5.25 \pm 1.2a	4.3 \pm 2.3a
ÖE x ÖD	4.75 \pm 0.7a	3.5 \pm 0.9a
Nane	P=0.036	P=0.000
GE x GD	11.00 \pm 1.1b*	71.35 \pm 3.5b**
ÖE x GD	5.5 \pm 1.6b	5.28 \pm 2.0a
ÖD x GE	6.08 \pm 1.7ab	5.83 \pm 2.1a
ÖE x ÖD	3.38 \pm 1.1a	6.30 \pm 3.6a
L-menthol	P=0.000	P=0.000
GE x GD	11.00 \pm 1.1b**	71.35 \pm 3.5b**
ÖE x GD	5.94 \pm 1.2ab	8.25 \pm 1.5a
ÖD x GE	5.24 \pm 0.3a	8.30 \pm 3.3a
ÖE x ÖD	2.25 \pm 0.6a	1.78 \pm 0.6a
Pimpinella	P=0.000	P=0.000
GE x GD	11.00 \pm 1.1b**	71.35 \pm 3.5b**
ÖE x GD	1.38 \pm 0.5a	0.93 \pm 0.3a
ÖD x GE	2.00 \pm 0.5a	1.95 \pm 0.9a
ÖE x ÖD	2.13 \pm 0.6a	3.65 \pm 2.1a
Trans-anethole	P=0.000	P=0.000
GE x GD	11.00 \pm 1.1c**	71.35 \pm 3.5b**
ÖE x GD	6.75 \pm 0.3b	7.48 \pm 3.5a
ÖD x GE	3.25 \pm 0.5a	8.28 \pm 1.7a
ÖE x ÖD	4.25.0 \pm 0.5a	2.4 \pm 1.0a

ÖD: Ön maruz bırakılmış dişi ÖE: Ön maruz bırakılmış erkek

GD: Ön maruz bırakılmamış dişi GE: Ön maruz bırakılmamış erkek

***Aynı sütunda, aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemsizdir.

Buğdayda tane zararının uçucu yağlara veya anabileşenlere bağlı olduğu, fakat çiftleşme kombinasyonu tipine bağlı olmadığı görülmüştür. Her uçucu yağ veya anabileşeni için, kombinasyonlar aynı seviyede tahıl tane zararı göstermiştir. L-menthol, *trans-anethole*, 1,8-cineole, anason, ökalyptus ve nane ile ön-maruz bırakılan *S. oryzae* erginlerinin ÖE x ÖD çiftleşme kombinasyonu sırasıyla %1.78, %2.4, %3.5, %3.65, %5.85 ve %6.30 tane zararı göstermiştir. Anason uçucu yağına ön-maruz bırakmadan sonra ÖD x GE çiftleşme kombinasyonunda, %1.95 ile en düşük tane zararı görülürken, GD x GE çiftleşmesinde %71.35 tane zararı görülmüştür.

4.4.3.4. Ağırlık kaybı

Ağırlık kaybı, *S. oryzae*'nin *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağları ile anabileşenleri (sırasıyla 1,8-cineole, L-menthol ve *trans-anethole*) ile ön-maruz bırakıldıktan sonra önemli ölçüde etkilenmiştir (ANOVA: $F(3, 12) = 3.993 - 31.305$; $P < 0.05-0.000$) (Çizelge 4.19).

Birkaç istisna dışında, farklı çiftleşme kombinasyonlarında (ÖE x GD, ÖD x GE ve ÖE x ÖD) ağırlık kaybı farklı düzeylerde olmuştur. Anason uçucu yağına ön-maruz kalan böceklerin ÖE x GD ve ÖD x GE çiftleşme kombinasyonlarında, buğday tane ağırlık kaybı sırasıyla %1.38 ve %2.00 olmuştur. Hem ön-maruz kalan erkeklerin hem de dişilerin çiftleşmesinde (ÖE x ÖD), anason, ökaliptus, L-menthol, nane, *trans*-anethole ve 1,8-cineole için sırasıyla %2.13, %2.24, %2.25, %3.38 ve %4.25 tane ağırlık kaybı görülmüştür. Hiçbir uçucu yağ ve anabileşen, ön-maruz bırakılmış böceklerin farklı kombinasyonlardaki çiftleşmesinde tam bir koruma (% 0.0 tane ağırlık kaybı) sağlamamıştır. Tane ağırlık kaybının azaltılması, uçucu yağlar ve anabileşenleri ile çiftleşme kombinasyonu tipine bağlı olduğu görülmüştür. Kontrol uygulamasındaki buğdayın tane ağırlık kaybı %11.0 olarak belirlenmiştir.

4.4.3.5. Korelasyon analizi

Çizelge 4.20'ün sonuçları, tüm uçucu yağların ve anabileşenlerinin pozitif korelasyonlar ($R > 0$) gösterdiğini işaret etmektedir.

Çizelge 4.20. *Sitophilus oryzae*'ye karşı maruziyet öncesi testte değişkenler arasında basit korelasyon katsayıları (R)

Ökaliptus				1,8-Cineole			
	E	Z	K		E	Z	K
E	1			E	1		
Z	0.99	1		Z	0.99	1	
K	0.97	0.97	1	K	0.99	0.99	1
Nane				L-menthol			
	E	Z	K		E	Z	K
E	1			E	1		
Z	0.99	1		Z	0.99	1	
K	0.95	0.92	1	K	0.99	0.99	1
Anason				<i>Trans</i> -anethole			
	E	Z	K		E	Z	K
E	1			E	1		
Z	0.99	1		Z	0.99	1	
K	0.99	0.99	1	K	0.9	0.9	1

E= Ortaya çıkan ergin sayısı, Z= Buğday tane zararı, K= Ağırlık kaybı

Test edilen uçucu yağlar ve anabileşenleri bir dereceye kadar farklı korelasyon dereceleri ortaya koymuştur. Korelasyon katsayıları, kullanılan her bir yağla ilgili olarak farklılık göstermiştir. Böcek popülasyonu istila seviyesiyle orantılı olarak artmıştır. Zarar görmüş tanelerin sayısı tane ağırlık kaybı yüzdesi ile yüksek pozitif korelasyon göstermiştir. Böylece, tahıl zararı kilo kaybına neden olmuştur, çünkü böcek yemleri ürün miktarını ve kalitesini otomatik olarak azaltmıştır. Korelasyon katsayıları, depolanmış ürün zararlılarının kontrolünde odaklanacak ana parametrelerin bir göstergesi olmuştur.

5. TARTIŞMA

Bu çalışma, *E. camadulensis*, *P. anisum* ve *M. piperita* uçucu yağları ve onların anabileşenleri olan sırasıyla 1,8-cineole, L-menthol ve *trans*-anethole'ün deponlanmış ürün zararlısı iki böcek türü *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı kaçırıcı (repellent), döl üretimini engelleme (yumurta verimi ve yeni ergin çıkışı inhibisyonu) ile ürün tane zararı ve tane ağırlık kaybını engellemedeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular önceki çalışmalardaki bulgularla karşılaştırılmıştır.

5.1. *Eucalyptus camadulensis*, *P. anisum* ve *M. piperita*'nın Kimyasal Bileşimi

Uçucu yağların biyolojik aktiviteleri, yağın içindeki bileşenler tarafından belirlendiğinden, önce uçucu yağın kimyasal bileşiminin bulunması amaçlanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, *E. camadulensis*, *P. anisum* ve *M. piperita* uçucu yağ veriminin bitki türü ve özelliğine bağlı olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada kullanılan *E. camaldulensis* bitki materyallerinin yağ verimi (%0.4) önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyuşmamıştır. Özel vd. (2008), Adrasan, Kuyucak, Çeşme ve Belek'ten getirilen *E. camaldulensis* örneklerinin yağ veriminin sırasıyla %1.18, %1.05, %0.93 ve %0.89 olduğunu bulmuştur. Doğan vd. (2017) ise, yaptığı çalışmalarda kullanılan *E. camaldulensis* meyve örneklerinin yağ veriminin %1.0 (v/ w) olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, yağın en büyük ana bileşeni olan 1,8-cineole ilişkin sonuçların ise daha önceki çalışmalarla uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca kimyasal bileşim yüzdesinin, üzerinde çalışılan literatüre göre daha düşük veya daha yüksek çıkabildiği belirlenmiştir. Mısır'da yapılan çalışmalarda ise El-Ghorab vd. (2002) *E. camaldulensis* meyvelerinde 1,8-cineole'ün %0.86'sını bulunmuştur. Yunanistan'da, Tsiri vd. (2003), anabileşeni 1,8-cineole (%25.3-%44.2) olan yaprak uçucuyağının bileşiminin bir yıl boyunca niteliksel ve niceliksel olarak değiştiğini göstermişlerdir. Ashraf vd. (2010), arazide hem tuzlu hem de tuzlu olmayan topraklarda yetişebilen *E. camaldulensis* 'ten elde edilen uçucu yağdaki 1,8-cineole anabileşeninin yüzdesinin sırasıyla %34.42 ve %40.05 olduğunu saptamıştır. Türkiye'de Doğan vd. (2017), 1.8-cineole'ün kurutulmuş meyvelerden ekstrakte edilen *E. camaldulensis* uçucu yağının en önemli anabileşeni olduğunu ve yağda %34.5'lik bir orana sahip olduğunu bildirmiştir. Khoshraftar (2019) tarafından yapılan bir çalışmada ise, *E. camaldulensis* uçucu yağının anabileşeninin %70.94 miktarında 1,8-cineole olduğunu ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada kullanılan *M. piperita* bitki materyallerinde ise, yağ veriminin %4.4 olduğu ve bu oranın önceki çalışmalara kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Topalov ve Zhelyazkov (1991) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda ortalama %1'lik bir yağ verimine ulaşılmıştır. Valmorbida (2007) ise ortalama yağ veriminin %1.27 olduğunu bildirmiştir. Bu çalışma ile, anabileşenlerin %64.40 oranında L-menthol ile baskın olduğu anlaşılabilir L-menthol miktarının, önceki çalışmalarda bulunan miktarlardan daha yüksek olduğu ortaya konmuştur. Iscan vd. (2002), Sırbistan'da analiz edilen *M. piperita* uçucu yağının anabileşeninin, en fazla %37.4 oranında L-menthol içerdiğini belirtmiştir. Yazdani vd. (2003) ise İran'daki Sari ilinden *M. piperita* uçucu yağında en yüksek L-menthol içeriğinin %56.4 olduğunu bildirmiştir. Avustralya'da yapılan bir çalışmada McKay ve Blumberg (2006) L-menthol anabileşenini %33-60 oranlarında saptamıştır. Türkiye'de, Kızıl vd. (2010) L-menthol'ün %38.06 ile *M. piperita* uçucu yağının en önemli anabileşeni olduğunu belirlemiştir. Yang vd. (2010c) Kore'de

yetişen *M. piperita* yapraklarının %33.4 oranda L-menthol'e sahip olduğunu göstermiştir. Moradi ve Necefian (2015) L-menthol'ü *M. piperita* bitkisinin en üst kısımlarında %23.98 oranında elde etmiştir. Khani vd. (2017) ise L-menthol'ü %43.95 oran ile *M. piperita* yağının anabileşeni olarak belirlemiştir. Taherpour vd. (2017), L-menthol (%45.34) ve menthone'u (%16.04) *M. piperita* uçucu yağının en önemli iki anabileşenleri olarak bildirmiştir. Daha sonraki çalışmalarda ise, Beigi vd. (2018) L-menthol'ün *M. piperita* uçucu yağının en büyük anabileşeni olduğunu bildirerek bitkisel materyalin hasat süresine göre yağdaki miktarının %35.01 ile %47.50 arasında değiştiğini saptamıştır.

Mevcut çalışmada kullanılan bir başka bitki materyali olan *P. anisum*'un yağ verimi %0.6 (v / w) olmuştur. Anabileşenin, tüm yağın %89.85'ini temsil eden *trans*-anethole olduğu bulunmuştur. Sonuçlar diğer araştırmacıların sonuçlarıyla doğrulanmıştır. Orav vd. (2008), Avrupa'nın farklı coğrafi bölgelerinden elde edilen *P. anisum* kuru tohumlarından elde edilen uçucu yağın anabileşeninin, %76.92 - %93.70 arasında değişen *trans*-anethole olduğunu bildirmiştir. Acimović vd. (2015) ve Gende vd. (2009) *P. anisum* yağlarının *trans*-anethole bakımından sırasıyla %87.85 ve %96.8 gibi yüksek oranlara sahip olduğunu saptamıştır. Bu çalışmanın Türkiye, Bangladeş ve Umman'da yapılan önceki çalışmalarla tutarlı olduğu anlaşılmıştır (Alma vd. 2007; Bhuiyan vd. 2010; Hossain vd. 2012). Anason uçucu yağındaki *trans*-anethole konsantrasyon düzeyinin de önceki çalışmalarla benzerlik gösterdiği kaydedilmiştir (Gende vd. 2009; Ullah vd. 2013; Albulushi vd. 2014; Hasimi vd. 2014; Ullah vd. 2014; Acimović vd. 2015; Sahar vd. 2016). Gerogiannaki ve Masouras (2015), *trans*-anethole ve *cis*-anethole'un mevcut çalışmada olduğu gibi anason tohumlarından elde edilen uçucu yağın anabileşenleri olduğu bildirmiştir. Sonuçlarımızın aksine, Askari ve Sefidkon (2005) germacrene D'nin (%34.7) *P. anisum* uçucu yağının anabileşeni olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca Naher vd. (2012), *cis*-anethole'u *P. anisum* uçucu yağında %69.404 oranında bulunan bir anabileşen olarak saptamıştır.

Bitkilerden ekstrakte edilen uçucu yağların kimyasal bileşiminde farklılıkların olduğu bilinmektedir. Ayrıca edafik iklim koşullarının ve bitki genetiğinin uçucu yağlardaki anabileşenlerin içeriği ve miktarı üzerinde büyük bir etkiye sahip olabileceği varsayılmaktadır. Benzer şekilde Erler (2005) ve Acimović vd. (2015), uçucu yağların anabileşenlerinin mevsim, yer, bitki çeşitliliği, bitki kısmı, damıtma yöntemleri gibi faktörlere bağlı olarak kimyasal bileşiminde değişim görüldüğünü belirtmişlerdir. Bu koşullardan bazılarının, bitkinin metabolizmasını ve farklı biyotik bileşenlerini doğrudan etkileyebileceği anlaşılmıştır (Brooker ve Kleinig 2006; Chéraif vd. 2007).

Eucalyptus camaldulensis, *M. piperita* ve *P. anisum* bitkilerinden elde edilen uçucu yağlar kimyasal bileşim bakımından zengindir. Anabileşenleri, zararlı böceklere karşı farklı biyoaktivitelere (kaçırıcılık, böcek öldürücülük ve döl üretim inhibisyonu, vb.) sahip olabilmektedir. *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağları biyoaktif bileşenlerin varlığı, depolanmış ürünlerin zararlı böceklere karşı korunması, ekonomik, ekolojik ve çevresel olarak uygun insektisitlerin geliştirilmesi bakımından umut vericidir.

5.2. Kaçırıcı Etkinlik

Bitki türlerinden elde edilen uçucu yağların ve anabileşenlerin kaçırıcı özellikleri önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Nerio vd. 2010). Campolo vd. (2018), son 15 yıl

içinde yapılan çalışmaların kaçırıcı faaliyetlerine ilişkin literatürü özetlemiştir. Kaçırıcılık ile ilgili çalışmaların çoğu, beslenme caydırıcılığı ve yumurtlama caydırıcılığı açısından gerçekleştirilmiştir. Ancak, uçucu yağların Y-tüp ve rüzgar tüneline *Coleoptera* takımına bağlı depolanmış ürün zararlılarına karşı kaçırıcı özelliğini değerlendirmek için yeterli düzeyde çalışma yapılmamıştır (Wang vd. 2016). Bu çalışmada, farklı uçucu yağların ve anabileşenlerinin *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı kaçırıcılık aktivitelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Söz konusu aktivitede, uçucu yağlar ve anabileşenlerinin değişken özellikler gösterdiği bulunmuştur. Bitkilerin böceklerdeki kaçırıcı etkisinin uygulanan doz ile doğru orantılı olarak değiştiği saptanmıştır. Y-tüpl olfaktometrede elde edilen sonuçlar çoğunlukla kontakt veya anlık testlerle desteklenmektedir.

Tapondjou vd (2005) göre, *Eucalyptus saligna* Sm. (Myrtaceae) ve *Cupressus sempervirens* L. (Cupressaceae)'ten elde edilen uçucu yağların iki depolanmış ürün zararlısı böcek türü olan *S. zeamais* ve *T. castaneum* üzerindeki kaçırıcı ve toksik etkileri araştırılmıştır. Ogendo (2008), *S. oryzae*, *T. castaneum*, *C. chinensis* ve *R. dominica*'ya karşı *Lantana camara* L. (Verbenaceae), *Ocimum americanum* L. (Lamiaceae) ve *Tephrosia vogelii* Hook (Fabaceae)'nin kaçırıcı etkinliğini bildirmiştir. Aktivite, tür içi, bitki içi varyasyonlar, konsantrasyon ve böcek türlerine bağlı olarak belirlenmiştir. *T. vogelii* ve *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae)'nin öğütülmüş tozları, ergin *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae)'a karşı %88 - %90 arasında değişen oranlarda kaçırıcı etkiye sahipken, *L. camara*'nın kaçırıcılığının %73 olduğu görülmüştür (Chebet vd. 2013).

1, 8-cineole, terpineol ve α -pinene gibi bitki uçucu yağlarının anabileşenlerinin oldukça kaçırıcı etkileri diğer araştırmacılar tarafından da gösterilmiştir (Tapondjou vd. 2005; Toloza vd. 2006; Gusmão vd. 2013). Toloza vd. göre (2006), *E. cinerea*, *E. viminalis* ve *E. saligna* (Myrtaceae)'dan elde edilen uçucu yağın, permetrine dirençli insan baş bitlerine karşı güçlü kaçırıcı aktivite gösterdiği saptanmıştır. Kaçırıcı etki α -pinen, 1,8-cineole, citronellol, eugenol ve kafur bileşenleriyle ilişkili olup, benzer şekilde, *E. citriodora* (Myrtaceae) ve *Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor. (Poaceae) yağlarının *C. maculatus* erginlerine karşı kaçırıcı özellikte olduğu belirlenmiştir. Buradaki kaçırıcı özellik, citronellal, 1, 8-cineole, limonen, geranial, neral, (E)-anethole ve α -pinen gibi bileşiklerle ilişkilendirilmiştir (Gusmão vd. 2013). Uçucu yağlar, anabileşenlere kıyasla *A. obtectus* ve *S. oryzae*'nin kaçırıcılık aktivitesi açısından en yüksek etkinliği ortaya koymuştur. Bu sonuç, *A. obtectus* ve *S. oryzae*'nin seçilen uçucu yağlara karşı yüksek duyarlılık göstermesinden kaynaklanabileceğini düşündürmüştür. Uçucu yağların depolanmış ürün zararlılarına karşı etkisinin, sadece anabileşenlerin özelliğine değil, aynı zamanda organik madde (diğer ikincil metabolitler) karışımına bağlı olarak da değişebileceğinin üzerinde durulmuştur.

Lee vd. (2003), kaçırıcı aktivitenin değişkenliğinin, monotерpenler ve seskiterpenler gibi uçucu bileşenlerle ilişkin olduğunu ortaya koymuştur. Bunlar, koku alma reseptörlerine etki ederek fitofag böceklerde kaçırıcı etki oluşturan bileşenler olarak bilinmektedir. Wang vd. (2016), Daha düşük oranlardaki bileşiklerin bile yağların aktivitelerinde yer alabileceğini ve sinerjistik bir etkiye sahip olabileceğini bildirmiştir. Kullanılan uçucu yağlarda bulunan terpenlerin kaçırıcı özellikte olabileceği üzerinde durulmuştur.

Deneyimiz ayrıca bitki ekstraktlarının konsantrasyonunun artmasıyla kaçırıcılığa neden olma potansiyelini de desteklemektedir. Bu durumun, KD'leri (Kaçırıcı Doz) %50 oranında karşılaştırdığımızda, *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı elde edilen sonuçlarda oldukça açık bir şekilde görüldüğü saptanmıştır. En düşük dozlarda bile, uçucu yağlar ve bileşenler böceklerde kaçırıcı etkiye sahip olabilmektedir. Karahoodi vd. (2009) en düşük 2 µl/l dozda *Anethum graveolens* L. (Apiaceae) ve *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae) uçucu yağlarının Kuru meyvegivesi *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)'ya karşı %100 kaçırıcı etki sağlayabildiğini gözlemlemiştir. Aynı doz *Lauris nobilis* L. (Lauraceae) uçucu yağı, Un güvesi *Ephestia kuehniella* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae)'ya karşı uygulandığında %84.2 orandına kaçırıcı etki gösterdiği görülmüştür. Bu çalışmada, birçok araştırma sonucunun uçucu yağların beslenme engelleyici bileşikler olarak kaçırıcı bir mekanizmaya sahip olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada, önceki çalışmalardan farklı olarak, uçucu yağlar tohumlarla karıştırılarak uygulanması yerine sadece Y-tüp ile uygulanmıştır. Böylelikle, uçucu yağların veya anabileşenin kaçırıcı özelliğinin genellikle doğrudan gıdalara uygulanmamasıyla tüketicilerin gıda ürünlerinin kalitesi ve güvenliği ile ilgili endişeleri de giderilmiş olacaktır. Y-tüp olfaktometre kullanımıyla da bu sorun ortadan kaldırılabilecektir.

Bazı bitki uçucu yağlarının ve anabileşenlerinin *A. obtectus* ve *S. oryzae*'deki kaçırıcı etkilerine karşı ikili ve üçlü kombinasyon tepkileri de değerlendirilmiştir. Uçucu yağların kaçırıcı etkilerinin yükseltilebilmesi için birçok yöntem ortaya konmuştur. Bir kaçırıcının etkinliğini arttırmak için en çok başvurulan genel yöntem, sinerjistik bir etkiye yol açarak farklı bitkilerden birkaç uçucu yağın birleştirilmesine dayanmaktadır (Noosidum vd. 2014; Tak vd. 2016). Buna ek olarak; çeşitli bileşenlerin sinerjistik kullanımının, tek izole bileşenlerle elde edilenden daha yüksek bir kaçırıcı aktivite sağladığı bildirilmiştir. Örneğin, farklı uçucu yağlarda bulunan seskiterpenler ve monoterpenerin karışımının, tek tek bileşenlerin toplamının etkisiyle karşılaştırılması sonucunda kaçırıcı aktiviteyi etkili bir şekilde arttırdığı bulunmuştur (Mulyaningsih vd. 2010). Sonuçlarımıza benzer şekilde, daha önceki yayınlarda aromatik bileşikler arasındaki sinerjistik etkiler gözlemlenmiş ve tartışılmıştır (Pandey vd. 2018).

