

## Bazı Lamiaceae Uçucu Yağlarının *Tenebrio molitor* Larvaları Üzerinde İnsektisidal Etkileri ve Larvaların Ana Yaşına Bağlı Duyarlılıkların Belirlenmesi\*

Mehmet Sedat SEVİNÇ<sup>1\*</sup>, Mustafa Murat YEŞİLIRMAK<sup>1</sup>, Erdiñ GÜNAY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Bölümü, Isparta/TÜRKİYE

<sup>2</sup>Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yetiştirme Teknikleri Bölümü, Isparta/TÜRKİYE

\*Yazarlar, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü ve Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne finansal destek için teşekkür ederler.

Alınış tarihi: 20 Temmuz 2024, Kabul tarihi: 5 Kasım 2024

Sorumlu yazar: Mehmet Sedat SEVİNÇ, e-posta: mehmetsead.sevinc@tarimorman.gov.tr

### Öz

**Amaç:** Lamiaceae familyasına ait 6 farklı bitki uçucu yağının *T. molitor* larvalarına karşı öldürücü etkilerini araştırmak, en yüksek öldürücü etkiye sahip yağlar ile popülasyonun farklı yaş gruplarından meydana gelen larvalar üzerinde ölüm oranı farklılıklarını tespit etmek amaçlanmıştır.

**Materyal Yöntem:** Melisa (*Melissa officinalis*), Kekik (*Origanum minutiflorum*), Nane (*Mentha piperita*), Adaçayı (*Salvia officinalis*), Fesleğen (*Ocimum basilicum*), Lavanta (*Lavandula intermedia*)' dan elde edilen uçucu yağların 3 farklı dozu (5 ml, 3ml, 1ml L<sup>-1</sup>) *T. molitor* larvaları üzerinde daldırma ve kalıntı yöntemi ile test edilmiştir. İstatistiki olarak yüksek ölüm oranına sahip 3 yağın 3 ml L<sup>-1</sup> dozu, ana popülasyonun farklı yaş dönemlerinden meydana getirdiği larvaların son dönemleri üzerinde kalıntı ve daldırma metoduyla denenmiştir.

**Bulgular:** *O. minutiflorum*, *M. piperita*, uçucu yağlarının 5 ml L<sup>-1</sup> dozu ile *M. officinalis* uçucu yağının 5 ml L<sup>-1</sup> ve 3 ml L<sup>-1</sup> dozları %100 ölüme sebep olarak etkili uçucu yağ dozları olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu üç uçucu yağın 3 ml L<sup>-1</sup> dozları ile anne bireylerin farklı yaş dönemlerinde ortaya çıkan 4 grup larva üzerinde *M. officinalis* 'in sebep olduğu ölüm oranları sırasıyla; %86.6, %100, %73.3 ve %100 olarak tespit edilmiştir. *O. minutiflorum* sadece ilk grupta %64.4, *M. piperita* ise sadece 4. grupta %48.9 ölüm oranına sahip olup diğer gruplarda ölüm tespit edilmemiştir. Bu çalışma sonucu canlılığını sürdüren tüm deneme karakterlerinde ikinci nesil oluşumu gözlenmiştir. Tüm gruplarda öldürücülük etkisini 3 ml L<sup>-1</sup> doz özelinde gösteren *M. officinalis* uçucu

yağının 5 farklı dozu tekrar *T. molitor* geç dönem larvalarına uygulanarak LC50 değeri, 1.96 ve LC90 değeri ise 3,09 ml L<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir.

**Sonuç:** *M. officinalis* en yüksek öldürücülük oranına sahiptir. Denemede kullanılan düşük maliyetli diğer yağların daha yüksek dozlarıyla yapılacak yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca annelerin farklı yaş dönemlerinden ortaya çıkan bireylerin ölüm oranlarındaki farklılıklar, kurulacak olan yeni denemelerde dişi bireylerin yaş kriterlerine dikkat edilmesi gerekliliğini göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Ana yaşı etkisi, *Melissa officinalis*, *Origanum minutiflorum*, *Mentha piperita*, *Salvia officinalis*, *Ocimum basilicum*, *Lavandula intermedia*

### Insecticidal Effects of Some Lamiaceae Essential Oils on *Tenebrio molitor* Larvae and Determination of Susceptibilities of The Larvae Depending on the Maternal Age

#### Abstract

**Objective:** It was aimed to investigate the lethal effects of 6 different plant essential oils belonging to