Bu çalışmada kaçırıcılığın, bileşiklerin birlikte kullanımından ziyade doz miktarına bağlı olduğu anlaşılmıştır. İkili ve üçlü kombinasyonlar, *A. obtectus* ve *S. oryzae*'deki kaçırıcılık açısından önemli bir şey sağlamamıştır. Bett (2016) ise, *Cupressus lusitanica* Mill. (Cupressaceae)'den ve *E. saligna*'den elde edilen uçucu yağların *A. obtectus*, *S. zeamais* ve *S. cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae)'daki kaçırıcılık üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını belirtmiştir.

Sonuçlar, bazı durumlarda, karışımın tek ürün uygulamasından daha düşük bir kaçırıcılığa sahip olduğunu göstermiştir. Cheng vd. (2009c), *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D.Don (Cupressaceae)'dan elde edilen uçucu yağların *Ae. aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) larvalarına karşı tek tek uygulanmasının, anabileşenleri olan 16-kauren ve elemol ile kombinasyon halinde uygulanmasından daha etkili olduğunu bulmuştur. Küçük bileşenler olarak 3-karen, terpinolen ve p-terpinen, sivrisinek larvalarına karşı larvisidal etkinlik aktivitesi sergilemiştir. Rehman vd. (2014) ve Tabanca vd. (2018), sivrisineklere karşı tek bileşik uygulamasının, sentetik saf bileşiklerin karışım halinde uygulanmasından daha üstün kaçırıcı etki gösterdiğini bildirmiştir. Uçucu yağların anabileşenleri ile formüle edilen sentetik esasın, karşılık gelen uçucu yağlara göre çok daha az bir kaçırıcı etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada, uçucu yağların ikili veya üçlü kombinasyonlarının ve/veya onların anabileşenlerinin tümünün, tek ürün uygulamasında elde edilen KD_{50} ile karşılaştırıldığında nispeten düşük bir KD_{50} 'ye sahip olduğu görülmüştür. Peach vd. (2019), seçilmiş uçucu yağ kombinasyonlarının, tropikal sarı humma sivrisineği *Ae. aegypti*'ye karşı sinerjistik etkileşimler yoluyla seçilen soliter uçucu yağların kaçırcı etkisini arttırdığını bildirmiştir. Bu sinerjizmin en çok, her bir uçucu yağın (sardunya: 37.604.10 mg; nane: 21.565.70 mg) KD_{50} 'sini > 1000 kat azaltan bir sardunya ve nane uçucu yağ karışımının (16.24 mg) KD_{50} 'sinde belirgin olduğu gözlemlenmiştir.

Litsea cubeba (Lour.) (Lauraceae), *Licania salicifolia* Cuatrec. (Chrysobalanaceae) ve *Melaleuca leucadendra* L. (Myrtaceae)'ten, elde edilen uçucu yağların karışımlarının *Ae. aegypti*'ye karşı çok daha güçlü bir kaçırcı etkisi olduğu belirlenmiş olup, bu etkinin yapılan her bir uçucu yağ uygulamasından daha yüksek olduğu anlaşılmıştır (Noosidum vd. 2014). Cheng vd. (2009a, b), sırasıyla *Guatteria friesiana* Erkens & Maas ve *Guatteria blepharophylla* Mart'tan (Annonaceae) elde edilen uçucu yağların anabileşenleri olan oksijenli seskiterpenleri β -eudesmol ve karyofilen oksidini test etmiştir. Doğrudan uygulanan uçucu yağın yüksek aktivite göstermesine rağmen, uçucu yağdan izole edilmiş ana komponent tek başına uygulandığında etkisinin azaldığı sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma, üçlü kombinasyonun ikili kombinasyona kıyasla daha yüksek KD_{50} 'ye sahip olduğunu göstermiştir. Ancak üçlü kombinasyondaki komponentlerin tek tek uygulanmasıyla elde edilen etki, komponentlerin miktarındaki azalmadan dolayı, ikili kombinasyona göre düşük olmuştur. Bu uçucu yağların, laboratuvarda yetiştirilen böceklerdeki KD_{50} seviyesindeki yükselmeye ve en etkili uçucu yağ bileşenlerinin seyreltilmesiyle açıklanabilir; çünkü seyreltmeyle beraber kombinasyon sayısının arttığı bilinmektedir. Peach vd. (2019) ikili uçucu yağ ile karşılaştırıldığında üçlü uçucu yağ karışımlarını sivrisineklere karşı olan kaçırcı özelliğinin daha düşük olduğu görülmüştür. *Cinnamomum verum* J. Presl. (Lauraceae), *Pelargonium graveolens* L. (Geraniaceae) ve *Rosemarinus officinalis* L.'in (Lamiaceae) üçlü karışımıyla, nispeten düşük bir KD_{50} ve sinerjistik bir değer elde edilmiştir. Bu varsayımı test etmek için üçlü karışımların, her uçucu yağ bileşeninin hacminin, ikili uçucu yağ karışımlarına karşılık gelen bileşenin hacmiyle eşleşecek şekilde hazırlanması gerekmektedir.

Bu çalışmada ikili ve üçlü kombinasyonların *A. obtectus*'a karşı kaçırcılıkta sinerjistik ve katkı şeklinde bir etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Katkı etkisinin ($KI = 1$) tüm kombinasyonların %22.85'inde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca sinerjistik etkileşim etkilerinin ($KI < 1$), tüm kombinasyonların %77.15'inde mevcut olduğu belirlenmiştir. *S. oryzae* için, tüm kombinasyonların %20'sinde katkı etkileşimi ($KI = 1$) gözlenirken, %80'inde ise sinerjistik etkileşim etkilerinin ($KI < 1$) mevcut olduğu anlaşılmıştır. Her iki böcek için de hiçbir kombinasyonun antagonistik bir etki göstermediği ortaya konmuştur.

Genellikle, ikili veya üçlü kombinasyonlarda anason uçucu yağı içeren karışımlar, birkaç istisna dışında sinerjistik etki göstermiştir. İkili veya üçlü kombinasyonlarda nane içeren karışımlar ise katkı etki göstermiştir. Aynı ürünün, katkı veya sinerjist veya antagoniste dönüşümü, kombinasyonun türüne bağlı olarak daha önceki çalışmalarda araştırılmıştır. Tisgratog vd. (2016) ve Thomas vd. (2017), uçucu yağların küçük

bileşenlerinin, kaçırganların etkinliğini düzenlemede önemli bir role sahip olduğunu öne sürmüştür.

Jayakumar (2017) tarafından yapılan çalışmalarla, karışık formülasyonların *S. oryzae*'ye karşı sinerjik, ilave ve antagonistik aktivite gösterdiği kanıtlanmıştır. Muturi vd. (2017), manuka, kekik ve karanfil tomurcuğu uçucu yağları ve anabileşenlerinin sivrisinek larvalarına karşı kombine toksisitesini, manuka ve karanfil tomurcuğu uçucu yağları arasında oluşan antagonistik etkileşimi, manuka uçucu yağı ve kekik arasında meydana gelen etkileşimlerin ise sinerjistik olarak oluştuğu sonucuna varmıştır. Araştırma sonucunda, carvacrol'un, manuka ve kekik uçucu yağları arasındaki sinerjistik etkileşime katkıda bulunurken, eugenol'un ise manuka ve karanfil uçucu yağları arasındaki antagonistik etkileşime katkıda bulunduğunu bildirilmiştir.

Pavela (2014), tütün kesicikurdu üçüncü dönem larvalarına karşı kekiğin üç aktif anabileşeninin (thymol, p-cymene ve linalool) ikili karışımlarındaki sinerjistik toksisiteyi göstermiştir. Ayrıca, sinerjistik etkilerin varlığına rağmen, antagonist etkilerin bazı bitkisel uçucu yağlar veya sentetik insektisitler dolayısıyla oluştuğunu belirtmiştir. Benelli vd. (2017)'gore, *Sarcopteryx montana* (ST Reynolds) (Sapindaceae) ve *Phyllostachys nigra* (Lodd. Ex Lindl.) (Poaceae) yağlarının ikili kombinasyonunun (1 : 1), filaryaz vektörü, *Culex quinquefasciatus* Say 1823 (Diptera: Culicidae) üzerinde antagonistik etki gösterdiği sonucuna varmıştır.

Valeriana officinalis L. (Caprifoliaceae)'in katkı etkileri göstermesine karşın *V. Officinalis latifolia* sinerjik etkileri *Liposcelis bostrychophila* (Badonnel, 1931) (Psocoptera: Liposcelididae)'ya ve *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)'a karşı göstermiştir (Feng vd. 2019). Bu konuya ilişkin araştırmacılar, iki veya daha fazla uçucu yağ arasında sinerjik kaçırganlıktan faydalanmanın, istenen kaçırgan etkilere ulaşmada, her bir tekli yağ uygulamasının yüksek dozu ile pratik olmadığı durumlarda önemli olduğunu öne sürmüşlerdir (Anantharaman vd. 2010; Gross vd. 2017; Chansang vd. 2018); yağların yerel olarak üretilmediğini ve sonuç olarak üretim ve nakliye maliyetleri için yağ karışımının gerekli olduğunu belirtmişlerdir (Regnault-Roger vd. 2012, Norris ve Coats 2017); ayrıca bunların davranışsal direncin gelişimini yavaşlatmak için de önemli olduğunu vurgulamışlardır (Pennetier vd. 2007; Kiplang'at ve Mwangi 2014; Chansang vd. 2018).

Depolanan ürünlerin korunmasında farklı uçucu yağ kombinasyonlarının ve bitki yağlarından elde edilen fitokimyasal bileşenlerin sinerjistik olarak çalıştırılarak etkinliklerinin artırılabilirliği gözlemlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, özellikle zararlı yönetimde ve diğer kalıntı ve fümigasyon testleri çalışmalarında katkı ve sinerjistik etkilerin saptanması amacıyla umut verici olabileceğini düşündürmektedir.

5.3. Bitkisel Uçucu Yağların ve Anabileşenlerinin *Acanthoscelides obtectus*'a ve *Sitophilus oryzae*'ye Karşı Kalıntı Kontakt Testleri

Uçucu yağların ve bileşenlerinin etki mekanizmalarının açıklığa kavuşturulması, zararlı kontrolü için pratik bir öneme sahiptir, çünkü bu sayede en uygun formülasyon ve dağıtım araçları hakkında yararlı bilgilere ulaşılabilir. Bitkilerdeki uçucu yağların bir çoğu, büyüme, gelişme, üreme, yönelme davranışı gibi böcek yaşam süreçleri üzerinde düzenleyici veya engelleyici etki gösterebilen bir dizi biyoaktif bileşik

içermektedir (Tsao ve Coats 1995). Pek çok sayıda bitkisel uçucu yağ ve bileşeni, farklı depolanmış tahıl zararlılarına karşı üreme engelleyici özellikleri açısından değerlendirilmiştir (Kumar vd. 2011; Ogendo vd. 2012; Regnault-Roger vd. 2012). Uçucu yağların ve monoterpoidlerin farklı depolanmış ürün zararlılarında yumurta bırakma ve döl üretimini azaltıcı özellikleri bildirilmiştir (Ogendo 2008; Alzogaray vd. 2011; Nenaah vd. 2015; Campolo vd. 2018).

Bu çalışmada, uçucu yağların doğrudan gıda maddelerine uygulanmasıyla, bitki kaynaklı bileşikler, bırakılan yumurta sayısını, bununla birlikte açılan yumurta yüzdesini azaltabilmiştir. Ayrıca, ergin böceklerin uçucu yağlar ile muamele edilmiş gıdalarla kontakt etmesi ve beslenmesi sonucu, böcek öldürücü moleküllerin, dişilerin yumurta bırakma yeteneğini de etkileyebildiği anlaşılmıştır. Toudert-Taleb vd. (2014) *Salvia* ve *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae)'nin Fasulye tohum böceğine karşı etkinliğini göstermiştir. Ayrıca ürünlerin, bruchid dişiler tarafından bırakılan yumurta sayısını güçlü bir şekilde azalttığı hatta tamamen ortadan kaldırdığı görülmüştür. Yumurtlama oranındaki azalmanın, kullanılan uçucu yağ dozundaki artışla ters orantılı olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, *trans*-anethole'ün 0.5 ila 2 µl/20 g fasulye tanesinde *A. obtectus*'taki döl sayısını önemli ölçüde azalttığı (%50 - %100), 1 ve 2 µl/20 g şeklinde uygulandığında ise fasulye tanelerindeki yumurtaların tamamen ortadan kalktığı ve sonuç olarak hiçbir dölün ortaya çıkmadığı belirlenmiştir.

Papachristos ve Stamopoulos (2002) farklı familyalardan (Umbelliferae, Rutaceae, Myrtaceae, Cupressaceae, Lauraceae, Labiatae ve Anacardiaceae) 13 bitkinin uçucu yağlarının etkinliğini göstermiştir. Bunlar kaçırcı etkileriyle *A. obtectus*'ta, yumurtlama verimini, yumurta kuluçka miktarını azaltarak, yeni çıkan larva ölümlerini arttırmış ve yavruların ortaya çıkışını olumsuz yönde etkilemiştir. Sedaghat vd. (2011) ve Nenaah vd. (2015), 1, 8-cineole, pcymentene, γ-terpinen ve α-pinen gibi uçucu yağ bileşenlerinin üreme inhibisyon etkilerini bildirmiştir. Asawalim ve Hassanali (2006) ise *Vernonia amigdalina* Del. (Bitter) (Compositae) uçucu yağının *S. zeamais* tarafından üretilen döl sayısını önemli ölçüde azalttığını bulmuştur. Ogendo (2008), *T. vogelli*, *L. camara* ve *O. americanum*'un bitki en üst kısımlarından ekstrakte edilen uçucu yağlarının, *S. oryzae*, *C. chinensis* ve *R. dominica*'da üreme engelleyici etkilere sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Izadmehri (2013) uçucu yağlarla fumigasyon sırasında, öldürücü dozlara kısa bir süre maruz kalmanın bile, yumurta bırakma ve döl üretim faaliyetlerini olumsuz etkileyebileceğini göstermiştir. Aynı araştırmacı buna ek olarak, *E. camaldulensis* ve *Heracleum persicum* Desf. ex Fisch. (Apiaceae) uçucu yağlarının *C. maculatus* dişileri üzerindeki öldürücü doz etkilerini belirlemiştir. Bunun için öldürücü doz olan (LC₂₀), 24 saat boyunca fumigasyon olarak test edilmiştir. *C. maculatus* dişileri için bırakılan toplam ve günlük yumurta sayısının her iki uçucu yağ için de önemli ölçüde azaldığını, *H. persicum* ve *E. camaldulensis* için ise sırasıyla %39.58 ve %27.58 oranlarında azaldığını ortaya koymuştur.

Uçucu yağ kalıntıları, böceklerin hareketini ve çiftleşmesini engelleyebilmektedir. Ziaee vd. (2014), çiftleşme aktivitesini sınırlandıracak uçucu yağ uygulamasından sonra bazı Coleoptera türlerinde hareket aktivitesinin bozulduğunu bildirmiştir.

Jesser vd. (2017), uçucu yağ kalıntılarının *P. interpunctella* örnekleri tarafından adsorbe edilebileceğini ve erkek ve dişi hareketlerini değiştirebileceğini, böylece çiftleşme olasılığını azaltabileceğini bildirmiştir. Regnault-Roger ve Hamraoui'ye (1995) göre, Lamiaceae bitkileri *A. obtectus*'a karşı yumurtlamayı caydırıcı olarak işlev görmektedir. Yapılan başka bir çalışmada hem LC₅₀ hem de LC₉₉ değerlerinde, *P. anisum*, *E. aromatica* ve *M. reticulata* ile ön işleme tabi tutulan tahıl üzerine bırakılan yumurtalardan erginlerin tam olarak inhibisyonu gözlenmiştir.

Her durumda, erginlerin ortaya çıkışındaki azalmanın, yumurta ölümü, larva ölümü ya da yumurta çıkışındaki azalmaya bağlı olabileceği gösterilmiştir. Torres vd. (2014) ise, günlük doğurganlıktaki ve yumurtaların yaşayabilirliğindeki azalmanın, ergin yavru sayısındaki azalmaya bağlı ana faktörler olabileceğini göstermiştir. Ayrıca, uçucu yağların insektisit aktivitesinin, erginlerin pupadan ortaya çıkmasını önleyebileceği veya larva aşamalarındaki gelişimleri tamamen bozarak daha yüksek bir etki gösterebileceği kaydedilmiştir. Yapılan kontrollerde bazı tohumlarda yüksek miktarda larva olduğu tespit edilmiştir.

Gerçekten de, uçucu yağ kalıntıları (artıkları), uçucu yağların yetiştirme ortamına uygulandığında uzun bir süre pupa veya larvalarla kontakt halinde kalabilmesiyle böcek metabolizmasını bozabilmektedir. Örneğin Yang vd. (2010a, b), *Allium sativum* L. (Amaryllidaceae) uçucu yağına maruz kaldıktan sonra *S. oryzae* ve *T. castaneum*'un döl üretimindeki azalmanın, uçucu yağların yumurta canlılığı üzerindeki toksisitesinin yanı sıra larvalardaki toksisite üzerinde etkili olabileceğini göstermiştir. Borzoui vd. (2016), ömür boyu döl üretiminin, zararlıların gelişim evrelerinin değiştirilmesi ve uzamasından da etkilenebileceğini bildirmiştir.

Yumurtlama/ergin çıkışı engelleyicilerin, tahılların kalitesi (tahıl zararı ve ağırlık kaybı) üzerinde çok önemli etkileri vardır. Niteliksel ve nicel taneler, her mücadele uygulamasının ana hedefidir. Tahıl zararının ve ağırlık kaybının önlenmesi her araştırmacının dikkatini çekmektedir. Bununla birlikte, birçok araştırmacı çalışmalarında, tahıl zararı ve ağırlık kaybı üzerindeki etkilerini dikkate almadan döl üretimini azaltmaya odaklanmıştır. Bu çalışmayla, uçucu yağların ve anabilesenlerinin, *A. obtectus* ve *S. oryzae* tarafından meydana getirilen ağırlık kaybını ve zarar gören tahıl sayısını önemli ölçüde azaltılabileceğini ortaya koymuştur. Tanelerdeki ağırlık kaybı ve zararın ürüne ve doza bağlı olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, *trans*-anethol'ün *A. obtectus*'a karşı kullanılmasıyla 1 veya 2 µl/20 g fasulye tanesindeki, tahıl zararını ve ağırlık kaybını tamamen azalttığı, ayrıca, *S. oryzae*'ye karşı da fasulye tanelerinin ağırlık kaybını ve tahıl zararını önemli ölçüde azalttığı saptanmıştır.

Mısırdaki *S. oryzae* zararı (Navarro vd. 1978 ve Ahmad vd. 1986), buğdaydaki *Trogoderma granarium* (Sana vd. 2000), *Tribolium castaneum*, *T. granarium* ve *Rhyzopertha dominica* zararı daha önceki çalışmalarda olduğu gibi benzer bulgularla araştırılmıştır (Khan ve Kulachi 2002). Kumar vd. (2009) LC₅₀ ve mutlak dozlarda menthone ve menthol'ün, öldürücü dozlara kıyasla tam bir koruma sergilediğini bildirmiştir. Pavela (2012) ve Prakash vd. (2013), uçucu yağlar ve bileşenlerine uzun süre maruz kalan erginlerin ve embriyoların, gelişim, yumurtlama, canlılık oranlarının azalabileceğini vurgulamıştır. Bu sayede, tahıl zararının azalması ve tahıllarda ağırlık kaybının önlenilebileceği sonucuna varılmıştır. Rajkumar vd. (2019), nane uçucu yağı, menthone ve L-menthol'ün beslenme engelleyici aktivitesinin, buğday tanelerini *S.*

oryzae ve *T. castaneum* istilasından korumak için büyük bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir.

Mevcut çalışmanın sonuçlarından, uçucu yağların ümit verici koruyucular olduğu ve depolanmış ürün zararlılarını kontrol etmek için sentetik insektisitlere bir alternatif olabileceği anlaşılmaktadır. Bu nedenle, bu doğal büyüme düzenleyicilerinin depolanmış ürünlerdeki zararlıların mücadele seçeneklerinin uygulanabilme olasılıkları araştırmacılar için ilgi çekici olabilmektedir. Maaliyet, üretim ve düzenleme konusundaki engeller çözümlerse, bu bitkilerden elde edilen uçucu yağların, entegre zararlı yönetimi stratejilerinin bir parçası olarak etkin bir şekilde kullanım imkanı sağlanmış olacaktır.

5.4. Uçucu Yağlar ve Anabileşenlerinin Erginlerin Ön-muamelesi Yoluyla *A. obtectus* ve *S. oryzae*'nin Ergin Üretimi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi

Bu etki, *A. obtectus* ve *S. oryzae*'nin yeni çıkan ergin dişi ve erkek bireyleri, fümigasyon yoluyla *E. camaldulensis*, *M. piperita*, *P. anisum* uçucu yağları ve onların anabileşenlerinin ortalama öldürücü dozuna (LD₅₀) maruz bırakılıp farklı çiftleşme kombinasyonlardan elde edilen sonuçlara göre değerlendirilmiştir.

Uçucu yağların uygulanması sonucu erginlerde meydana gelen ölüm oranı uçucu yağların kalıcılığı ve devam eden toksisite aktivitelerinin belirlenmesi açısından çok önemlidir. Alzogaray vd. (2011) ve Campolo vd. (2018), uçucu yağların ve bileşenlerinin ergin ve larva evreleri üzerinde öldürücü etkileri olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada, ön-muamele bırakılmış erginler böceklerin kontroldekine kıyasla ölüm oranı %20'den az olmuştur. Uçucu yağların ve anabileşenlerinin öldürme kapasitesinin düşük oluşu, kalıcılıklarının az olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Campolo vd. (2018), yüksek volatilite ve dolayısıyla düşük oranlardaki süreklilikleri nedeniyle uçucu yağ kullanımının verimli olmayacağını vurgulamıştır. Bu durumun *A. obtectus*'ün yaşam döngüsünün sona ermesiyle açıklanabileceği belirtilmiştir. *A. obtectus* erginlerinin çıktıktan sonra 10-20 gün yaşadığı bilinmektedir. Uçucu yağlar ile muamele sürecinde geçen süre göz önüne alındığında, 10 saatlik ve 5 günlük inkübasyonun mortalite oranının; test edilen ürünlerden ziyade, doğal ölümlerin bir nedeni olarak ortaya çıkabileceği kaydedilmiştir.

Tucić vd. (1996), *A. obtectus* dişilerinin ömrünün, yumurta bırakılan substratın kullanılabilirliğine ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak 11 ila 20 gün arasında değiştiğini belirtmiştir. Ökalyptus yağlarının gözlenen en yüksek toksisite etkinliğinin, 1,8-cineole, α -terpineol ve linalool, cymene, okülomol, p-limonen gibi farklı bileşenlerle ilişkili olabileceği gösterilmiştir (Su vd. 2006; Liu vd. 2008). Bu deneme sonucunda L-menthol ve mentron (nanede), *trans*- ve *cis*-anethole (anasonda) anabileşenlerinin böcek ölümleri üzerinde etkisinin yüksek olduğu anlaşılmıştır.

Eucalyptus camadulensis, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağları ve anabileşenlerinin, *A. obtectus* ve *S. oryzae*'nin yumurtlama ve döl üretimi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiğinde testlerde, sonuçlar, yeni çıkan dişi ve erkek böceklerin 10 saat boyunca her materyalin ortalama öldürücü dozuna (LD₅₀) maruz bırakılmasıyla elde edilmiştir. Seçilen uçucu yağlara ve anabileşenlerine maruz kalan *A. obtectus* ve *S. oryzae*'nin yumurtlama ve döl üretiminin, ÖD x ÖE, ÖD x GE ve GD x ÖE gibi farklı çiftleşme kombinasyonlarında, Kontrol ile karşılaştırıldığında azaldığı saptanmıştır.

Bunun dışında, ÖD x ÖE çiftleşme kombinasyonunun tüm test materyallerinde ÖD x GE ve GD x ÖE gibi diğer kombinasyon tiplerinden daha fazla etkilendiği ortaya çıkmıştır.

Önceki çalışmalarda, uçucu yağlar ve bileşenlerinin dahil olduğu farklı bitki türlerinin böceklerde yumurtlama ve döl üretimini azalttığı bildirilmiştir (Schumutterer 1990; Jaiswal ve Srivastava 1993; Shah 1994; Singh 2003). Bu durum, *Acorus calamus* L. (Acoraceae) kök-sap yağının anabileşeni olan asarone, *Dysdercus koenigii* (Fabricius) (Hemiptera: Pyrrhocoridae)'nin yumurta bırakma sayısını azaltmasıyla desteklenmektedir (Saxena vd. 1977). *A. calamus* yağı da yumurtlamayı etkileyerek *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae)'de düşük döl üretimine neden olmuştur (Tikku vd. 1978; Pajni vd. 1995). Shah (1994) tarafından *Catharanthus roseus* (L.) (Apocynaceae) kök ekstresinin *Gryllodes sigillatus* (Walker) (Orthoptera: Gryllidae)'a karşı test edildiği bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışma ile, seçilen uçucu yağların ve anabileşenlerinin ortalama öldürücü dozlarının (LD₅₀) *A. obtectus* üzerine uygulanması, hem yumurtlama hem de embriyonik gelişimde önemli bir rahatsızlık olduğu, yumurtlamadaki değişikliklerin dışsal olarak uygulanan uçucu yağlar veya anabileşenleri arasında zararlının yumurtlama davranışı üzerindeki bazı etkileşimlerden kaynaklanabileceği gösterilmiştir. Daha önceki bazı çalışmalarla, muamele edilen dişi ve muamele edilmemiş erkek bireyler (ÖD × GE) arasındaki çiftleşme kombinasyonunda azalan yumurtlama sayısının, bitki türlerinin tropositler, prefoliküler doku, foliküler epitel ve oositler gibi çeşitli dokular üzerindeki doğrudan etkisinden kaynaklandığı saptanmıştır.

Engelmann (1970) ve De Wilde ve De Loof (1973) çeşitli dişi böceklerde *Corpora allata*'nın yumurtalıklarının olgunlaşmasını ve yumurta gelişimini düzenlediğini bildirmiştir. *Corpora allata*'nın ayrıca, yumurtalıkların aktivasyonu için minimum bir gençlik hormonu konsantrasyonu gerektirmesi dışında, gençlik karakterlerini indükleyen daha yüksek bir JH (juvenil hormon) seviyesini de ortaya çıkarabildiği kaydedilmiştir. Ökalyptus, anason ve nane uçucu yağı uygulamasıyla, *A. obtectus*'un dişi erginlerine juvenil hormon eklenmesi sonucu yumurtalık olgunlaşmasını sınırlandırarak yumurtlama miktarının azaldığı görülmüştür. Benzer şekilde, Rajendran ve Gopalan (1980), *Polyscias guilfoylei* (W. Bull) (Araliaceae) uçucu yağına maruz kalan *Dysdercus cingulatus* (Fabricius) (Hemiptera: Pyrrhocoridae) 'un, muamele edilen dişilerde yumurtalık gelişimini ve yumurtlamayı olumsuz etkilediğini bildirmiştir. Bu çalışma aynı zamanda bitki uçucu yağı bileşenlerinin bir juveno-mimetik etkiye sahip olduğunu ve bu nedenle uçucu yağların oogenez ve yumurtlama üzerinde önemli etkileri olduğunu vurgulamaktadır. Bu sonuçlar, Lee vd.'larının (2018) çalışmaları ile uyumlu olduğu belirtilmektedir.

Saxena ve Mathur'dan (1976) farklı olarak, bitki türleri tarafından yumurtlama oranındaki azalmanın yumurtalık dokusu üzerindeki doğrudan etkisinden çok, düzenleyici işlevlerdeki bozukluklardan kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Muamele edilmeyen dişi ve muamele edilen erkek bireyleri (GD x ÖE) arasındaki çiftleşmede azaltılmış doğurganlığın sperm hücrelerindeki hasara bağlı olabileceği, bunun da spermatozoa konsantrasyonu sınırlanmasını beraberinde getireceği belirtilmiştir. Bu azalma aynı zamanda daha küçük boyutta veya daha az sayıda yumurtaya yol açan spermlerin kontrole kıyasla döllenenmesine bağlı olabilmesi durumuyla açıklanmıştır.

Farklı böcekler üzerine yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Bořkovec vd. 1968; Kaur vd. 1993).

Bu çalışmaların sonuçlarında, bitki uçucu yağlarının gençlik ve tüy dökücü hormon gibi jüveno-mimetik bir etkiye sahip olduğunu ve bu nedenle yumurtlamanın azalmasına neden olan oogenez üzerinde önemli etkileri olduğu vurgulanmıştır (Williams 1956; Nakanishi vd. 1966; Shah 1994). Dolayısıyla, yumurtlama sayısının bu çalışmada germ hücreleri üzerinde doğrudan bir etkiyle veya ökaliptus, nane ve anason uçucu yağları ile muamele edilen *A. obtectus*'ta olduğu gibi dolaylı bir hormonal bozulma ile azalabileceği ifade edilmektedir. Raja vd. (2001) ise, *M. piperita* uçucu yağının *C. maculatus* tarafından bırakılan yumurta sayısını önemli ölçüde azalttığını rapor etmiştir. Borzoui vd. (2016), yumurtlamanın azaldığını ve bu azalmanın, ergin ömrünün azaltılmasından ziyade, ergin dişilerin faaliyetinin azalmasına bağlı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, bu azalmanın, sadece dişi böceklerin günlük doğurganlığının azalmasıyla sınırlı kalmayıp, yaşam boyu doğurganlığın azalması sonucuna kadar ilerleyebileceği de vurgulanmıştır.

Elde edilen sonuçlarla ayrıca, seçilen uçucu yağların *A. obtectus* ve *S. oryzae*'nin döl üretimi üzerinde engelleyici bir etkisi olduğunu ortaya konmuştur. *A. obtectus*'a karşı en yüksek döl verimini engelleyici etki, %93.03 ile ökaliptus ile muamele edilen ÖD x ÖE çiftleşme kombinasyonunda görülürken, *S. oryzae*'ye karşı %99.7 ile anason uçucu yağıyla muamele edilen ÖD x GE çiftleşme kombinasyonunda meydana gelmiştir. Daha önce farklı böcekler üzerinde yapılan bazı çalışmalardan da benzer bulgular elde edilmiştir (Keita vd. 2001; Raja vd. 2001; Papachristos ve Stamopoulos 2004; Nenaah vd. 2015; Bett vd. 2016). Papachristos ve Stamopoulos (2002), 13 farklı bitki türünden elde edilen uçucu yağların doğurganlığı ve yumurta kuluçka yeteneğini azalttığını, yeni doğan larva ölüm oranını arttırdığını ve *A. obtectus* larvalarını olumsuz etkilediğini bildirmiştir. Desneux vd. 2007, uçucu yağlar ile fumigasyon sürecinde muamele edilirken, zararlı doğurganlığının, çalışmamızda olduğu gibi, öldürücü dozda olmayan uçucu yağ dozlarına uzun veya kısa süre maruz bırakılmasıyla etkilenebileceğini bildirmiştir.

Tephrosia vogelli, *L. camara* ve *O. americanum* bitkilerinin en üst kısımlarından elde edilen uçucu yağların, *S. oryzae*, *C. chinensis* ve *R. dominica*'nın döl üretiminde sırasıyla %42- %68, %35- %60 ve %28- %61 azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (Ogendo 2008). Bunun aynı zamanda, *E. camaldulensis* yağınının *C. maculatus* dişilerine düşük öldürücülüğe sahip dozla (LC₂₀) kullanılmasıyla elde edilen sonuçlarla da uyumlu olduğu belirtilmiştir (Izackmehri 2013). Campolo vd. (2018), döl sayısının azalmasının, günlük doğurganlık seviyesinin düşmesine ve muamele edilen dişiler veya erkeklerle eşleştirilmiş dişi bireylerin faaliyetlerinin azalmasından kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Erginlerin pupa çıkışının önlenmesi veya larva gelişiminin tamamen engellenmesi uçucu yağların aktivitesi ile de ilişkili olabileceği düşünülmüştür. *A. obtectus* ve *S. oryzae*'nin yumurtlama ve döl üretim inhibisyonunun, germ hücreleri üzerindeki doğrudan etkilerine veya muamele edilen ökaliptus, anason ve nane yağındaki nöro-salgı hücrelerin, dolaylı hormonal bozulmalara (gençlik hormonu ve tüy dökücü hormon) yol açmasına bağlı olabileceği sonucuna varılmıştır. Yumurtlama ve döl üretim inhibitörleri

olan uçucu yağlar ve anabileşenlerinin ağırlık kaybını ve tahıl hasarını da büyük ölçüde önlediği belirlenmiştir.

Ahmedani vd. (2011), korelasyon katsayısının değerleriyle gösterildiği gibi, döl gelişimi ve zarara uğramış tane sayısı ile ağırlık kaybı arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, tahıl zararı ve ağırlık kaybının ürünlere bağlı olduğunu göstermiştir. *S. oryzae*'nin beslenme kabiliyeti nedeniyle buğdayda tane hasarı ve ağırlık kaybının yüksek oluşu dikkat çekmiştir.

Estallé ve Riudavets (1999) erginlerin pirinç taneleri ile beslendiğini bildirmiştir. Golebiowska (1969), Shivakoti ve Manandhar (2000) *S. oryzae* larvalarının günde 0.4 mg tahıl tükettiklerini ve 11-12 mg atık ürün ürettiklerini belirtmişlerdir. Francis ve Adams (1980), *S. oryzae*'nin pirinç tohumlarında beslenmesi sonucu kümülatif olarak kaybın çok yüksek olduğunu buna bağlı olarak da tahılların gıda kalitesini düşürdüğünü belirtmiştir. Marimuthu vd. (1997), *Earias vittella* (F.) (Lepidoptera; Noctuidae)'ya karşı *M. spicata* ve *M. piperita* uçucu yağları ile muamele edilmiş kaplarda kaydedilen zarara uğrayan tohum sayısında önemli bir azalma olduğunu göstermiştir. Raja (2001), börülce *Vigna unguiculata* (L.) Walpers (Fabaceae)'ı *Callosobruchus maculatus*'a karşı korumak için bitki uçucularının etkinliğini göstermiştir.

Badawy ve Hassan (1965), Azeem vd. (1976), Irshad vd. (1988), Khanzada (2011), Rajkumar vd. (2019) mevcut bulguların desteklenmesiyle, *T. granarium*'un buğday tanelerinde neden olduğu zarar ile oluşan genel zarar arasında pozitif bir korelasyon meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Çalışmada, erişkinlerin ortaya çıkışı ile ağırlık kaybı veya tane zararı arasındaki pozitif korelasyon bu bulguları doğrulanmıştır. Yumurtlama oranlarındaki genel düşüş ve ergin çıkışındaki azalmayla fasulye ve buğday tohumları iki aya kadar zararlılardan korunabilmiştir.

Acanthoscelides obtectus ve *S. oryzae*'nin yumurtlama ve döl üretimi inhibisyonu, germ hücreleri üzerindeki doğrudan etkilere veya muamele edilen ökaliptus, anason ve nane uçucu yağındaki nöro-salgı hücreleri yoluyla dolaylı hormonal bozulmalara (gençlik hormonu ve tüy dökücü hormon) bağlı olabilmektedir. Yumurtlama ve döl üretim inhibitörleri olan uçucu yağlar ve anabileşenleri, ağırlık kaybını ve tane zararını büyük ölçüde önlemiştir. Bu çalışmayla sonuç olarak, uçucu yağların geleneksel insektisitlerden daha iyi ve uzun süreli kontrol sağlayabildiği gösterilmiştir. En etkili bitki türevlerini belirlemek için ise daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

6. SONUÇLAR

Bu çalışma, *E. camadulensis*, *P. anisum* ve *M. piperita* uçucu yağlarının ve anabilesenlerinin iki depo zararlısı böcek türü olan *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı değişik biyolojik aktivitelerini değerlendirmek için yapılmıştır. Bu amaçla; kaçırcı, döl üretimini engelleme ve tane zarar oranını engelleme kriterleri değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre; *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağlarının kimyasal bileşim bakımından zengin olduğu sonucuna varılmıştır. Üç uçucu yağın fitokimyasal analizinde, *E. camadulensis*'de 1,8-cineole (%46.74), *M. piperita* içinde L-menthol (%64.40) ve *P. anisum*'da *trans*-anethole (%89.85)'ün anabilesenler olduğu ortaya çıkmıştır. Bu fitokimyasallar tarımsal üretimde zararlılara karşı mücadelede tercih edilmektedir. Uçucu yağ anabilesenleri depolanmış ürün zararlılarına karşı farklı biyoaktivite (kaçırcı, böcek öldürücü ve döl inhibisyonu, vb.) etkilerine sahiptir. *E. camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağlarında biyoaktif bileşenlerin varlığı, depolanmış ürün zararlılarına karşı mücadelede ekonomik, ekolojik ve çevreye olumsuz etkisi olmayan doğal böcek ilaçlarının geliştirilmesi için umut vaat etmektedir.

Yapılan araştırmalar sonucunda, uçucu yağlarda bulunan bileşenlerin zararlılara karşı farklı biyolojik etkilerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, kullanılan uçucu yağların uygulanan zararlılara karşı beslenmeyi engelleyici etkisinin daha ön planda olduğunu ortaya koymuştur. Y-tüp olfaktometrede, 5 ila 80 µl/l hava aralığında test edilen uçucu yağlar ve anabilesenleri zararlılara karşı zayıf ile orta derecede kaçırcı etkiler göstermiştir. *Trans*-anethole veya ana uçucu yağı olan anason en yüksek kaçırcı etkinliği göstermiştir. Uçucu yağların Y-tüp olfaktometre ile kaçırcı etkinliğinin test edilmesinin, genellikle doğrudan gıdalara uygulanarak yapılan testlere göre üstünlükleri bulunmaktadır. Y-tüp olfaktometre kullanımıyla uçucu yağların veya anabilesenlerinin kaçırcı özelliğinin doğrudan gıdalara uygulanmamasıyla tüketicilerin gıda ürünlerinin kalitesi ve güvenliği ile ilgili endişeleri giderilmektedir.

Çeşitli bileşenlerin sinerjistik kullanımının, tek izole bileşenlerle elde edilenlerden daha yüksek bir kaçırcı aktiviteye sahip olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmada, uçucu yağların ve/veya anabilesenlerinin ikili veya üçlü kombinasyonlarının, tekli uygulamadan elde edilen RD₅₀ ile karşılaştırıldığında nispeten düşük bir RD₅₀'ye sahip olduğu görülmüştür. İki veya daha fazla uçucu yağ arasındaki sinerjistik etkiden yararlanarak, hem etkinliğin artması hemde ekonomik olması nedeniyle tercih edilmektedir. Karışabilirlik ve sinerjistik etkiler, özellikle uygun bir entegre zararlı yönetimi için daha etkili olmaktadır. Eklenebilirlik ve sinerjistik etkiler, özellikle uygun bir entegre mücadele yönetimi stratejisi uğruna diğer kalıntı veya fümigasyon testleri çalışmalarında bilimsel olarak büyüleyici olabilmektedir.

Çalışmada test edilen uçucu yağlar ve anabilesenlerinin, *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı yumurtlama ve döl üretimini engelleme etkileri zayıf ile güçlü arasında değişmiş olup, konsantrasyon ve ürüne bağlı bir etkinlik sergilemiştir. Uçucu yağlar ve anabilesenlerinin, tüm test böceklerine karşı etkili birer üreme engelleyicisi olduğu görülmüştür. Ayrıca, uygulanan konsantrasyonlarda, ürünler 60 günlük depolamadan sonra tane hasarı ve ağırlık kaybını önemli ölçüde azaltabilmiştir. Bu nedenle elde edilen bulgular, uçucu yağlar ve anabilesenlerinin *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı yeterli insektisidal aktivite gösterdiklerini ortaya koymuştur.

Ergin böceklerin uçucu yağlara ve anabileşenlerine önceden maruz bırakılması, böceklerin yumurtlama ve ergin çıkışının azalmasına neden olabileceğini göstermiştir. Sonuçlar, depo böceklerinin yumurta bırakma ve döl üretiminin, uçucu yağlar ve anabileşenlerinin germ hücreleri üzerinde doğrudan bir etki veya dolaylı olarak hormonların bozulması suretiyle etkili olduğunu işaret etmiştir. Bu, ökaliptus, nane ve anason uçucu yağlarının *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı etkinliğinin, juvenil ve deri değiştirme hormonlarının bozulmasıyla gözlemlenebilir.

Genel olarak, kalıntı testleri sırasında değerlendirilen parametrelerin korelasyon analizi ve bazı uçucu yağlara ve anabileşenlerine ön-maruz bırakma, erginlerin ortaya çıkışı, tane zararı ve ağırlık kaybı arasında pozitif bir korelasyon göstermiştir. Döl üretiminin azaltılması, tane zararı yüzdesi üzerinde doğrudan pozitif etkiye sahiptir.

Bu çalışma sonucunda, uçucu yağların depolanmış ürün zararlıları *A. obtectus* ve *S. oryzae* populasyonlarını kontrol etmek amacıyla kullanılabilmesi ortaya çıkmıştır. Test edilen ürünler küçük bir çiftçi düzeyinde potansiyel uygulamalara aktarılabilir. Bununla birlikte, bu uygulama sistemi uçucu yağların uçucu yapısı nedeniyle büyük depolama tesislerinde aynı sonuçları vermeyebilir. Aslında, bu bileşiklerin zayıf fizikokimyasal stabilite, yüksek uçuculukları ve termal ayrışmaları nedeniyle hızlı biyodegradasyonu, aktif bileşenlerinin etkisini optimize etmek için nano-teknolojik formülasyonlar gibi bazı kontrollü salım sistemi gerektirecektir. Mevcut çalışmanın sonuçlarından, uçucu yağların depolanan ürünlerin coleopter zararlılarını kontrol etmek için sentetik insektisitlere alternatifler olabileceği anlaşılmaktadır. Bu nedenle, bu doğal büyüme düzenleyicilerinin depolanmış ürünlerdeki böcek zararlıları için mevcut olan mücadele seçeneklerine uygulanabilme olasılıkları, daha fazla araştırma yapmayı gerektirmektedir. Uygun maliyetli üretim ve yönetmeliklerdeki engellemeler çözülürse, bitkilerden elde edilen uçucu yağlar ve bileşenlerinin entegre zararlı yönetimi stratejilerinin bir parçası olarak etkin bir şekilde kullanılabilmesinin önü açılmış olacaktır.

ÖNERİLER

Çalışma kapsamında elde edilen verilere göre;

Çalışmadan öneriler:

1. *Eucalyptus camaldulensis*, *M. piperita*, *P. anisum*'dan elde edilen uçucu yağ ve ana bileşenleri *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı kaçırgan ve toksik biyoaktivitelere sahiptir ve bu etkisi sayesinde çiftçiler tarafından hasat sonrası zararlıyı kontrol etmek için kullanılabilirler.

2. *Eucalyptus camaldulensis*, *M. piperita*, *P. anisum*'dan elde edilen uçucu yağ ve ana bileşenleri *A. obtectus* ve *S. oryzae*'ye karşı doğurganlık ve döl üretimi inhibisyon özelliklerine sahiptir, bu nedenle çiftçiler enfekte olmayan tahıllarda böceklerin istilasından korumak için kullanabilirler.

3. Sonuçlar, bu bitkilerin uçucu yağlarının ve ana bileşenlerinin bazı çiftçiler tarafından tahıl koruma uygulamalarına dahil edilmesine yönelik olası bilimsel bir mantığı göstermektedir.

İleri çalışmalar için öneriler:

1. *Eucalyptus camaldulensis*, *M. piperita* ve *P. anisum* uçucu yağlarının kimyasal bileşimindeki maddeler dikkate alınarak depolanmış ürün zararlılarına karşı uygulanması ve zararlılar üzerinde farklı biyoaktivitelerinin araştırılması.

2. En aktif bitki türevlerini belirlemek için depolanmış ürün zararlılarına karşı daha fazla uçucu yağın değerlendirilmesi.

3. Böceklerin populasyon gelişimlerinin engellenmesi için uçucu yağ ve ana bileşenlerinin oranına bakılarak daha fazla kombinasyon testi (ikili, üçlü vb.) uygulanması,

4. Test edilen ana bileşenlerin seyreltilerek ikili ve üçlü kombinasyonların en etkili hacminin belirlenmesi.

5. Farklı bitki parçalarının biyolojik analizini yaparak etkinliğinin değerlendirilmesi.

6. Mevcut tarımsal koşulları değerlendirmek, uçucu yağ üretimini ve böcek öldürücü etkinliğini en üst düzeye çıkarmak için uygun uygulama koşullarını belirlemek.

7. Test edilen LD50 seviyelerinin yumurta bırakma ve döl verimini engelleme için yapılan uygulamaların zararlı seviyesini azaltmak için yeterli olup olmadığını veya bu seviyelerin artırılmasının gerekliliğini test etmek.

8. Ön uygulamada yumurta bırakma ve döl veriminin, uygulama sonrasında da etkinliğini göstermek.

9. Uçucu yağlarla muamele edilen ürünlerdeki sosyo-ekonomik etki, kabul edilebilirlik ve kalıntıları değerlendirmek.

7. KAYNAKLAR

- Abass, A.B., Ndunguru, G., Mamiro, P., Alenkhe, B., Mlingi, N. and Bekunda, M. 2014. Post-harvest food losses in a maize-based farming system of semi-arid savannah area of Tanzania. *Journal of Stored Products Research*, 57: 49-57.
- Abbas, S.K., Farooq, A., Muhammad, S., Muhammad, Y., Saeed, A. and Wali, M. 2012. Insecticidal and growth inhibition activities of *Citrus paradisi* and *Citrus reticulata* essential oils against lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.)(Coleoptera: Bostrichidae). *World Journal of Zoology*, 7(4): 289-294.
- Abbasipour, H., Mahmoudvand, M., Rastegar, F. and Hosseinpour, M.H. 2011. Fumigant toxicity and oviposition deterrence of the essential oil from cardamom, *Elettaria cardamomum*, against three stored-product insects. *Journal of Insect Science*, 11 (1): 165.
- Abdelgaleil, S.A., Mohamed, M.I., Shawir, M.S. and Abou-Taleb, H.K. 2016. Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of essential oils of different plant species from Northern Egypt on the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. *Journal of Pest Science*, 89(1): 219-229.
- Aboua, L.R.N., Seri-Kouassi, B.P. and Koua, H.K. 2010. Insecticidal activity of essential oils from three aromatic plants on *Callosobruchus maculatus* F. In Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 39(2): 243-250.
- Abubakar, M.S., Abdurahman, E.M. and Haruna, A.K. 2000. The repellent and antifeedant properties of *Cyperus articulatus* against *Tribolium castaneum* Hbst. *Phytotherapy Research*, 14(4): 281-283.
- Aćimović, M.G., Dolijanović, Ž.K., Oljača, S.I., Kovačević, D.D. and Oljača, M.V. 2015. Effect of organic and mineral fertilizers on essential oil content in caraway, anise and coriander fruits. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 14(1): 95-103.
- Adams, R.P. 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/spectroscopy. 4th edn. Allured Publ. Corp, Carol Stream, Illinois, USA, 698 p.
- Ahmad, M., Khan, M.R., Iqbal, A. and Hassan, M. 1986. Farm level storage loss of wheat by insect pests in Samundri Tehsil. *Pakistan Entomologist*, 8(1-2): 41-44.
- Ahmedani, M.S., Haque, M.I., Afzal, S.N., Naeem, M., Hussain, T. and Naz, S. 2011. Quantitative losses and physical damage caused to wheat kernel (*Triticum aestivum* L.) by khapra beetle infestation. *Pakistan Journal of Botany*, 43(1): 659-668.
- Ajayi, O.E., Appel, A.G. and Fadamiro, H.Y. 2014. Fumigation toxicity of essential oil monoterpenes to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Journal of Insects*, Article ID 917212: 1-8.
- Akhtar, Y., Yeoung, Y.R. and Isman, M.B. 2008. Comparative bioactivity of selected extracts from Meliaceae and some commercial botanical insecticides against two noctuid caterpillars, *Trichoplusia ni* and *Pseudaletia unipuncta*. *Phytochemistry Reviews*, 7(1): 77-88.

- Albulushi, S.M.A., Saidi, H.A., Amaresh, N. and Mullaicharam, A.R. 2014. Study of physicochemical properties, antibacterial and GC-MS analysis of essential oil of the aniseed (*Pimpinella anisum* Linn.) in Oman. *Journal of Stored Products Research*, 2: 24-33.
- Alcala-Orozco, M., Caballero-Gallardo, K., Stashenko, E.E. and Olivero-Verbel, J. 2019. Repellent and fumigant actions of the essential oils from *Elettaria cardamomum* (L.) Maton, *Salvia officinalis* (L.) Linnaeus, and *Lippia origanoides* (V.) Kunth against *Tribolium castaneum* and *Ulomoides dermestoides*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(1): 18-30.
- Alma, M.H., Ertas, M., Nitz, S. and Kollmannsberger, H. 2007. Chemical composition and content of essential oil from the bud of cultivated Turkish clove (*Syzygium aromaticum* L.). *BioResources*, 2(2): 265-269.
- Alvarez, N., Hossaert-McKey, M., Rasplus, J.Y., McKey, D., Mercier, L., Soldati, L., Aebi, A., Shani, T. and Benrey, B. 2005. Sibling species of bean bruchids: a morphological and phylogenetic study of *Acanthoscelides obtectus* Say and *Acanthoscelides obvelatus* Bridwell. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 43(1): 29-37.
- Alzogaray, R.A., Lucia, A., Zerba, E.N. and Masuh, H.M. 2011. Insecticidal activity of essential oils from eleven *Eucalyptus* spp. and two hybrids: lethal and sublethal effects of their major components on *Blattella germanica*. *Journal of Economic Entomology*, 104(2): 595-600.
- Anantharaman, A., Rizvi, M.S. and Sahal, D. 2010. Synergy with rifampin and kanamycin enhances potency, kill kinetics, and selectivity of de novo-designed antimicrobial peptides. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 54(5): 1693-1699.
- Andrew, I.A. 1973. Variation in leaf morphology among provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. grown in Rhodesia. *Rhodesian Journal of Agricultural Research*, 11: 155-169.
- Andrić, G., Kljajić, P. and Pražić-Golić, M. 2013. Efficacy of spinosad and abamectin against different populations of red flour beetle (*Tribolium castaneum* Herbst) in treated wheat grain. *Pesticidi i Fitomedicina*, 28(2): 103-110.
- Anonim, 2018. Zirai Mücadele Teknik Talimatları. 2008. Cilt 1. Ankara, Turkey, 283 s.
- Anonim, 2019. İstatistiksel Tablolar ve Dinamik Sorgulama/Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler. <http://www.tuik.gov.tr>. [Son erişim tarihi: 11.02.2020].
- Anonymous 2018. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. [Access date: 24.01.2020].
- Arnould-Taylor, W.E., 1981. Aromatherapy for the Whole Person. Nelson Thornes Ltd, UK, 96 p.
- Asawalam, E.F. and Adesiyun, S.O. 2001. Potential of *Ocimum basilicum* (Linn) for the control of maize weevil *Sitophilus zeamais* (Motsch). *Nigeria Agricultural Journal*, 32(1): 195-201.

- Asawalam, E.F. and Hassanali, A. 2006. Constituents of the essential oil of *Vernonia amygdalina* as maize weevil protectants. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 6(2): 95-102.
- Ashraf, M., Ali, Q., Anwar, F. and Hussain, A.I. 2010. Composition of leaf essential oil of *Eucalyptus camaldulensis*. *Asian Journal of Chemistry*, 22(3): 1779.
- Askari, F. and Sefidkon, F. 2005. Volatile components of *Pimpinella tragiun* Vill. from Iran. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 9(2):117-120.
- Athanassiou, C.G., Rani, P.U. and Kavallieratos, N.G. 2014. The use of plant extracts for stored product protection, In: Singh, D. (Ed.), *Advances in plant biopesticides*. Springer, New Delhi, pp. 131-147.
- Aulakh, J., Regmi, A., Fulton, J.R. and Alexander, C. 2013. Estimating post-harvest food losses: Developing a consistent global estimation framework. In: *Proceedings of the Agricultural & Applied Economics Association's 2013 AAEA & CAES Joint Annual Meeting*, Washington, DC, USA, 4-6 August 2013.
- Azeem, M.I., Ahmad, M. and Haq, M. 1976. Relative susceptibility of some varieties of wheat to Khapra beetle and brown grain beetle during storage. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 13: 36-66.
- Babarinde, S.A., Adebayo, T.A., Usman, L.A., Ameen, O.M., Akinyemi, A.O., Onajole, O.T. and Adekale, O. 2016. Preservation of smoked African catfish, *Clarias gariepinus* Burchell against *Dermestes maculatus* De Geer (Coleoptera: Dermestidae) using neem seed oil-iodized salt mixtures. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 81(4): 235-240.
- Babarinde, S.A. 2017. Combination of *Piper guineense* essential oil with cowpea Varietal resistance in control of cowpea seed beetle. *Journal of Northeast Agricultural University* (English Edition), 24(3): 10-18.
- Badami, S., Sujaya R.R., Suresh, B. 2004. In Vitro antioxidant properties of Indian traditional paan and its ingredients. *Indian Journal of Traditional knowledge*, 3(2):187-191.
- Badawy, A. and Hassan, H.M. 1965. Studies on a natural infestation of Khapra beetle, *T. granarium* (Everts) in Sudan. *Bulletin of the Entomological Society of Egypt*, 48: 273-280.
- Bala, B.K., Haque, M.A., Hossain, M.A., Majumdar, S. 2010. Post harvest loss and technical efficiency of rice, wheat and maize production system: Assessment and measures for strengthening food security. Final Report CF, 6(08). Retrieved from http://fpmu.gov.bd/agridrupal/sites/default/files/CF-6_of_08_B_K_Bala.pdf. [Access date: 10.12.2019].
- Basbagci, G. and Erler, F. 2013. Evaluation of some essential oils and their major components against mushroom scatopsid flies as fumigants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22(11): 3170-3178.
- Beigi, M., Torki-Harchegani, M. and Ghasemi Pirbalouti, A. 2018. Quantity and chemical composition of essential oil of peppermint (*Mentha × piperita* L.) leaves under different drying methods. *International Journal of Food Properties*, 21(1): 267-276.

- Benelli, G., Pavela, R., Canale, A., Cianfaglione, K., Ciaschetti, G., Conti, F., Nicoletti, M., Senthil-Nathan, S., Mehlhorn, H. and Maggi, F. 2017. Acute larvicidal toxicity of five essential oils (*Pinus nigra*, *Hyssopus officinalis*, *Satureja montana*, *Aloysia citrodora* and *Pelargonium graveolens*) against the filariasis vector *Culex quinquefasciatus*: Synergistic and antagonistic effects. *Parasitology International*, 66(2): 166-171.
- Benhalima, H., Chaudhry, M.Q., Mills, K.A. and Price, N.R. 2004. Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *Journal of Stored Products Research*, 40(3): 241-249.
- Bett, P.K., Deng, A.L., Ogendo, J.O., Kariuki, S.T., Kamatenesi-Mugisha, M., Mihale, J.M. and Torto, B. 2016. Chemical composition of *Cupressus lusitanica* and *Eucalyptus saligna* leaf essential oils and bioactivity against major insect pests of stored food grains. *Industrial Crops and Products*, 82: 51-62.
- Bheemanna, M. 1986. Studies on biology of rice weevil *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Curculionidae: Coleoptera) and host resistance in sorghum. MSc (Agr) thesis, University of Agricultural Sciences, Dharwad, 155 p.
- Bhuiyan, M.N.I., Begum, J. and Akter, F. 2010. Constituents of the essential oil from leaves and buds of clove (*Syzygium caryophyllatum* (L.) Alston). *African Journal of Plant Science*, 4(11): 451-454.
- Boeke, S.J., Baumgart, I.R., Van Loon, J.J.A., Van Huis, A., Dicke, M. and Kossou, D.K. 2004. Toxicity and repellence of African plants traditionally used for the protection of stored cowpea against *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Stored Products Research*, 40(4): 423-438.
- Bořkovec, A.B., Nagasawa, S. and Shinohara, H. 1968. Sterilization of the azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis*, by metepa and hempa. *Journal of Economic Entomology*, 61(3): 695-698.
- Borzoui, E., Naseri, B., Abedi, Z. and Karimi-Pormehr, M.S. 2016. Lethal and sublethal effects of essential oils from *Artemisia khorassanica* and *Vitex pseudo-negundo* against *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental Entomology*, 45(5): 1220-1226.
- Boxall, R.A. 2001. Post-harvest losses to insects-a world overview. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 48(1-4): 137-152.
- Boxall, R. A. 2002. Damage and loss caused by the larger grain borer *Prostephanus truncatus*. *Integrated Pest Management Reviews*, 7(2): 105-121.
- Boyer, S., Zhang, H. and Lempérière, G. 2012. A review of control methods and resistance mechanisms in stored-product insects. *Bulletin of Entomological Research*, 102(2): 213-229.
- Božović, M., Navarra, A., Garzoli, S., Pepi, F. and Ragno, R. 2017. Essential oils extraction: A 24-hour steam distillation systematic methodology. *Natural product research*, 31(20): 2387-2396.
- Brooker, M.I.H. and Kleinig, D.A. 1994. Field guide to eucalypts. Northern Australia. Inkata Press Pty Ltd, Sydney, 383 p.

- Brooker, M.I.H. and Orchard, A.E. 2008. (1844) Proposal to conserve the name *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae) with a conserved type. *Taxon*, 57(3): 1002-1004.
- Brooker, M.I.H. and Kleinig, D.A. 2006. Field Guide to Eucalypts. Volume 1. South-eastern Australia. Third edition, Bloomings books, Melbourne, 356 p.
- Bruneton, J. 1999. Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants. 2nd edition, Lavoisier Tec & Doc, Paris, France, 1136 p.
- Buchbauer, G. and Bohusch, R. 2015. Biological activities of essential oils: an update. In: Hüsnü, C.B.K. and Buchbauer, G. (Eds.), Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications, Second Edition. CRC Press, Florida, United States of America, pp. 281-322.
- Butcher, P.A., Otero, A., McDonald, M.W. and Moran, G.F. 2002. Nuclear RFLP variation in *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from northern Australia. *Heredity*, 88(5): 402-412.
- Buzby, J. C., Farah-Wells, H. and Hyman, J. 2014. The estimated amount, value, and calories of postharvest food losses at the retail and consumer levels in the United States. *Economic Information Bulletin*, Number 121, 39 p.
- Campolo, O., Giunti, G., Russo, A., Palmeri, V. and Zappalà, L. 2018. Essential oils in stored product insect pest control. *Journal of Food Quality*, 6906105: 1-18.
- Çetin, H., Uysal, M., Şahbaz, A., Alaoğlu, Ö., Akgül, A. and Özcan, M.M. 2015. Tıbbi ve aromatik bitki uçucu yağlarının fasulye tohum böceği [*Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)] erginlerine fumigant etkileri. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 1(1): 6-11.
- Chahal, K.K., Arora, M., Joia, B.S. and Chhabra, B.R. 2005. Bioefficacy of turmeric oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) under laboratory conditions. In: Dilawari, V.K., Deol, G.S., Joia, B.S. and Chuneja, P.K. (Eds.), Proceedings of the 1st Congress on Insect Science: Contributed Papers, PAU Ludhiana, pp. 147-148.
- Chansang, A., Champakaew, D., Junkum, A., Jitpakdi, A., Amornlerdpison, D., Aldred, A.K., Riyong, D., Wannasan, A., Intirach, J., Muangmoon, R. and Pitasawat, B. 2018. Synergy in the adulticidal efficacy of essential oils for the improvement of permethrin toxicity against *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). *Parasites & Vectors*, 11(1): 417.
- Chaudhary, S., Kanwar, R.K., Sehgal, A., Cahill, D.M., Barrow, C.J., Sehgal, R. and Kanwar, J.R. 2017. Progress on *Azadirachta indica* based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. *Frontiers in Plant Science*, 8: 610.
- Chebet, F., Deng, A.L., Ogendero, J.O., Kamau, A.W. and Bett, P.K. 2013. Bioactivity of selected plant powders against *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored maize grains. *Plant Protection Science*, 49(1): 34-43.
- Cheng, S.S., Chang, H.T., Lin, C.Y., Chen, P.S., Huang, C.G., Chen, W.J. and Chang, S. T. 2009a. Insecticidal activities of leaf and twig essential oils from *Clausena excavata* against *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* larvae. *Pest Management Science*, 65(3): 339-343

- Cheng, S.S., Huang, C.G., Chen, Y.J., Yu, J.J., Chen, W.J. and Chang, S.T. 2009b. Chemical compositions and larvicidal activities of leaf essential oils from two eucalyptus species. *Bioresource Technology*, 100(1): 452-456.
- Cheng, S.S., Chua, M.T., Chang, E.H., Huang, C.G., Chen, W.J. and Chang, S.T. 2009c. Variations in insecticidal activity and chemical compositions of leaf essential oils from *Cryptomeria japonica* at different ages. *Bioresource Technology*, 100(1): 465-470.
- Chéraif, I., Jannet, H.B., Hammami, M., Khouja, M.L. and Mighri, Z. 2007. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Cupressus arizonica* Greene. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35(12): 813-820.
- Chevallier, A. 1996. The Encyclopedia of Medicinal Plants: A practical Reference Guide to Over 550 Key Herbs and Their Medicinal Uses. DK Publishing, London, UK, 336 p.
- Chou, T.C. and Talalay, P. 1984. Quantitative analysis of dose-effect relationships: the combined effects of multiple drugs or enzyme inhibitors. *Advances in Enzyme Regulation*, 22:27-55.
- Çolak, E.Ş., Canhilal, R. and Yüksel, E. 2018. Depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede rezidüel pestisit uygulamaları. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 1 (1): 8-18.
- Cosimi, S., Rossi, E., Cioni, P.L. and Canale, A. 2009. Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests: Evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Tenebrio molitor* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 45(2): 125-132.
- Court, W.A., Pocs, R. and Roy, R.C. 1993. Effect of harvest date on the yield and quality of the essential oil of peppermint. *Canadian Journal of Plant Science*, 73(3): 815-824.
- de Araújo, A.M.N., Faroni, L.R.D.A., de Oliveira, J.V., Navarro, D.M.D.A.F., Breda, M.O. and de França, S.M. 2017. Lethal and sublethal responses of *Sitophilus zeamais* populations to essential oils. *Journal of Pest Science*, 90(2): 589-600.
- Deletre, E., Martin, T., Campagne, P., Bourguet, D., Cadin, A., Menut, C., Bonafos, R. and Chandre, F. 2013. Repellent, irritant and toxic effects of 20 plant extracts on adults of the malaria vector *Anopheles gambiae* mosquito. *PLoS One*. 8: 1-10.
- Deng, A.L., Ogendo, J.O., Owuor, G., Bett, P.K., Omolo, E.O., Mugisha-Kamatenesi, M. and Mihale, J.M. 2009. Factors determining the use of botanical insect pest control methods by small-holder farmers in the Lake Victoria basin, Kenya. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 3(5): 108-115.
- Desneux, N., Decourtye, A. and Delpuech, J.M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52: 81-106.
- Devi, K. C. and Devi, S. S. 2013. Insecticidal and oviposition deterrent properties of some spices against coleopteran beetle, *Sitophilus oryzae*. *Journal of Food Science and Technology*, 50(3): 600-604.

- DeWilde, J. and DeLoof, A. 1973. Reproduction-endocrine control. In: Rockstein, M. (Ed.), *The Physiology of Insecta*, Volume 1. 2nd edition. Academic Press, NewYork, pp. 97-158.
- Digilio, M.C., Mancini, E., Voto, E. and De Feo, V. 2008. Insecticide activity of Mediterranean essential oils. *Journal of Plant Interactions*, 3(1): 17-23.
- Doğan, G., Akbaba, E. and Kılıç, Ö. 2017. Composition of essential oil two medicinal plants (*Eucalyptus camaldulensis* dehn. and *Vibirnum opulus* L.). I. International Congress on Medicinal and Aromatic Plants “Natural and Healthy Life” (TAPKON 2017), Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Turkey, 1050 p.
- El Asbahani, A., Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Addi, E.A., Casabianca, H., El Mousadik, A., Hartmann, D., Jilale, A., Renaud, F.N.R. and Elaissari, A. 2015. Essential oils: from extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 483(1-2): 220-243.
- El-Ghorab, A.H., Fadel, H.M. and El-Massry, K.F. 2002. The Egyptian *Eucalyptus camaldulensis* var. *brevirostris*: chemical compositions of the fruit volatile oil and antioxidant activity. *Flavour and Fragrance Journal*, 17(4): 306-312.
- Elmalı, M. ve Toros, S. 1990. Değişik fasulye çeşitlerinin denge nem oranları ve bunun Fasulye Tohum Böceği (*Acanthoscelides obtectus* Say, Col., Bruchidae)'nin gelişme ve çoğalmasına etkisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 1195: 38.
- Emekci, M. and Ferizli, A. G. 2000. Current status of stored products protection in Turkey. *IOBC-WPRS Bulletin*, 23(10): 39-46.
- Engelmann, F. 1970. *The Physiology of Insect Reproduction*. Pergamon Press, Oxford, p. 307.
- Erdemir, T. and Erler, F. 2017. Repellent, oviposition-deterrent and egg-hatching inhibitory effects of some plant essential oils against citrus mealybug, *Planococcus citri* Risso (Hemiptera: Pseudococcidae). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 124(5): 473-479.
- Erler, F. 2005. Fumigant activity of six monoterpenoids from aromatic plants in Turkey against the two stored-product pests confused flour beetle, *Tribolium confusum*, and Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 112(6): 602-611.
- Erler, F. and Çetin, H. 2009. Components from the essential oils from two *Origanum* species as larvicides against *Euproctis chrysorrhoea* (Lepidoptera: Lymantriidae). *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 26(1): 31-41.
- Erler, F. and Tunç, I. 2005. Monoterpenoids as fumigants against greenhouse pests: toxic, development and reproduction-inhibiting effects. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 112(2): 181-192.
- Erler, F., Polat, E., Demir, H., Çetin, H. and Erdemir, T. 2009. Control of the mushroom phorid fly, *Megaselia halterata* (Wood), with plant extracts. *Pest Management Science*, 65(2): 144-149.
- Erler, F., Ulug, I. and Yalcinkaya, B. 2006. Repellent activity of five essential oils against *Culex pipiens*. *Fitoterapia*, 77(7-8): 491-494.

- Estallé, E. and Riudavets, J. 1999. The rice weevil, *Sitophilus oryzae*: Data on its biology and methods of control. *Catalunya Rural i Agrària*, 56: 29-31.
- Fahn, A. 2000. Structure and Function of Secretory Cells. In: Hallahan, D.L., Gray, J.C. and Callow, J.A.(Eds.), *Advances in Botanical Research, Incorporating Advances in Plant Pathology*, Volume 31, Plant Trichomes, Academic Press, London, pp 37-66.
- Fakhari, A.R., Salehi, P., Heydari, R., Ebrahimi, S.N. and Haddad, P.R. 2005. Hydrodistillation-headspace solvent microextraction, a new method for analysis of the essential oil components of *Lavandula angustifolia* Mill. *Journal of Chromatography A*, 1098(1-2): 14-18.
- Feng, Y.X., Wang, Y., Chen, Z.Y., Guo, S.S., You, C.X. and Du, S.S. 2019. Efficacy of bornyl acetate and camphene from *Valeriana officinalis* essential oil against two storage insects. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(16): 16157-16165.
- Ferizli, A.G. and Emekci, M. 2010. Depolanmış ürün zararlılarıyla savaşım, sorunlar ve çözüm yolları. In: TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11 - 15 Ocak, Bildiriler Kitabı 2, Ankara, Türkiye, pp. 579-587.
- Fields, P. G. 2006. Effect of *Pisum sativum* fractions on the mortality and progeny production of nine stored-grain beetles. *Journal of Stored Products Research*, 42(1): 86-96.
- Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G. and Scheffer, J.J. 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 23(4): 213-226.
- Filomeno, C.A., Barbosa, L.C.A., Teixeira, R.R., Pinheiro, A.L., de Sá Farias, E., de Paula Silva, E.M. and Picanço, M.C. 2017. *Corymbia* spp. and *Eucalyptus* spp. essential oils have insecticidal activity against *Plutella xylostella*. *Industrial Crops and Products*, 109: 374-383.
- Francis, B.J. and Adams, J.M. 1980. Loss of dry matter and nutritive value in experimentally-infested wheat. *Tropical Science*, 22(1): 55-68.
- Franz, A.R., Knaak, N. and Fiuza, L.M. 2011. Toxic effects of essential plant oils in adult *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) (Coleoptera, Curculionidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(1): 116-120.
- García, M., Donadel, O.J., Ardanaz, C.E., Tonn, C.E. and Sosa, M.E. 2005. Toxic and repellent effects of *Baccharis salicifolia* essential oil on *Tribolium castaneum*. *Pest Management Science*, 61(6): 612-618.
- Gende, L.B., Maggi, M.D., Fritz, R., Eguaras, M.J., Bailac, P.N. and Ponzi, M.I. 2009. Antimicrobial activity of *Pimpinella anisum* and *Foeniculum vulgare* essential oils against *Paenibacillus larvae*. *Journal of Essential Oil Research*, 21(1): 91-93.
- Germinara, G.S., Di Stefano, M.G., De Acutis, L., Pati, S., Delfine, S., De Cristofaro, A. and Rotundo, G. 2017. Bioactivities of *Lavandula angustifolia* essential oil against the stored grain pest *Sitophilus granarius*. *Bulletin of Insectology*, 70(1): 129-138.

- Gerogiannaki, M. and Masouras, T. 2015. Composition of trans-anethol and other aromatic volatiles in Anisated alcoholic beverages by head-space GC-MS chromatography. *Journal of Environmental Science and Engineering A*, 4: 36-39.
- Gharsan, F. N. 2019. A review of the bioactivity of plant products against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Entomological Science*, 54(3): 256-274.
- Ghoneim, K. and Hamadah, K. 2017. Antifeedant activity and detrimental effect of Nimbecidine (0.03% Azadirachtin) on the nutritional performance of Egyptian cotton leafworm *Spodoptera littoralis* Bois. (Noctuidae: Lepidoptera). *Bio Bulletin*, 31(1): 39-55.
- Giatropoulos, A., Papachristos, D.P., Kimbaris, A., Koliopoulos, G., Polissiou, M.G., Emmanouel, N. and Michaelakis, A. 2012. Evaluation of bioefficacy of three Citrus essential oils against the dengue vector *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in correlation to their components enantiomeric distribution. *Parasitology Research*, 111(6): 2253-2263.
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. and Toulmin, C. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967): 812-818.
- Golebiowska, Z. 1969. The feeding and fecundity of *Sitophilus granarius* (L.), *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.) in wheat grain. *Journal of Stored Products Research*, 5(2): 143-155.
- Gonçalves, G.L.P., de Cássia Domingues, V., do Prado Ribeiro, L., Fernandes, J.B., das Graças Fernandes, M.D.F., Forim, M.R., and Vendramim, J.D. 2017. Compounds from *duguetia lanceolata* St.-Hil. (Annonaceae) bioactive against *Zabrotes subfasciatus* (boheman) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Industrial Crops and Products*, 97: 360-367.
- Gross, A.D., Norris, E.J., Kimber, M.J., Bartholomay, L.C. and Coats, J.R. 2017. Essential oils enhance the toxicity of permethrin against *Aedes aegypti* and *Anopheles gambiae*. *Medical and Veterinary Entomology*, 31(1): 55-62.
- Guo, A.L., Chen, L.M., Wang, Y.M., Liu, X.Q., Zhang, Q.W., Gao, H.M., Wang, Z.M., Xiao, W. and Wang, Z.Z. 2014. Influence of sulfur fumigation on the chemical constituents and antioxidant activity of buds of *Lonicera japonica*. *Molecules*, 19(10): 16640-16655.
- Gusmão, N.M., de Oliveira, J.V., do AF Navarro, D.M., Dutra, K.A., da Silva, W.A. and Wanderley, M.J. 2013. Contact and fumigant toxicity and repellency of *Eucalyptus citriodora* Hook., *Eucalyptus staigeriana* F., *Cymbopogon winterianus* Jowitt and *Foeniculum vulgare* Mill. essential oils in the management of *Callosobruchus maculatus* (FABR.) (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae). *Journal of Stored Products Research*, 54: 41-47.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R. and Meybeck, A. 2011. Global food losses and food waste: extent, causes and prevention. Retrieved from <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/FAO%20Report%202011%20%281%29.pdf>. [Access date: 05.12.2019].

- Hasimi, A., Tolan, V., Kizil, S. and Kilinc, E. 2014. Determination of essential oil composition, antimicrobial and antioxidant properties of anise (*Pimpinella anisum* L.) and cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Journal of Agricultural Sciences*, 20: 19-26.
- Hedge, I.C., Lamond, J.M., Rechinger, K.H., Alava, R., Chamberlain, D.F., Engstrand, L., Herrnstadt, I., Heyn, C.C., Leute, G.H., Mandenova, I., Peev, D., Pimenov, M.G., Snogerup, S. and Tamamschian, S.G. 1987. Umbelliferae. In: Rechinger, K.H. (Ed.), *Flora Iranica* 162. Akademische Druck- und Verlagsanstalt, Graz, Austria, pp. 1-555.
- Heywood, V.H. 1971. The Biology and Chemistry of the Umbelliferae. Volume 1 of Botanical Journal of the Linnean Society. Supplement. Academic Press for the Linnean Society of London, London, UK, 438 p.
- Hodges, R.J., Buzby, J.C. and Bennett, B. 2011. Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use. *Journal of Agricultural Science*, 149(S1): 37-45.
- Hossain, M.A., Shah, M.D., Sang, S.V. and Sakari, M. 2012. Chemical composition and antibacterial properties of the essential oils and crude extracts of *Merremia borneensis*. *Journal of King Saud University-Science*, 24(3): 243-249.
- Howe, R.W. 1952. The biology of the rice weevil, *Calandra oryzae* (L.). *Annals of Applied Biology*, 39(2):168-180.
- Irshad, M., Khan, A. and Baloch, U.K. 1988. Losses in wheat in public sector storage in Rawalpindi region during 1984-1985. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 9(2): 136-140.
- İşcan, G., Kirimer, N., Kürkcüoğlu, M., Başer, H.C. and Demirci, F. 2002. Antimicrobial screening of *Mentha piperita* essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(14): 3943-3946.
- Isman, M.B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19(8-10): 603-608.
- Isman, M.B. and Grieneisen, M.L. 2014. Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. *Trends in Plant Science*, 19(3): 140-145.
- Izakhmehri, K., Saber, M., Mehrvar, A., Hassanpouraghdam, M.B. and Vojoudi, S. 2013. Lethal and sublethal effects of essential oils from *Eucalyptus camaldulensis* and *Heracleum persicum* against the adults of *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Insect Science*, 13(1): 152.
- Jacobson, M. 1982. Plants, insects, and man-their interrelationships. *Economic Botany*, 36(3): 346-354.
- Jaiswal, A.K. and Srivastava, U.S. 1993. Plants as a natural source of insect growth regulators. *Tropical science*, 33(4): 411-417.
- Jankowska, M., Rogalska, J., Wyszowska, J. and Stankiewicz, M. 2018. Molecular targets for components of essential oils in the insect nervous system-a review. *Molecules*, 23(1): 34.129

- Jayakumar, M., Arivoli, S., Raveen, R. and 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.
- Jesser, E.N., Werdin-González, J.O., Murray, A.P. and Ferrero, A.A. 2017. Efficacy of essential oils to control the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(4): 1122-1129.
- Khazada, M.S., Abro, G.H., Syed, T.S., Khazada, S.R., Khazada, K.A., Shahjahan, S.K. and Ahmed, A. 2011. An appraisal of resistance of old and new wheat genotypes to red flour beetle (*Tribolium castaneum* Herbst). *Pakistan Journal of Botany*, 43(5): 2535-2541.
- Karabörklü, S. 2008. Insecticidal activity of the essential oils obtained from different aromatic plants against stored product pests. Msc Thesis, Erciyes University, Kayseri, Turkey, 72 p.
- Karahroodi, Z.R., Moharramipour, S. and Rahbarpour, A. 2009. Investigated repellency effect of some essential oils of 17 native medicinal plants on adults *Plodia interpunctella*. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 3(2): 181-184.
- Kaur, H., Sandhu, R. and Dhillon, S.S. 1993. Substituted pyrimidine-2-thiols: A newly discovered group of antifertility agents against red cotton bug. *Indian Journal of Entomology*, 55: 396-403.
- Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Saitanis, C.J., Kontodimas, D.C., Roussos, A.N., Tsoutsas, M.S. and Anastassopoulou, U.A. 2007. Effect of two azadirachtin formulations against adults of *Sitophilus oryzae* and *Tribolium confusum* on different grain commodities. *Journal of Food Protection*, 70(7): 1627-1632.
- Keita, S.M., Vincent, C., Schmit, J.P., Arnason, J.T. and Bélanger, 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(4): 339-349.
- Khan, S.M. and Kulachi, I.R. 2002. Assessment of post harvest wheat losses in DI Khan. *Asian Journal of Plant Sciences*, 1(2): 103-106.
- Khani, M., Marouf, A., Amini, S., Yazdani, D., Farashiani, M.E., Ahvazi, M., Khalighi-Sigaroodi, F. and Hosseini-Gharalari, A. 2017. Efficacy of three herbal essential oils against rice weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*,20(4): 937-950.
- Khelfane-Goucem, K., Lardjane, N. and Medjdoub-Bensaad, F. 2016. Fumigant and repellent activity of Rutaceae and Lamiaceae essential oils against *Acanthoscelides obtectus* Say. *African Journal of Agricultural Research*, 11(17): 1499-1503.
- Khoshraftar, Z., Safekordi, A.A., Shamel, A., and Zaefizadeh, M. 2019. Synthesis of natural nanopesticides with the origin of *Eucalyptus globulus* extract for pest control. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 12(3): 286-298.

- Kieltyka-Dadasiewicz, A., Jabłońska-Trypuć, A., Taraseviciene, Z. and Kubat-Sikorska, A. 2016. Characteristics and functional properties of mint's raw materials. *Polish Journal of Commodity Science*, 1(46): 93-105.
- Kim, S.I., Ahn, Y.J. and Kwon, H.W. 2012. Toxicity of aromatic plants and their constituents against coleopteran stored products insect pests. In: Ali R.B. (Ed.), *New perspective in plant protection*. InTech, Rijeka, Croatia, pp. 93-120.
- Kiplang'at, K.P. and Mwangi, R.W. 2014. Synergistic repellent activity of plant essential oils against *Aedes aegypti* on rabbit Skin. *International Journal of Mosquito Research*, 1:55-59.
- Kisiel, W., Janeczko, Z. and Zgud-Walaszek, M. 1998. A germacradiene glycoside from roots of *Pimpinella saxifraga*. *Phytochemistry*, 49(7): 2031-2033.
- Kızıllı, S., Haşimi, N., Tolan, V., Kılınç, E. and Yüksel, U. 2010. Mineral content, essential oil components and biological activity of two mentha species (*M. piperita* L., *M. spicata* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 15(2):148-153.
- Klocke, J.A. 1989. Plant compounds as source and models of insect-control agents. *Economic and Medicinal Plant Research*, 3:103-144.
- Kostaropoulos, I., Papadopoulos, A.I., Metaxakis, A., Boukouvala, E. and Papadopoulou-Mourkidou, E. 2001. Glutathione S-transferase in the defence against pyrethroids in insects. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 31(4-5): 313-319.
- Koul, O., Walia, S. and Dhaliwal, G.S. 2008. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopesticides International*, 4(1): 63-84.
- Kubeczka, K.H., Bohn, I. and Schultze, W. 1989. The compositions of the essential root oils from *Pimpinella saxifragas* and chemotaxonomic implications. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 44(3-4): 177-182.
- Kumar, A., Shukla, R., Singh, P., Singh, A.K. and Dubey, N.K. 2009. Use of essential oil from *Mentha arvensis* L. to control storage moulds and insects in stored chickpea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(15): 2643-2649.
- Kumar, D. and Kalita, P. 2017. Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. *Foods*, 6(1): 8.
- Kumar, P., Mishra, S., Malik, A. and Satya, S. 2011a. Insecticidal properties of Mentha species: a review. *Industrial Crops and Products*, 34(1): 802-817.
- Kumar, P., Mishra, S., Malik, A. and Satya, S. 2011b. Repellent, larvicidal and pupicidal properties of essential oils and their formulations against the housefly, *Musca domestica*. *Medical and Veterinary Entomology*, 25(3): 302-310.
- Lee, S., Peterson, C.J. and Coats, J.R. 2003. Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 39(1), 77-85.
- Lee, J.C. 2019. What we can learn from the energetic levels of insects: a guide and review. *Annals of the Entomological Society of America*, 112(3): 220-226.
- Liao, M., Xiao, J.J., Zhou, L.J., Liu, Y., Wu, X.W., Hua, R.M., Wang, G.R. and Cao, H.Q. 2016. Insecticidal activity of *Melaleuca alternifolia* essential oil and RNA-Seq analysis of *Sitophilus zeamais* transcriptome in response to oil fumigation. *PLoS One*, 11(12): e0167748.

- Liu, X., Chen, Q., Wang, Z., Xie, L. and Xu, Z. 2008. Allelopathic effects of essential oil from *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* on pathogenic fungi and pest insects. *Frontiers of Forestry in China*, 3(2): 232-236.
- Longstaff, B.C. 1981. Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): a critical review. *Protection Ecology*, 3(2): 83-130.
- Maceljski, M. and Korunić, Z. 1973. Contribution to the morphology and ecology of *Sitophilus zeamais* Motsch. in Yugoslavia. *Journal of Stored Products Research*, 9(4): 225-234.
- Maia, M.F. and Moore, S.J. 2011. Plant-based insect repellents: a review of their efficacy, development and testing. *Malaria Journal*, 10(Suppl1): S11.
- Majumder, S., Bala, B.K., Arshad, F.M., Haque, M.A. and Hossain, M.A. 2016. Food security through increasing technical efficiency and reducing postharvest losses of rice production systems in Bangladesh. *Food Security*, 8(2): 361-374.
- Marimuthu, S., Gurusubramanian, G. and Krishna, S. S. 1997. Effect of exposure of eggs to vapours from essential oils on egg mortality, development and adult emergence in *Earias vittella* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Biological Agriculture & Horticulture*, 14(4): 303-307.
- Marking, L.L. and Dawson, V.K. 1975. Investigations in Fish Control: Method for assessment of toxicity or efficacy of mixtures of chemicals. Report, Federal Government Series Volume 67. Retrieved from <https://pubs.er.usgs.gov/publication/2001175>. [Access date: 20.01.2020].
- McKay, D.L. and Blumberg, J.B. 2006. A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (*Mentha piperita* L.). *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 20(8): 619-633.
- Meagher Jr, R.L., Reed, C. and Mills, R.B. 1982. Development of *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* in whole, cracked, and ground pearl millet. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 55(1): 91-94.
- Merkel, B. and Reichling, J. 1990. Comparative investigation on formation and accumulation of rare phenylpropanoids in plants and in vitro cultures of *Pimpinella major*. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 45(6): 602-606.
- Metcalf, C.L., Flint, W.P. and Metcalf, R.L. 2018. Destructive and Useful Insects. Agri Horti Press, New Delhi, India, 1099 p.
- Meyer-Warnod, B. 1984. Natural essential oils: extraction processes and application to some major oils. *Perfumer & flavorist*, 9(2): 93-104.
- Moradi, M. and Najafian, S.H. 2015. Comparative analysis of the aroma chemicals of *Mentha piperita* L. using hydrodistillation and CombiPAL system techniques. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 4(2): 89-94.
- Müller-Riebau, F.J., Berger, B.M., Yegen, O. and Cakir, C. 1997. Seasonal variations in the chemical compositions of essential oils of selected aromatic plants growing wild in Turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(12): 4821-4825.

- Mulyaningsih, S., Sporer, F., Zimmermann, S., Reichling, J. and Wink, M. 2010. Synergistic properties of the terpenoids aromadendrene and 1, 8-cineole from the essential oil of *Eucalyptus globulus* against antibiotic-susceptible and antibiotic-resistant pathogens. *Phytomedicine*, 17(13): 1061-1066.
- Munakata, K. 1997. Insect antifeedants of *Spodoptera litura* in plants. In: Hedin, P.A. (Ed.), Host Plant Resistance to Pests. ACS Symposium Series, Vol. 62, pp. 185-196.
- Muturi, E.J., Ramirez, J.L., Doll, K.M. and Bowman, M.J. 2017. Combined toxicity of three essential oils against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. *Journal of Medical Entomology*, 54(6): 1684-1691.
- Naher, S., Ghosh, A. and Aziz, S. 2012. Comparative studies on physicochemical properties and GC-MS analysis of essential oil of the two varieties of the aniseed (*Pimpinella anisum* Linn.) in Bangladesh. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 2(2): 92-95.
- Nakanishi, K., Koreeda, M., Sasaki, S., Chang, M.L. and Hsu, H.Y. 1966. Insect hormones: The structure of ponasterone A, an insect molting hormone from the leaves of *Podocarpus nakaii* Hay. *Chemical Communications*, 24: 1915-1917.
- Nardon, C. and Nardon, P. 2002. New characters to distinguish larvae and adults of the two sibling species: *Sitophilus oryzae* (L.) and *S-zeamais* Mots. (Coleoptera, Dryophthoridae). *Annales de la Société Entomologique de France*, 38 (3): 239-246.
- Nattudurai, G., Baskar, K., Paulraj, M.G., Islam, V.I.H., Ignacimuthu, S. and Duraipandiyar, V. 2017. Toxic effect of *Atalantia monophylla* essential oil on *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus oryzae*. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(2): 1619-1629.
- Navarro, S., Kashanchi, Y., Green, M. and Frandji, H. 1978. Causes of Loss in stored grain in Israel. *Special publication. Ministry of Agriculture, Israel*, 105: 95-112.
- Nenaah, G.E. 2014a. Chemical composition, insecticidal and repellence activities of essential oils of three Achillea species against the Khapra beetle (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Pest Science*, 87(2): 273-283.
- Nenaah, G.E. 2014b. Chemical composition, toxicity and growth inhibitory activities of essential oils of three Achillea species and their nano-emulsions against *Tribolium castaneum* (Herbst). *Industrial Crops and Products*, 53: 252-260.
- Nenaah, G.E., Ibrahim, S.I. and Al-Assiuty, B.A. 2015. Chemical composition, insecticidal activity and persistence of three Asteraceae essential oils and their nanoemulsions against *Callosobruchus maculatus* (F.). *Journal of Stored Products Research*, 61: 9-16.
- Nerio, L.S., Olivero-Verbel, J. and Stashenko, E. 2010. Repellent activity of essential oils: a review. *Bioresource Technology*, 101(1): 372-378.
- Nguyen, T.T., Collins, P.J., Duong, T.M., Schlipalius, D.I. and Ebert, P.R. 2016. Genetic conservation of phosphine resistance in the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Heredity*, 107(3): 228-237.

- Noosidum, A., Chareonviriyaphap, T. and Chandrapatya, A. 2014. Synergistic repellent and irritant effect of combined essential oils on *Aedes aegypti* (L.) mosquitoes. *Journal of Vector Ecology*, 39(2) 298-305.
- Norris, E.J. and Coats, J.R. 2017. Current and future repellent technologies: the potential of spatial repellents and their place in mosquito-borne disease control. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14: 124.
- Nukenine, E.N. 2010. Stored product protection in Africa: Past, present and future. In: Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection. *Julius-Kuhn-Archiv*, 425: 26-41.
- Obeng-Ofori, D. and Reichmuth, C.H. 1997. Bioactivity of eugenol, a major component of essential oil of *Ocimum suave* (Wild.) against four species of stored-product Coleoptera. *International Journal of Pest Management*, 43(1): 89-94.
- Obeng-Ofori, D., Reichmuth, C.H., Bekele, A.J. and Hassanali, A. 1998. Toxicity and protectant potential of camphor, a major component of essential oil of *Ocimum kilimandscharicum*, against four stored product beetles. *International Journal of Pest Management*, 44(4): 203-209.
- Ofuya, T.I. 2003. Beans insects and man. Inaugural Lecture Series 35, The Federal University of Technology, Akure, Nigeria, 45 p.
- Ogendo, J.O., Deng, A.L., Birech, R.J. and Bett, P.K. 2012. Plant-based products as control agents of stored-product insect pests in the tropics. In: Bhat, R., Alias, A. K. and Paliyath, G. (Eds.), *Progress in Food Preservation*. Wiley-Blackwell Publishers, London, pp. 581-601.
- Ogendo, J.O. 2008. Composition and bioactivity of essential oils of *Lantana camara* L., *Tephrosia vogelli* Hook and *Ocimum americana* L. against major Coleopteran pests of stored food products. PhD thesis. Egerton University, Kenya, 167 p.
- Orav, A., Raal, A., and Arak, E. 2008. Essential oil composition of *Pimpinella anisum* L. fruits from various European countries. *Natural Product Research*, 22(3): 227-232.
- Osman, S.E.I., Swidan, M.H., Kheirallah, D.A. and Nour, F.E. 2016. Histological effects of essential oils, their monoterpenoids and insect growth regulators on midgut, integument of larvae and ovaries of khapra beetle, *Trogoderma granarium* evets. *Journal of Biological Sciences*, 16: 93-101.
- Owusu, E.O. 2000. Effect of some Ghanaian plant components on control of two stored-product insect pests of cereals. *Journal of Stored Products Research*, 37(1): 85-91.
- Özel, M.Z., Gögüs, F. and Lewis, A.C. 2008. Composition of *Eucalyptus camaldulensis* volatiles using direct thermal desorption coupled with comprehensive two-dimensional gas chromatography-time-of-flight-mass spectrometry. *Journal of Chromatographic Science*, 46(2): 157-161.
- Pajni, H.R., Talwar, N. and Sahnan, S. 1995. Use of new pesticides of plant originasarone and its derivates for the control of bruchids. *Annals of Entomology*, 13: 59-63.

- Pandey, A.K., Tripathi, N.N. 2011. Aromatic plants of Gorakhpur forest division: their antimycotic property and medicinal value. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 7: 142-147.
- Pandey, A.K., Tripathi, S. and Singh, P. 2018. Plant essential oils: a substitute for conventional insecticides against *Tribolium* species (Coleoptera: Tenebrionidae)-achievements and challenges. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 51(13-14): 696-728.
- Papachristos, D.P. and Stamopoulos, D.C. 2002. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 38(2): 117-128.
- Papachristos, D.P. and Stamopoulos, D.C. 2004. Fumigant toxicity of three essential oils on the eggs of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 40(5): 517-525.
- Papachristos, D.P., Karamanoli, K.I., Stamopoulos, D.C. and Menkissoglu-Spiroudi, U. 2004. The relationship between the chemical composition of three essential oils and their insecticidal activity against *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Pest Management Science*, 60(5): 514-520.
- Parsons, D.M. and Credland, P.F. 2003. Determinants of oviposition in *Acanthoscelides obtectus*: a nonconformist bruchid. *Physiological Entomology*, 28(3): 221-231.
- Pascual-Villalobos, M.J. and Fernández, M. 1999. Insecticidal activity of ethanolic extracts of *Urginea maritima* (L.) Baker bulbs. *Industrial Crops and Products*, 10(2): 115-120.
- Paul, U.V., Lossini, J.S., Edwards, P.J. and Hilbeck, A. 2009. Effectiveness of products from four locally grown plants for the management of *Acanthoscelides obtectus* (Say) and *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (both Coleoptera: Bruchidae) in stored beans under laboratory and farm conditions in Northern Tanzania. *Journal of Stored Products Research*, 45(2): 97-107.
- Pavela, R. 2012. Sublethal effects of some essential oils on the cotton leafworm *Spodoptera littoralis* (Boisduval). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15(1): 144-156.
- Pavela, R. and Benelli, G. 2016. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. *Trends in Plant Science*, 21(12): 1000-1007.
- Pavela, R. 2014. Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lep., Noctuidae) larvae. *Industrial Crops and Products*, 60: 247-258.
- Peach, D.A., Almond, M., Gries, R. and Gries, G., 2019. Lemongrass and cinnamon bark: Plant essential oil blend as a spatial repellent for mosquitoes in a field setting. *Journal of Medical Entomology*, XX(X): 1-7.
- Pennetier, C., Corbel, V., Boko, P., Odjo, A., N'Guessan, R., Lapiéd, B. and Hougard, J.M. 2007. Synergy between repellents and non-pyrethroid insecticides strongly extends the efficacy of treated nets against *Anopheles gambiae*. *Malaria Journal*, 6: 38.

- Pereira, C.G. and Meireles, M.A.A. 2007. Economic analysis of rosemary, fennel and anise essential oils obtained by supercritical fluid extraction. *Flavour and Fragrance Journal*, 22(5): 407-413.
- Plarre, R. 2013. An attempt to reconstruct the natural and cultural history of the granary weevil, *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae). *European Journal of Entomology*, 107(1): 1-11.
- Poppy, G.M., Jepson, P.C., Pickett, J.A., Birkett, M.A. 2014. Achieving food and environmental security: new approaches to close the gap. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369: 20120272.
- Prakash, B., Singh, P., Yadav, S., Singh, S.C. and Dubey, N.K. 2013. Safety profile assessment and efficacy of chemically characterized *Cinnamomum glaucescens* essential oil against storage fungi, insect, aflatoxin secretion and as antioxidant. *Food and Chemical Toxicology*, 53: 160-167.
- Pruthi, J.S. 1976. Spices and Condiments. National Book Trust, New Delhi, India, 269 p.
- Rahdari, T. and Hamzei, M. 2017. Repellency effect of essential oils of *Mentha piperita*, *Rosmarinus officinalis* and *Coriandrum sativum* on *Tribolium confusum* duval (Coleoptera: Tenebrionidae). *Chemistry Research Journal*, 2(2): 107-112.
- Raja, N., Albert, S., Ignacimuthu, S.E. and Dorn, S. 2001. Effect of plant volatile oils in protecting stored cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) infestation. *Journal of Stored Products Research*, 37(2): 127-132.
- Rajashekar, Y., Bakthavatsalam, N. and Shivanandappa, T. 2012. Botanicals as grain protectants. *Psyche*, 2012: Article ID 646740.
- Rajashekar, Y., Gunasekaran, N. and Shivanandappa, T. 2010. Insecticidal activity of the root extract of *Decalepis hamiltonii* against stored-product insect pests and its application in grain protection. *Journal of Food Science and Technology*, 47(3): 310-314.
- Rajendran, B. and Gopalan, M. 1980. Juvenile-hormone-like activity of certain plant extracts on *Dysdercus cingulatus* Fabricius (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 50(10): 781-784.
- Rajendran, S. and Sriranjini, V. 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of Stored Products Research*, 44(2): 126-135.
- Rajeshwari, C.U., Abirami, M. and Andallu, B. 2011. In vitro and in vivo antioxidant potential of aniseeds (*Pimpinella anisum*). *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*, 2(1): 80-89.
- Rajkumar, V., Gunasekaran, C., Christy, I.K., Dharmaraj, J., Chinnaraj, P. and Paul, C.A. 2019. Toxicity, antifeedant and biochemical efficacy of *Mentha piperita* L. essential oil and their major constituents against stored grain pest. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 156: 138-144.
- Ramirez, S. and Suris, M. 2015. Life cycle of *Acanthoscelides obtectus* (Say.) on black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under laboratory conditions. *Revista de Protección Vegetal*, 30(2): 158-160.

- Rani, P.U. and Rajasekharreddy, P. 2009. Toxic and antifeedant activities of *Sterculia Foetida* (L.) seed crude extract against *Spodoptera litura* (F.) and *Achaea Janata* (L.). *Journal of Biopesticides*, 2(2): 161-164.
- Rassem, H.H., Nour, A.H. and Yunus, R.M. 2016. Techniques for extraction of essential oils from plants: a review. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 10(16):117-127.
- Regnault-Roger, C. and 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(4): 291-299.
- Regnault-Roger, C., Vincent, C. and Arnason, J.T. 2012. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*, 57: 405-424.
- Rehman, J.U., Ali, A. and Khan, I.A. 2014. Plant based products: use and development as repellents against mosquitoes: a review. *Fitoterapia*, 95: 65-74.
- Ross, I.A. 2001. Medicinal plants of the world: chemical constituents, traditional and modern medicinal uses. Volume 2. Humana press, Totowa, New Jersey, 487 p.
- Sahar A.A.Malik Al-Saadi, Karim H. Al- Derawi and Duaa Abd Al-azem, 2016. Variation in essential oil content and composition (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 6 (2): 43-57.
- Sana, U.K., Sahar, K., Karim, U., Sajjad, A., Aman, U.K. and Abdul, J. 2000. Appraisal of rainfed wheat lines against Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts. *Pakistan Journal of Zoology*, 32(2): 131-134.
- Saxena, B.P., Koul, O., Tikku, K. and Atal, C.K. 1977. A new insect chemosterilant isolated from *Acorus calamus* L. *Nature*, 270(5637): 512-513.
- Saxena, B.P., Tikku, K., Atal, C.K. and Koul, O. 1986. Insect antifertility and antifeedant allelochemicals in *Adhatoda vasica*. *International Journal of Tropical Insect Science*, 7(4): 489-493.
- Saxena, B.P. and Mathur, A.C. 1976. Loss of fecundity in *Dysdercus koenigii* F. due to vapours of *Acorus calamus* L. oil. *Experientia*, 32(3): 315-316.
- Saxena, R.C., Jilani, G. and Kareem, A.A. 1988. Effects of neem on stored grain insects. *Focus on Phytochemical Pesticides*, 1: 97-111.
- Scalerandi, E., Flores, G.A., Palacio, M., Defagó, M.T., Carpinella, M.C., Valladares, G., Bertoni, A. and Palacios, S.M. 2018. Understanding synergistic toxicity of terpenes as insecticides: Contribution of metabolic detoxification in *Musca domestica*. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1579.
- Schmidt, G.H., Ibrahim, N.M. and Abdallah, M.D. 1991. Toxicological studies on the long-term effects of heavy metals (Hg, Cd, Pb) in soil on the development of *Aiolopus thalassinus* (Fabr.) (Saltatoria: Acrididae). *Science of the Total Environment*, 107: 109-133.
- Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology*, 35(1): 271-297.

- Sedaghat, M.M., Dehkordi, A.S., Khanavi, M., Abai, M.R., Mohtarami, F. and Vatandoost, H. 2011. Chemical composition and larvicidal activity of essential oil of *Cupressus arizonica* EL Greene against malaria vector *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae). *Pharmacognosy Research*, 3(2): 135-139.
- Shaalán, E.A.S., Canyon, D., Younes, M.W.F., Abdel-Wahab, H. and Mansour, A.H. 2005. A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential. *Environment International*, 31(8): 1149-1166.
- Shaaya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J. and Sukprakarn, C. 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33(1): 7-15.
- Shaaya, E., Ravid, U., Paster, N., Juven, B., Zisman, U. and Pissarev, V. 1991. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *Journal of Chemical Ecology*, 17(3): 499-504.
- Shah, D.S.M. 1994. Inhibitory action of *Catharanthus roseus* plant extract on the oviposition of house crickets, *Grylloides sigillatus* (Gryllidae: Orthoptera). *Bulletin of Pure and Applied Sciences-Zoology*, 13A (2): 67-70.
- Shivakoti, G.P. and Manandhar, D.N. 2000. An overview of post harvest losses in maize in Nepal. In: Manandhar, D.N., Ransom, J.K. and Rajbhandari, N.P. (Eds.), Developing and disseminating technology to reduce post-harvest losses in maize. Proceedings of a Working Group Meeting of the Hill Maize Research Project; Khumaltar, Lalitpur, Nepal; 25-27 September, 2000, pp. 6-9.
- Shojaei, A., Talebi, K., Sharifian, I. and Ahsaei, S.M. 2017. Evaluation of detoxifying enzymes of *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Col: Tenebrionidae) exposed to essential oil of *Artemisia dracuncululus* L. *Biharean Biologist*, 11(1): 5-9.
- Siegfried, B.D. and Scharf, M.E. 2001. Mechanisms of Organophosphate Resistance in Insects. In: Ishaaya, I. (Eds.), Biochemical Sites of Insecticide Action and Resistance. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 269-291.
- Singh, S. 2003. Effects of aqueous extract of neem seed kernel and azadirachtin on the fecundity, fertility and post-embryonic development of the melonfly, *Bactrocera cucurbitae* and the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology*, 127(9-10): 540-547.
- Singh, D. and Jain, D.C. 1987. Relative toxicity of various organic solvents generally used in screening plant products for insecticidal activity against the house fly *Musca domestica* L. *Indian Journal of Experimental Biology*, 25: 569-570.
- Southgate, B.J. 1979. Biology of the Bruchidae. *Annual Review of Entomology*, 24(1): 449-473.
- Sriti Eljazi, J., Bachrouch, O., Salem, N., Msaada, K., Aouini, J., Hammami, M., Boushah, E., Abderraba, M., Limam, F. and Mediouni Ben Jemaa, J. 2017. Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from coriander fruit against *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, and *Lasioderma serricorne*. *International Journal of Food Properties*, 20(S3): S2833-S2845.

- Srivastava, C. and Subramanian, S. 2016. Storage insect pests and their damage symptoms: an overview. *Indian Journal of Entomology*, 78(Special): 53-58.
- Starmans, D.A. and Nijhuis, H.H. 1996. Extraction of secondary metabolites from plant material: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 7(6): 191-197.
- Stevenson, P.C., Isman, M.B. and Belmain, S.R. 2017. Pesticidal plants in Africa: a global vision of new biological control products from local uses. *Industrial Crops and Products*, 110: 2-9.
- Su, Y.C., Ho, C.L., Wang, I.C. and Chang, S.T. 2006. Antifungal activities and chemical compositions of essential oils from leaves of four eucalypts. *Taiwan Journal of Forest Science*, 21: 49-61.
- Subramanyam, B. 1995. Integrated management of insects in stored products. CRC Press, New York, 432 p.
- Svoboda, K.P. and Greenaway, R.I. 2003. Investigation of volatile oil glands of *Satureja hortensis* L. (summer savory) and phytochemical comparison of different varieties. *The International Journal of Aromatherapy*, 4(13): 196-202.
- Swamy, K.N., Mutthuraju, G.P., Jagadeesh, E. and Thirumalaraju, G.T. 2014. Biology of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) on stored maize grains. *Current Biotica*, 8(1): 76-81.
- Tabanca, N., Ali, Z., Bernier, U.R., Epsky, N., Nalbantsoy, A., Khan, I.A. and Ali, A. 2018. Bioassay-guided isolation and identification of *Aedes aegypti* larvicidal and biting deterrent compounds from *Veratrum lobelianum*. *Open Chemistry*, 16(1): 324-332.
- Taherpour, A.A., Khaef, S., Yari, A., Nikeafshar, S., Fathi, M. and Ghambari, S. 2017. Chemical composition analysis of the essential oil of *Mentha piperita* L. from Kermanshah, Iran by hydrodistillation and HS/SPME methods. *Journal of Analytical Science and Technology*, 8: 11.
- Tak, J.H., Jovel, E. and Isman, M.B. 2016. Comparative and synergistic activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil constituents against the larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Management Science*, 72(3): 474-480.
- Talukder, F. A. 1995. Isolation and characterization of the active secondary pithraj (*Aphanamixis polystachya*) compounds in controlling stored-product insect pests. PhD thesis, University of Southampton, Southampton, UK, p. 234.
- Talukder, F.A. 2006. Plant products as potential stored product insect management agents—a mini review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 18(1):17-32.
- Talukder, F.A., Islam, M.S., Hossain, M.S., Rahman, M.A. and Alam, M.N. 2004. Toxicity effects of botanicals and synthetic insecticides on *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Rhyzopertha dominica* (F.). *Bangladesh Journal of Environmental Science*, 10(2): 365-371.
- Talukder, F.A. and Howse, P. E. 2000. Isolation of secondary plant compounds from *Aphanamixis polystachya* as feeding deterrents against adult *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 107 (5): 498-504.

- Tangtrakulwanich, K. and Reddy, G.V.P. 2014. Development of insect resistance to plant biopesticides: an Overview. In: Singh, D. (Ed.), *Advances in Plant Biopesticides*. Springer, New Delhi, India, pp. 47-62.
- Tapondjou, A.L., Adler, C., Fontem, D.A., Bouda, H. and Reichmuth, C.H. 2005. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. *Journal of Stored Products Research*, 41(1): 91-102.
- Tapondjou, L.A., Adler, C.L., Bouda, H. and Fontem, D.A. 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 38(4): 395-402.
- Tatlıdil, F.F., Dellal, İ. and Bayramoğlu, Z. 2018. Food losses and waste in Turkey. Technical Country Report. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/323377409>. [Access date: 25.10.2019].
- Tewari, N. and Tiwari, S.N. 2008. Fumigant toxicity of lemon grass, *Cymbopogon flexuosus* (D.C.) Stapf oil on progeny production of *Rhyzopertha dominica* F., *Sitophilus oryzae* L. and *Tribolium castaneum* Herbst. *Environment and Ecology*, 26(4A): 1828-1830.
- Thakur, D.R. and Banal, H.S. 2007. Developmental attributes and larval morphology of *Caryedon crineus* Arora (Bruchidae: Coleoptera). *Indian Journal of Entomology*, 69 (3): 293-297.
- Thakur, D.R. and Renuka 2014. Biology and biointensive management of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)—a pest of kidney beans worldwide. In: Arthur, F.H., Kengkanpanich, R., Chayaprasert, W., Suthisut, D. (Eds.), *Proceedings of the 11th International Working Conference on Stored Product Protection 24-28 November 2014 Chiang Mai, Thailand*, pp. 115-126. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/280722747>. [Access date: 12.01.2020].
- Thakur, D.R. 2012. Taxonomy, distribution and pest status of Indian biotypes of *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) – a new record. *Pakistan Journal of Zoology*, 44 (1): 189-195.
- Thomas, A., Mazigo, H.D., Manjurano, A., Morona, D. and Kweka, E.J. 2017. Evaluation of active ingredients and larvicidal activity of clove and cinnamon essential oils against *Anopheles gambiae* (sensu lato). *Parasites & Vectors*, 10(1): 411.
- Tikku, K., Koul, O. and Saxena, B.P. 1978. The influence of *Acorus calamus* L. oil vapours on the histocytological pattern of the ovaries of *Trogoderma granarium* Evert. *Bulletin of Grain Technology*, 16(1): 3-9.
- Tisgratog, R., Sanguanpong, U., Grieco, J.P., Ngoen-Kluan, R. and Chareonviriyaphap, T. 2016. Plants traditionally used as mosquito repellents and the implication for their use in vector control. *Acta Tropica*, 157: 136-144.
- Toloza, A.C., Zygadlo, J., Cueto, G.M., Biurrun, F., Zerba, E. and Picollo, M.I. 2006. Fumigant and repellent properties of essential oils and component compounds

- against permethrin-resistant *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae) from Argentina. *Journal of Medical Entomology*, 43(5): 889-895.
- Topalov, V. and Zhelyazkov, V. 1991. Effect of harvesting on the yield of fresh material, essential oil, and planting material from *Mentha piperita* L. and *Mentha arvensis* L. *Herba Hung*, 50: 60-67.
- Torres, C., Silva, G., Tapia, M., Rodríguez, J.C., Figueroa, I., Lagunes, A., Santillán, C., Robles, A., Aguilar, S. and Ticuch, I. 2014. Insecticidal activity of *Laurelia sempervirens* (Ruiz & Pav.) Tul. essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74(4): 421-426.
- Toudert-Taleb, K., Hedjal-Chebheb, M., Hami, H., Debras, J.F. and Kellouche, A. 2014. Composition of essential oils extracted from six aromatic plants of Kabylia origin (Algeria) and evaluation of their bioactivity on *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Bruchidae). *African Entomology*, 22(2): 417-428.
- Tripathi, A.K., Prajapati, V. and Kumar, S. 2003. Bioactivities of l-carvone, d-carvone, and dihydrocarvone toward three stored product beetles. *Journal of Economic Entomology*, 96(5): 1594-1601.
- Tripathi, A.K., Prajapati, V., Verma, N., Bahl, J.R., Bansal, R. P., Khanuja, S.P.S. and Kumar, S. 2002. Bioactivities of the leaf essential oil of *Curcuma longa* (var. ch-66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera). *Journal of Economic Entomology*, 95(1): 183-189.
- Tsao, R. and Coats, J.R. 1995. Starting from nature to make better insecticides. *Chemtech*, 25(7): 23-28.
- Tucić, N., Gliksman, I., Šešlija, D., Milanović, D., Mikuljanac, S. and Stojković, O. 1996. Laboratory evolution of longevity in the bean weevil (*Acanthoscelides obtectus*). *Journal of Evolutionary Biology*, 9(4): 485-503.
- Tunç, İ. and Erler F. 2008. Depolanmış Ürün Zararlıları. Ders Kitabı. Akdeniz Üniversitesi Basımevi, Antalya, 123 p.
- Tunç, I. and Erler, F. 2003. Repellency and repellent stability of essential oil constituents against *Tribolium confusum*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 110: 394-400.
- Tunç, I., Berger, B.M., Erler, F. and Dağlı, F. 2000. Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 36(2): 161-168.
- Tunç, I., Erler, F., Dağlı, F. and Çalış, Ö. 1997. Insecticidal activity of acetone vapours. *Journal of Stored Products Research*, 33(2): 181-185.
- Ul Hasan, M., Sagheer, M., Bhatti, W.M. and Ali, Q. 2013. Potential of different powders of eucalyptus, caraway and black onion seed for reducing infestation of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal Global Innovation in Agriculture and Social Science*, 1(1): 12-16.
- Ullah, H., Mahmood, A. and Honermeier, B. 2014. Essential oil and composition of anise (*Pimpinella anisum* L.) with varying seed rates and row spacing. *Pakistan Journal of Botany*, 46: 1859-1864.

- Ullah, H., Mahmood, A., Ijaz, M., Tadesse, B. and Honermeier, B. 2013. Evaluation of anise (*Pimpinella anisum* L.) accessions with regard to morphological characteristics, fruit yield, oil contents and composition. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(29): 2177-2186.
- Usha Rani, P. 2012. Fumigant and contact toxic potential of essential oils from plant extracts against stored product pests. *Journal of Biopesticides*, 5(2): 120-128.
- Usha Rani, P. and Rajasekharreddy, P. 2010. Insecticidal activity of (2 n -octyl cyclo prop-1-enyl)-octanoic acid (I) against three coleopteran stored product insects from *Sterculia foetida* (L.). *Journal of Pest Science*, 83(3): 273-279.
- Valmorbida, J. and Boaro, C.S.F. 2007. Growth and development of *Mentha piperita* L. in nutrient solution as affected by rates of potassium. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(3): 379-384.
- Vassilakos, T.N., Athanassiou, C.G., Chloridis, A.S. and Dripps, J.E. 2014. Efficacy of spinetoram as a contact insecticide on different surfaces against stored-product beetle species. *Journal of Pest Science*, 87(3): 485-494.
- Vidhya, S.A. and Jesudasan, R.W.A. 2012. Repellency of four spices against the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Applied Zoological Researches*, 23(2): 125-129.
- Wang, Y.C., Li, P. and Chi, D.F. 2016. Electrophysiological and behavioral responses of *Tenebrio molitor* L. to fourteen kinds of plant volatiles. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 19(2): 261-267.
- Weaver, D.K. and Subramanyam, B. 2000. Botanicals. In: Subramanyam B and Hagstrum D.W. (Eds.), *Alternatives to pesticides in stored-product IPM*. Springer US, New York, USA, pp. 303-320.
- Weaver, D.K., Phillips, T.W., Dunkel, F.V., Weaver, T., Grubb, R.T. and Nance, E.L. 1995. Dried leaves from Rocky Mountain plants decrease infestation by stored-product beetles. *Journal of Chemical Ecology*, 21(2): 127-142.
- Wendt, H. 1992. Contribution to the bruchid fauna of the Balearic Islands (Coleoptera, Chrysomeloidea). *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, 39(1/3): 117-122.
- Werle, C.T., Ranger, C.M., Schultz, P.B., Reding, M.E., Adesso, K.M., Oliver, J.B. and Sampson, B.J. 2019. Integrating repellent and attractant semiochemicals into a push-pull strategy for ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Applied Entomology*, 143(4): 333-343.
- Williams, C.M. 1956. The juvenile hormone of insects. *Nature*, 178(4526): 212-213.
- Xie, Y.S., Fields, P.G. and Isman, M.B. 1995. Repellency and toxicity of azadirachtin and neem concentrates to three stored-product beetles. *Journal of Economic Entomology*, 88(4): 1024-1031.
- Yang, F.L., Liang, G.W., Xu, Y.J., Lu, Y.Y. and Zeng, L. 2010a. Diatomaceous earth enhances the toxicity of garlic, *Allium sativum*, essential oil against stored-product pests. *Journal of Stored Products Research*, 46(2): 118-123.

- Yang, F.L., Zhu, F. and Lei, C.L. 2010b. Garlic essential oil and its major component as fumigants for controlling *Tribolium castaneum* (Herbst) in chambers filled with stored grain. *Journal of Pest Science*, 83(3): 311-317.
- Yang, S.A., Jeon, S.K., Lee, E.J., Shim, C.H. and Lee, I.S. 2010c. Comparative study of the chemical composition and antioxidant activity of six essential oils and their components. *Natural Product Research*, 24(2): 140-151.
- Yazdani, D., Jamshidi, A.H. and Mojab, F. 2003. Comparative essential oil and menthol of *Mentha piperita* L. different origin cultivated in Iran. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 3: 73-78.
- Yılmaz, A. and Elmali, M. 2002. Fecundity and development of the bean weevil (*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col. Bruchidae) on different bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Protection Bulletin*, 42: 35-52.
- Zebec, Z., Wilkes, J., Jervis, A.J., Scrutton, N.S., Takano, E. and Breitling, R. 2016. Towards synthesis of monoterpenes and derivatives using synthetic biology. *Current Opinion in Chemical Biology*, 34: 37-43.
- Zehtab-Salmasi, S., Javanshir, A., Omidbaigi, R., Alyari, H. and Ghassemi-Golezani, K. 2001. Effects of water supply and sowing date on performance and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Acta Agronomica Hungarica*, 49(1): 75-81.
- Zhang, W.J., Yang, K., You, C.X., Wang, C.F., Geng, Z.F., Su, Y., Wang, Y., Du, S.S. and Deng, Z.W. 2015. Contact toxicity and repellency of the essential oil from *Mentha haplocalyx* Briq. against *Lasioderma serricorne*. *Chemistry and Biodiversity*, 12(5): 832-839.
- Zhang, W.J., Zhang, Z., Chen, Z.Y., Liang, J.Y., Geng, Z.F., Guo, S.S., Du, S.S. and Deng, Z.W. 2017. Chemical composition of essential oils from six *Zanthoxylum* species and their repellent activities against two stored-product insects. *Journal of Chemistry*, 2017: Article ID 1287362.
- Ziaee, M., Moharramipour, S. and Francikowski, J. 2014. The synergistic effects of *Carum copticum* essential oil on diatomaceous earth against *Sitophilus granarius* and *Tribolium confusum*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17(4): 817-822.
- Zuzarte, M. and Salgueiro, L. 2015. Bioactive Essential Oils and Cancer. In: de Sousa, D.P. (Ed.), *Essential oils chemistry*. Springer International Publishing, Basel, Switzerland, pp. 19-28.

8. EKLER**EK-1. ANOVA Sonuç: Uçucu yağların ve ana bileşenlerinin *A. obtectus*'a karşı kacırcı etkileri (Doz değişim analizi)**

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	10827.698	4	2706.924	6.124	0.004**
	Hata	6630.808	15	442.054		
	Genel	17458.506	19			
Ökalyptus	Muamele	8076.650	4	2019.163	6.253	0.004**
	Hata	4843.450	15	322.897		
	Genel	12920.100	19			
Nane	Muamele	7588.655	4	1897.164	4.205	0.018*
	Hata	6766.863	15	451.124		
	Genel	14355.518	19			
Trans-anethole	Muamele	9687.893	4	2421.973	4.342	0.016*
	Hata	8366.113	15	557.741		
	Genel	18054.006	19			
1,8-Cineole	Muamele	7885.502	4	1971.376	3.252	0.041*
	Hata	9092.590	15	606.173		
	Genel	16978.092	19			
L-menthol	Muamele	5434.312	4	1358.578	3.420	0.035*
	Hata	5958.400	15	397.227		
	Genel	11392.712	19			

EK-2. ANOVA Sonuç: Uçucu yağların ve ana bileşenlerinin *A. obtectus*'a karşı kacırcı etkileri (Ürün değişim analizi)

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
3.6 µl/l	Muamele	1011.498	5	202.300	0.675	0.648 ÖD
	Hata	5393.934	18	299.663		
	Genel	6405.433	23			
7.1 µl/l	Muamele	1631.481	5	326.296	0.802	0.563ÖD
	Hata	7322.222	18	406.790		
	Genel	8953.704	23			
14.3 µl/l	Muamele	1800.539	5	360.108	0.521	0.757ÖD
	Hata	12439.512	18	691.084		
	Genel	14240.051	23			
28.6 µl/l	Muamele	2651.013	5	530.203	1.112	0.389ÖD
	Hata	8580.258	18	476.681		
	Genel	11231.271	23			

57.1 µl/l	Muamele	1784.802	5	356.960	0.845	0.535 ÖD
	Hata	7599.797	18	422.211		
	Genel	9384.599	23			

EK-3. ANOVA Sonuç: Uçucu yağların ve ana bileşenlerinin *S. oryzae*'ye karşı kacırcı etkileri (Doz değişim analizi)

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	9696.496	4	2424.124	12.464	0.000**
	Hata	2917.342	15	194.489		
	Genel	12613.838	19			
Ökalyptus	Muamele	7199.736	4	1799.934	5.382	0.007**
	Hata	5016.294	15	334.420		
	Genel	12216.029	19			
Nane	Muamele	5109.478	4	1277.370	4.192	0.018*
	Hata	4570.295	15	304.686		
	Genel	9679.773	19			
Trans-anethole	Muamele	5629.775	4	1407.444	4.929	0.010**
	Hata	4283.527	15	285.568		
	Genel	9913.302	19			
1,8-Cineole	Muamele	5845.659	4	1461.415	4.352	0.016*
	Hata	5037.056	15	335.804		
	Genel	10882.715	19			
L-menthol	Muamele	3350.295	4	837.574	4.877	0.010**
	Hata	2576.290	15	171.753		
	Genel	5926.584	19			

EK-4. ANOVA Sonuç: Uçucu yağların ve ana bileşenlerinin *S. oryzae*'ye karşı kacırcı etkileri (Ürün değişim analizi)

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
3.6 µl/l	Muamele	546.993	5	109.399	0.514	0.762ÖD
	Hata	3828.463	18	212.692		
	Genel	4375.456	23			
7.1 µl/l	Muamele	696.655	5	139.331	0.440	0.815ÖD
	Hata	5698.158	18	316.564		
	Genel	6394.813	23			
14.3 µl/l	Muamele	902.315	5	180.463	0.737	0.606ÖD
	Hata	4408.333	18	244.907		
	Genel	5310.648	23			
28.6 µl/l	Muamele	3074.472	5	614.894	0.942	0.169ÖD

	Hata	2957.450	18	164.303		
	Genel	6031.922	23			
57.1 µl/l	Muamele	2118.193	5	423.639	1.016	0.437ÖD
	Hata	7508.399	18	417.133		
	Genel	9626.593	23			

EK-5. ANOVA Sonuç: İkili ve üçlü UY'lar ve ana bileşenlerinin kombinasyonlarının *A. obtectus*'a karşı kaçırıcılık tepki (Doz artış analizi)

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
K1	Muamele	9302.778	4	2325.694	8.402	0.001**
	Hata	4152.083	15	276.806		
	Genel	13454.861	19			
K2	Muamele	9933.527	4	2483.382	6.317	0.003**
	Hata	5896.485	15	393.099		
	Genel	15830.013	19			
K3	Muamele	5706.417	4	1426.604	4.222	0.017*
	Hata	5068.594	15	337.906		
	Genel	10775.011	19			
K4	Muamele	8101.298	4	2025.324	3.355	0.038*
	Hata	9055.461	15	603.697		
	Genel	17156.759	19			
K5	Muamele	10030.431	4	2507.608	5.383	0.007**
	Hata	6987.968	15	465.865		
	Genel	17018.399	19			
K6	Muamele	8810.927	4	2202.732	5.942	0.005**
	Hata	5560.733	15	370.716		
	Genel	14371.660	19			
K7	Muamele	6961.327	4	1740.332	3.214	0.043*
	Hata	8121.018	15	541.401		
	Genel	15082.344	19			
K8	Muamele	8701.177	4	2175.294	3.105	0.048*
	Hata	10508.825	15	700.588		
	Genel	19210.001	19			
K9	Muamele	10141.650	4	2535.412	3.709	0.027*
	Hata	10252.466	15	683.498		
	Genel	20394.116	19			
K10	Muamele	11836.667	4	2959.167	4.091	0.019*
	Hata	10850.000	15	723.333		
	Genel	22686.667	19			

K11	Muamele	5449.093	4	1362.273	4.300	0.016*
	Hata	4752.041	15	316.803		
	Genel	10201.134	19			
K12	Muamele	6029.252	4	1507.313	3.081	0.049*
	Hata	7337.415	15	489.161		
	Genel	13366.667	19			
K13	Muamele	6336.553	4	1584.138	3.829	0.024*
	Hata	6205.159	15	413.677		
	Genel	12541.712	19			
K14	Muamele	7806.316	4	1951.579	3.365	0.037*
	Hata	8698.980	15	579.932		
	Genel	16505.296	19			
K15	Muamele	7027.863	4	1756.966	3.948	0.022*
	Hata	6674.972	15	444.998		
	Genel	13702.834	19			
K16	Muamele	6783.492	4	1695.873	4.058	0.020*
	Hata	6268.424	15	417.895		
	Genel	13051.916	19			
K17	Muamele	5852.222	4	1463.056	3.392	0.036*
	Hata	6469.444	15	431.296		
	Genel	12321.667	19			
K18	Muamele	10319.569	4	2579.892	3.736	0.027*
	Hata	10357.710	15	690.514		
	Genel	20677.279	19			
K19	Muamele	8555.601	4	2138.900	4.055	0.020*
	Hata	7911.281	15	527.419		
	Genel	16466.882	19			
K20	Muamele	9153.333	4	2288.333	3.229	0.042*
	Hata	10630.556	15	708.704		
	Genel	19783.889	19			
K21	Muamele	8900.952	4	2225.238	3.253	0.041*
	Hata	10259.736	15	683.982		
	Genel	19160.689	19			
K22	Muamele	6109.038	4	1527.259	3.628	0.029*
	Hata	6314.872	15	420.991		
	Genel	12423.909	19			
K23	Muamele	7308.209	4	1827.052	4.030	0.020*
	Hata	6800.454	15	453.364		
	Genel	14108.662	19			
K24	Muamele	7624.195	4	1906.049	4.009	0.021*

	Hata	7132.483	15	475.499		
	Genel	14756.678	19			
K25	Muamele	4350.096	4	1087.524	3.268	0.041*
	Hata	4992.092	15	332.806		
	Genel	9342.188	19			
K26	Muamele	8315.663	4	2078.916	3.124	0.047*
	Hata	9980.867	15	665.391		
	Genel	18296.531	19			
K27	Muamele	9247.721	4	2311.930	3.891	0.023*
	Hata	8911.494	15	594.100		
	Genel	18159.215	19			
K28	Muamele	8916.793	4	2229.198	3.565	0.031*
	Hata	9378.779	15	625.252		
	Genel	18295.572	19			
K29	Muamele	10799.365	4	2699.841	3.448	0.035*
	Hata	11745.068	15	783.005		
	Genel	22544.433	19			
K30	Muamele	7863.333	4	1965.833	4.673	0.012*
	Hata	6310.417	15	420.694		
	Genel	14173.750	19			
K31	Muamele	6319.563	4	1579.891	3.723	0.027*
	Hata	6364.668	15	424.311		
	Genel	12684.231	19			
K32	Muamele	5944.117	4	1486.029	3.062	0.050*
	Hata	7279.611	15	485.307		
	Genel	13223.728	19			
K33	Muamele	8738.141	4	2184.535	3.805	0.025*
	Hata	8611.281	15	574.085		
	Genel	17349.422	19			
K34	Muamele	5213.991	4	1303.498	3.397	0.036*
	Hata	5755.839	15	383.723		
	Genel	10969.830	19			
K35	Muamele	10856.531	4	2714.133	3.717	0.027*
	Hata	10952.664	15	730.178		
	Genel	21809.195	19			
K36	Muamele	6344.172	4	1586.043	3.493	0.033*
	Hata	6810.303	15	454.020		
	Genel	13154.476	19			
K37	Muamele	7015.720	4	1753.930	3.717	0.027*
	Hata	7077.636	15	471.842		

	Genel	14093.356	19			
K38	Muamele	8608.036	4	2152.009	4.534	0.013*
	Hata	7120.148	15	474.677		
	Genel	15728.184	19			
K39	Muamele	11733.061	4	2933.265	3.756	0.026*
	Hata	11712.868	15	780.858		
	Genel	23445.930	19			
K40	Muamele	9237.063	4	2309.266	3.963	0.022*
	Hata	8739.612	15	582.641		
	Genel	17976.675	19			
K41	Muamele	6462.475	4	1615.619	3.085	0.049*
	Hata	7855.489	15	523.699		
	Genel	14317.964	19			

EK-6. ANOVA Sonuç: İkili ve üçlü UY'lar ve ana bileşenlerinin kombinasyonlarının *A. obtectus*'a karşı kaçırıcılık tepki (Kombinasyon değişim analizi)

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
3.6 µl/l	Muamele	6407.275	40	160.182	0.362	1.000ÖD
	Hata	54404.692	123	442.315		
	Genel	60811.967	163			
7.1 µl/l	Muamele	9675.068	40	241.877	0.401	0.999ÖD
	Hata	74174.287	123	603.043		
	Genel	83849.355	163			
14.3 µl/l	Muamele	15057.768	40	376.444	0.698	0.904ÖD
	Hata	66325.283	123	539.230		
	Genel	81383.051	163			
28.6 µl/l	Muamele	10193.862	40	254.847	0.418	0.999ÖD
	Hata	74955.282	123	609.393		
	Genel	85149.143	163			
57.1 µl/l	Muamele	11043.358	40	276.084	0.654	0.938ÖD
	Hata	51930.074	123	422.196		
	Genel	62973.432	163			

EK-7. ANOVA Sonuç: İkili ve üçlü UY'lar ve ana bileşenlerinin kombinasyonlarının *S. oryzae*'ye karşı kaçırıcılık tepki (Doz artış analizi)

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
K1	Muamele	8775.556	4	2193.889	5.497	0.006**
	Hata	5986.111	15	399.074		
	Genel	14761.667	19			

K2	Muamele	5931.134	4	1482.783	5.467	0.006**
	Hata	4068.084	15	271.206		
	Genel	9999.218	19			
K3	Muamele	4446.462	4	1111.616	2.638	0.045*
	Hata	6321.148	15	421.410		
	Genel	10767.610	19			
K4	Muamele	7294.785	4	1823.696	5.769	0.005**
	Hata	4741.893	15	316.126		
	Genel	12036.678	19			
K5	Muamele	7190.061	4	1797.515	3.675	0.028*
	Hata	7336.182	15	489.079		
	Genel	14526.243	19			
K6	Muamele	5810.435	4	1452.609	4.508	0.014*
	Hata	4833.358	15	322.224		
	Genel	10643.793	19			
K7	Muamele	5387.796	4	1346.949	5.634	0.006**
	Hata	3586.385	15	239.092		
	Genel	8974.181	19			
K8	Muamele	5519.861	4	1379.965	3.053	0.050*
	Hata	6779.705	15	451.980		
	Genel	12299.567	19			
K9	Muamele	8009.475	4	2002.369	4.165	0.018*
	Hata	7210.631	15	480.709		
	Genel	15220.105	19			
K10	Muamele	6729.299	4	1682.325	3.746	0.026*
	Hata	6736.685	15	449.112		
	Genel	13465.984	19			
K11	Muamele	6138.826	4	1534.706	4.252	0.017*
	Hata	5413.518	15	360.901		
	Genel	11552.344	19			
K12	Muamele	4660.048	4	1165.012	3.717	0.027*
	Hata	4701.706	15	313.447		
	Genel	9361.754	19			
K13	Muamele	6464.602	4	1616.151	5.210	0.008**
	Hata	4653.408	15	310.227		
	Genel	11118.010	19			
K14	Muamele	6674.138	4	1668.535	3.403	0.036*
	Hata	7355.598	15	490.373		
	Genel	14029.736	19			
K15	Muamele	3796.644	4	949.161	3.261	0.041*

	Hata	4366.312	15	291.087		
	Genel	8162.956	19			
K16	Muamele	5611.196	4	1402.799	4.589	0.013*
	Hata	4585.006	15	305.667		
	Genel	10196.202	19			
K17	Muamele	7570.680	4	1892.670	6.175	0.004**
	Hata	4597.789	15	306.519		
	Genel	12168.469	19			
K18	Muamele	4546.015	4	1136.504	3.109	0.047*
	Hata	5483.022	15	365.535		
	Genel	10029.036	19			
K19	Muamele	6532.325	4	1633.081	4.649	0.012*
	Hata	5269.236	15	351.282		
	Genel	11801.561	19			
K20	Muamele	6859.151	4	1714.788	6.654	0.003**
	Hata	3865.519	15	257.701		
	Genel	10724.670	19			
K21	Muamele	5197.830	4	1299.458	6.688	0.003**
	Hata	2914.431	15	194.295		
	Genel	8112.261	19			
K22	Muamele	3843.740	4	960.935	3.772	0.026*
	Hata	3820.997	15	254.733		
	Genel	7664.737	19			
K23	Muamele	5225.628	4	1306.407	3.217	0.043*
	Hata	6091.290	15	406.086		
	Genel	11316.918	19			
K24	Muamele	6264.529	4	1566.132	6.814	0.002**
	Hata	3447.591	15	229.839		
	Genel	9712.120	19			
K25	Muamele	5408.067	4	1352.017	5.669	0.006*
	Hata	3577.126	15	238.475		
	Genel	8985.193	19			
K26	Muamele	6713.983	4	1678.496	3.182	0.044**
	Hata	7912.486	15	527.499		
	Genel	14626.470	19			
K27	Muamele	6825.839	4	1706.460	5.130	0.008**
	Hata	4989.952	15	332.663		
	Genel	11815.791	19			
K28	Muamele	4071.555	4	1017.889	4.467	0.014*
	Hata	3417.871	15	227.858		

	Genel	7489.426	19			
K29	Muamele	8416.764	4	2104.191	3.470	0.034*
	Hata	9095.760	15	606.384		
	Genel	17512.524	19			
K30	Muamele	6759.884	4	1689.971	3.149	0.046*
	Hata	8050.842	15	536.723		
	Genel	14810.726	19			
K31	Muamele	5293.878	4	1323.469	3.097	0.048*
	Hata	6410.261	15	427.351		
	Genel	11704.138	19			
K32	Muamele	5078.327	4	1269.582	3.242	0.042*
	Hata	5873.889	15	391.593		
	Genel	10952.216	19			
K33	Muamele	4245.469	4	1061.367	3.792	0.025*
	Hata	4198.213	15	279.881		
	Genel	8443.683	19			
K34	Muamele	4746.383	4	1186.596	4.486	0.014*
	Hata	3967.616	15	264.508		
	Genel	8713.999	19			
K35	Muamele	5956.131	4	1489.033	4.095	0.019*
	Hata	5454.366	15	363.624		
	Genel	11410.497	19			
K36	Muamele	5255.292	4	1313.823	4.289	0.016*
	Hata	4594.827	15	306.322		
	Genel	9850.119	19			
K37	Muamele	5039.274	4	1259.819	3.643	0.029*
	Hata	5186.621	15	345.775		
	Genel	10225.896	19			
K38	Muamele	6789.279	4	1697.320	5.381	0.007**
	Hata	4731.028	15	315.402		
	Genel	11520.307	19			
K39	Muamele	4891.259	4	1222.815	4.085	0.020*
	Hata	4490.313	15	299.354		
	Genel	9381.572	19			
K40	Muamele	4539.638	4	1134.910	3.295	0.040*
	Hata	5166.870	15	344.458		
	Genel	9706.509	19			
K41	Muamele	9397.260	4	2349.315	3.057	0.050*
	Hata	11528.502	15	768.567		
	Genel	20925.762	19			

EK-8. ANOVA Sonuç: İkili ve üçlü UY'ler ve ana bileşenlerinin kombinasyonlarının *S. oryzae*'ye karşı kaçıricılık tepki (Kombinasyon değişim analizi)

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
3.6 µl/l	Muamele	2282.131	40	57.053	0.149	1.000ÖD
	Hata	47141.523	123	383.264		
	Genel	49423.654	163			
7.1 µl/l	Muamele	5610.103	40	140.253	0.493	0.994ÖD
	Hata	34956.746	123	284.201		
	Genel	40566.849	163			
14.3 µl/l	Muamele	9771.331	40	244.283	0.567	0.980ÖD
	Hata	53027.986	123	431.122		
	Genel	62799.317	163			
28.6 µl/l	Muamele	16754.346	40	418.859	1.339	0.115ÖD
	Hata	38487.963	123	312.910		
	Genel	55242.309	163			
57.1 µl/l	Muamele	6462.408	40	161.560	0.345	1.000ÖD
	Hata	57578.853	123	468.121		
	Genel	64041.262	163			

EK-9. ANOVA Sonuç: *Acanthoscelides obtectus*'un yumurta bırakma inhibisyonuna karşı UY'ların ve ana bileşenlerinin kalıntı kontakt etkinliği.

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	19199.257	3	6399.752	40.394	0.000**
	Hata	1901.217	12	158.435		
	Genel	21100.474	15			
Ökalyptus	Muamele	8855.115	3	2951.705	4.894	0.019*
	Hata	7238.075	12	603.173		
	Genel	16093.190	15			
Nane	Muamele	5766.545	3	1922.182	1.342	0.307ÖD
	Hata	17184.905	12	1432.075		
	Genel	22951.450	15			
Trans-anethole	Muamele	23308.535	3	7769.512	42.098	0.000**
	Hata	2214.695	12	184.558		
	Genel	25523.230	15			
1,8-Cineole	Muamele	20439.923	3	6813.308	36.851	0.000**
	Hata	2218.635	12	184.886		
	Genel	22658.558	15			
L-menthol	Muamele	3946.397	3	1315.466	2.855	0.082ÖD
	Hata	5529.122	12	460.760		
	Genel	9475.519	15			

EK-10. ANOVA Sonuç: *Acanthoscelides obtectus*'un döl üretimi inhibisyonuna karşı UY'ların ve ana bileşenlerinin kalıntı kontakt etkinliği

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	15191.657	3	5063.886	3.905	0.037*
	Hata	15562.467	12	1296.872		
	Genel	30754.124	15			
Ökalyptus	Muamele	8346.932	3	2782.311	3.616	0.046*
	Hata	9233.348	12	769.446		
	Genel	17580.279	15			
Nane	Muamele	5520.257	3	1840.086	.785	0.525ÖD
	Hata	28136.597	12	2344.716		
	Genel	33656.854	15			
Trans-anethole	Muamele	27026.922	3	9008.974	51.031	0.000*
	Hata	2118.467	12	176.539		
	Genel	29145.389	15			
1,8-Cineole	Muamele	22146.642	3	7382.214	36.206	0.000**
	Hata	2446.743	12	203.895		
	Genel	24593.384	15			
L-menthol	Muamele	4038.002	3	1346.001	2.486	0.110ÖD
	Hata	6497.008	12	541.417		
	Genel	10535.009	15			

EK-11. ANOVA Sonuç Uçucu yağlar ve ana bileşenlerinin *A. obtectus*'un fasulye tanelerine verdiği zarara karşı kalıntı kontakt etkinliği

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	1952.457	3	650.819	6.371	0.008**
	Hata	1225.768	12	102.147		
	Genel	3178.224	15			
Ökalyptus	Muamele	1537.643	3	512.548	15.175	0.000**
	Hata	405.315	12	33.776		
	Genel	1942.958	15			
Nane	Muamele	1578.902	3	526.301	16.200	0.000**
	Hata	389.852	12	32.488		
	Genel	1968.754	15			
Trans-anethole	Muamele	3207.387	3	1069.129	13.265	0.000**
	Hata	967.157	12	80.596		
	Genel	4174.544	15			
1,8-Cineole	Muamele	1758.417	3	586.139	13.544	0.000**
	Hata	519.308	12	43.276		
	Genel	2277.724	15			

L-menthol	Muamele	731.947	3	243.982	3.440	0.05*
	Hata	851.132	12	70.928		
	Genel	1583.079	15			

EK-12. ANOVA Sonuç: *Acanthoscelides obtectus* tarafından fasulye tohumlarının kilo kaybına karşı UY'lerin ve ana bileşenlerinin kalıntı kontakt etkinliği

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	857.737	3	285.912	5.156	0.016*
	Hata	665.463	12	55.455		
	Genel	1523.199	15			
Ökalyptus	Muamele	639.097	3	213.032	7.315	0.005**
	Hata	349.463	12	29.122		
	Genel	988.559	15			
Nane	Muamele	1154.132	3	384.711	6.099	0.009**
	Hata	756.903	12	63.075		
	Genel	1911.034	15			
Trans-anethole	Muamele	1369.435	3	456.478	24.722	0.000**
	Hata	221.575	12	18.465		
	Genel	1591.010	15			
1,8-Cineole	Muamele	1203.387	3	401.129	4.673	0.022*
	Hata	1030.070	12	85.839		
	Genel	2233.457	15			
L-menthol	Muamele	410.195	3	136.732	4.490	0.025*
	Hata	365.425	12	30.452		
	Genel	775.620	15			

EK-13. ANOVA Sonuç: *Sitophilus oryzae*'nin döl üretimi inhibisyonuna karşı UY'ların ve ana bileşenlerinin kalıntı kontakt etkinliği

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	25464.137	3	8488.046	463.137	0.000**
	Hata	219.928	12	18.327		
	Genel	25684.064	15			
Ökalyptus	Muamele	24241.260	3	8080.420	242.813	0.000**
	Hata	399.340	12	33.278		
	Genel	24640.600	15			
Nane	Muamele	25319.183	3	8439.727	320.724	0.000**
	Hata	315.775	12	26.315		
	Genel	25634.958	15			
Trans-anethole	Muamele	9593.967	3	3197.989	90.382	0.000**
	Hata	424.598	12	35.383		
	Genel	10018.564	15			

1,8-Cineole	Muamele	8208.428	3	2736.143	15.869	0.000**
	Hata	2069.110	12	172.426		
	Genel	10277.538	15			
L-menthol	Muamele	10067.532	3	3355.844	44.067	0.000**
	Hata	913.843	12	76.154		
	Genel	10981.374	15			

EK-14. ANOVA Sonuç: Uçucu yağlar ve ana bileşenlerinin *S. oryzae*'nin buğday tanelerine verdiği zarara karşı kalıntı kontakt etkinliği

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	11688.822	3	3896.274	143.906	0.000**
	Hata	324.902	12	27.075		
	Genel	12013.724	15			
Ökalyptus	Muamele	11306.997	3	3768.999	154.247	0.000**
	Hata	293.218	12	24.435		
	Genel	11600.214	15			
Nane	Muamele	11964.057	3	3988.019	147.829	0.000**
	Hata	323.727	12	26.977		
	Genel	12287.784	15			
Trans-anethole	Muamele	5537.352	3	1845.784	65.912	0.000**
	Hata	336.047	12	28.004		
	Genel	5873.399	15			
1,8-Cineole	Muamele	5208.833	3	1736.278	46.743	0.000**
	Hata	445.745	12	37.145		
	Genel	5654.578	15			
L-menthol	Muamele	4472.955	3	1490.985	19.282	0.000**
	Hata	927.885	12	77.324		
	Genel	5400.840	15			

EK-15. ANOVA Sonuç: *Sitophilus oryzae* tarafından buğday tohumlarının kilo kaybına karşı UY'lerin ve ana bileşenlerinin kalıntı kontakt etkinliği

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	207.547	3	69.182	42.168	0.000**
	Hata	19.688	12	1.641		
	Genel	227.234	15			
Ökalyptus	Muamele	221.688	3	73.896	90.949	0.000**
	Hata	9.750	12	.812		
	Genel	231.438	15			

Nane	Muamele	203.672	3	67.891	51.118	0.000**
	Hata	15.938	12	1.328		
	Genel	219.609	15			
Trans-anethole	Muamele	101.000	3	33.667	36.727	0.000**
	Hata	11.000	12	.917		
	Genel	112.000	15			
1,8-Cineole	Muamele	64.352	3	21.451	3.389	0.05*
	Hata	75.958	12	6.330		
	Genel	140.309	15			
L-menthol	Muamele	62.036	3	20.679	6.968	0.006**
	Hata	35.614	12	2.968		
	Genel	97.649	15			

EK-16. ANOVA Sonuç: Ergin böceklerin ön işlemleri tarafından uçucu yağlar ve ana bileşenlerinin *A. obtectus*'un ebeveyn ergin böcek ölümleri üzerindeki etkileri

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	2333.327	3	777.776	10.572	0.001**
	Hata	882.827	12	73.569		
	Genel	3216.154	15			
Ökaliptus	Muamele	7669.772	3	2556.591	4.097	0.032*
	Hata	7488.105	12	624.009		
	Genel	15157.877	15			
Nane	Muamele	98.565	3	32.855	0.322	0.809ÖD
	Hata	1223.275	12	101.940		
	Genel	1321.840	15			
Trans-anethole	Muamele	102.517	3	34.172	0.120	0.946ÖD
	Hata	3403.818	12	283.651		
	Genel	3506.334	15			
1,8-Cineole	Muamele	252.217	3	84.072	0.464	0.713ÖD
	Hata	2176.248	12	181.354		
	Genel	2428.464	15			
L-menthol	Muamele	178.905	3	59.635	0.801	0.517ÖD
	Hata	893.945	12	74.495		
	Genel	1072.850	15			

EK-17. ANOVA Sonuç: Ergin böceklerin ön işlemleri tarafından uçucu yağlar ve ana bileşenlerinin *A. obtectus*'un yumurta bırakma inhibisyonu üzerindeki etkileri

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	17452.613	3	5817.538	47.389	0.000**
	Hata	1473.125	12	122.760		
	Genel	18925.738	15			
Ökaliptus	Muamele	10498.565	3	3499.522	7.470	0.004**
	Hata	5621.365	12	468.447		
	Genel	16119.930	15			
Nane	Muamele	6282.122	3	2094.041	4.187	0.030*
	Hata	6000.968	12	500.081		
	Genel	12283.089	15			
Trans-anethole	Muamele	5312.265	3	1770.755	1.347	0.305ÖD
	Hata	15770.025	12	1314.169		
	Genel	21082.290	15			
1,8-Cineole	Muamele	3798.937	3	1266.312	2.757	0.088ÖD
	Hata	5512.597	12	459.383		
	Genel	9311.534	15			
L-menthol	Muamele	3191.042	3	1063.681	3.184	0.063ÖD
	Hata	4008.423	12	334.035		
	Genel	7199.464	15			

EK-18. ANOVA Sonuç: Ergin böceklerin ön işlemleri tarafından uçucu yağlar ve ana bileşenlerinin *A. obtectus*'un döl üretimi inhibisyonu üzerindeki etkileri

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	10615.937	3	3538.646	8.520	0.000**
	Hata	4984.268	12	415.356		
	Genel	15600.204	15			
Ökaliptus	Muamele	17893.747	3	5964.582	25.228	0.000**
	Hata	2837.118	12	236.426		
	Genel	20730.864	15			
Nane	Muamele	5285.862	3	1761.954	7.483	0.004**
	Hata	2825.578	12	235.465		
	Genel	8111.439	15			
Trans-anethole	Muamele	484.912	3	161.637	.476	0.705ÖD
	Hata	4071.757	12	339.313		
	Genel	4556.669	15			
1,8-Cineole	Muamele	2222.332	3	740.777	1.039	0.410ÖD
	Hata	8551.718	12	712.643		
	Genel	10774.049	15			

L-menthol	Muamele	665.137	3	221.712	.703	0.568ÖD
	Hata	3784.478	12	315.373		
	Genel	4449.614	15			

EK-19. ANOVA Sonuç : Ergin böceklerin uçucu yağlara ve ana bileşenlerine maruz kalması ve *A. obtectus*'un fasulye tanelerine zarar etkileri

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	1927.822	3	642.608	5.878	0.010**
	Hata	1311.875	12	109.323		
	Genel	3239.697	15			
Ökalyptus	Muamele	3334.152	3	1111.384	8.727	0.002**
	Hata	1528.165	12	127.347		
	Genel	4862.317	15			
Nane	Muamele	1666.297	3	555.432	6.310	0.008**
	Hata	1056.317	12	88.026		
	Genel	2722.614	15			
Trans-anethole	Muamele	662.022	3	220.674	.984	0.433ÖD
	Hata	2691.017	12	224.251		
	Genel	3353.039	15			
1,8-Cineole	Muamele	253.742	3	84.581	.421	0.741ÖD
	Hata	2411.683	12	200.974		
	Genel	2665.424	15			
L-menthol	Muamele	225.837	3	75.279	.956	0.445ÖD
	Hata	944.907	12	78.742		
	Genel	1170.744	15			

EK-20. ANOVA Sonuç: *Acanthoscelides obtectus* erginlerinin UY'lara ve onların ana bileşenlerine önceden maruz bırakılmasıyla fasulye tanelerinin kilo kaybının azaltılması

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	603.659	3	201.220	5.922	0.010**
	Hata	407.721	12	33.977		
	Genel	1011.380	15			
Ökalyptus	Muamele	1613.618	3	537.873	9.765	0.002**
	Hata	660.958	12	55.080		
	Genel	2274.576	15			
Nane	Muamele	455.885	3	151.962	5.218	0.016*
	Hata	349.453	12	29.121		
	Genel	805.338	15			

Trans-anethole	Muamele	123.193	3	41.064	1.674	0.225ÖD
	Hata	294.311	12	24.526		
	Genel	417.504	15			
1,8-Cineole	Muamele	169.275	3	56.425	1.057	0.403ÖD
	Hata	640.378	12	53.365		
	Genel	809.654	15			
L-menthol	Muamele	161.465	3	53.822	2.032	0.163ÖD
	Hata	317.848	12	26.487		
	Genel	479.314	15			

EK-21. ANOVA Sonuç: Ergin böceklerin ön işlemleri tarafından uçucu yağlar ve ana bileşenlerinin *S. oryzae*'nin ebeveyn ergin böcek ölümleri üzerindeki etkileri

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	1118.750	3	372.917	4.163	0.031*
	Hata	1075.000	12	89.583		
	Genel	2193.750	15			
Ökalyptus	Muamele	518.750	3	172.917	3.609	0.046*
	Hata	575.000	12	47.917		
	Genel	1093.750	15			
Nane	Muamele	368.750	3	122.917	3.105	0.067ÖD
	Hata	475.000	12	39.583		
	Genel	843.750	15			
Trans-anethole	Muamele	618.750	3	206.250	5.211	0.016*
	Hata	475.000	12	39.583		
	Genel	1093.750	15			
1,8-Cineole	Muamele	900.000	3	300.000	18.000	0.000**
	Hata	200.000	12	16.667		
	Genel	1100.000	15			
L-menthol	Muamele	968.750	3	322.917	5.000	0.018*
	Hata	775.000	12	64.583		
	Genel	1743.750	15			

EK-22. ANOVA Sonuç: Ergin böceklerin ön işlemleri tarafından uçucu yağlar ve ana bileşenlerinin *S. oryzae*'nin döl üretimi inhibisyonu üzerindeki etkileri

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	29168.312	3	9722.771	1530.994	0.000**
	Hata	76.208	12	6.351		
	Genel	29244.519	15			

Ökalyptus	Muamele	21311.407	3	7103.802	25.022	0.000**
	Hata	3406.847	12	283.904		
	Genel	24718.254	15			
Nane	Muamele	25275.930	3	8425.310	563.503	0.000**
	Hata	179.420	12	14.952		
	Genel	25455.350	15			
Trans-anethole	Muamele	25362.162	3	8454.054	61.315	0.000**
	Hata	1654.542	12	137.879		
	Genel	27016.704	15			
1,8-Cineole	Muamele	26318.055	3	8772.685	378.031	0.000**
	Hata	278.475	12	23.206		
	Genel	26596.530	15			
L-menthol	Muamele	25389.622	3	8463.207	221.749	0.000**
	Hata	457.988	12	38.166		
	Genel	25847.609	15			

EK-23. ANOVA Sonuç: Ergin böceklerin uçucu yağlara ve ana bileşenlerine maruz kalması ve *S. oryzae*'nin buğday tanelerine zarar etkileri

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	14370.697	3	4790.232	208.243	0.000**
	Hata	276.038	12	23.003		
	Genel	14646.734	15			
Ökalyptus	Muamele	12394.063	3	4131.354	79.911	0.000**
	Hata	620.395	12	51.700		
	Genel	13014.458	15			
Nane	Muamele	12892.512	3	4297.504	95.993	0.000**
	Hata	537.225	12	44.769		
	Genel	13429.737	15			
Trans-anethole	Muamele	12873.485	3	4291.162	114.151	0.000**
	Hata	451.105	12	37.592		
	Genel	13324.590	15			
1,8-Cineole	Muamele	11794.912	3	3931.637	111.829	0.000**
	Hata	421.893	12	35.158		
	Genel	12216.804	15			
L-menthol	Muamele	12882.097	3	4294.032	124.867	0.000**
	Hata	412.668	12	34.389		
	Genel	13294.764	15			

EK-24. ANOVA Sonuç: *Sitophilus oryzae* erginlerinin UY'lara ve onların ana bileşenlerine önceden maruz bırakılmasıyla buğday tanelerinin kilo kaybının azaltılması

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Olasılık
Anason	Muamele	253.375	3	84.458	31.305	0.000**
	Hata	32.375	12	2.698		
	Genel	285.750	15			
Ökalyptus	Muamele	180.706	3	60.235	23.479	0.000**
	Hata	30.786	12	2.566		
	Genel	211.493	15			
Nane	Muamele	124.783	3	41.594	3.933	0.036*
	Hata	126.915	12	10.576		
	Genel	251.698	15			
Trans-anethole	Muamele	143.188	3	47.729	21.018	0.000**
	Hata	27.250	12	2.271		
	Genel	170.438	15			
1,8-Cineole	Muamele	103.477	3	34.492	4.489	0.025*
	Hata	92.208	12	7.684		
	Genel	195.684	15			
L-menthol	Muamele	158.411	3	52.804	13.521	0.000**
	Hata	46.864	12	3.905		
	Genel	205.274	15			

* : %5 düzeyinde önemlidir

** : %1 düzeyinde önemlidir

ÖD : Önemli değil

ÖZGEÇMİŞ

Athanase HATEGEKIMANA
ahategekimanaa@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2015-2020	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Bölümü, Antalya
Yüksek Lisans 2010-2012	Tamil Nadu Agricultural University Ziraat Fakültesi, Entomoloji Bölümü, Coimbatore-India
Lisans 2001-2006	National University of Rwanda Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Butare-Rwanda

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırma Görevlisi 2013 - Devam Ediyor	Rwanda Agricultural Research Institute Bitki Koruma Bölümü, Rubona-Rwanda
Araştırma İstasyonu Müdürü 2009-2010	Rwanda Agricultural Research Institute Nyamagabe İstasyonu, Rwanda
Buğday Program Koordinatörü 2008-2010	Rwanda Agricultural Research Institute Buğday Programı, Nyamagabe-Rwanda
Araştırma Görevlisi 2007 - 2008	Rwanda Agricultural Research Institute Buğday Programı, Nyamagabe-Rwanda

ESERLER

Hategekimana, A., Erler, F. 2020. Comparative repellent activity of single, binary and ternary combinations of plant essential oils and their major components against *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Plant Diseases and Protection*.

- Hategekimana, A., Erler, F. 2020. Fecundity and fertility inhibition effects of some plant essential oils and their major components against *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Plant Diseases and Protection*.
- Kajuga, J., Hategekimana, A., Yan, X., Waweru, B.W., Li, H., Li, K., Yin, J., Cao, L., Karanja, D., Umulisa, C. and Toepfer, S. 2018. Management of white grubs (Coleoptera: Scarabeidae) with entomopathogenic nematodes in Rwanda. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1): 2.
- Hategekimana, A., Night, G., Rutikanga, A., Uzamugura, J.M.V. and Erler, F. 2017. Insecticidal and grain-protecting properties of a pyrethrum-based product against stored maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(8): 5136-5141.
- Nyamwasa, I., Li, K., Yin, J., Zhang, S., Kajuga, J., Hategekimana, A., Waweru, B. and Li, H. 2017. Occurrence of soil insect pests: insight from classical identification supplemented with DNA barcoding. *International Journal of Pest Management*, 63(1): 18-29.
- Yan, X., Waweru, B., Qiu, X., Hategekimana, A., Kajuga, J., Li, H., Edgington, S., Umulisa, C., Han, R. and Toepfer, S. 2016. New entomopathogenic nematodes from semi-natural and small-holder farming habitats of Rwanda. *Biocontrol Science and Technology*, 26(6): 820-834.
- Ndereyimana, A., Praneetha, S., Pugalendhi, L., Pandian, B.J. and Hategekimana, A. 2013. Effect of Spacing and Fertigation on Incidence of Shoot and Fruit Borer (*Leucinodes Orbonalis* Guenee) in Eggplant (*Solanum Melongena* L) Grafts. *Journal of Renewable Agriculture*, 1(5): 102-105.
- Hategekimana, A., Mohan, S., Ramaraju, K. and Thirupathi, V. 2013. Efficiency of Stack Probe Trap for Detection, Validation of Fumigation and Distribution of Stored Grain Insects in Bag Stacks. *Journal of Renewable Agriculture*, 1(3): 39-43.
- Hategekimana A. and S. Mohan. 2013. Determining the effectiveness of insect egg remover in removal of adult insects in stored grains. *Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary*, 1(10): 266-282.
- Ingabire, J.P., Hategekimana, A., Bhuvanewari, K., Mohan, S. and Ganapathy, S. 2013. Management of pulse beetle, *callosobruchus maculatus* (F) population by nitrogen based modified atmosphere. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 1(5): 48-52.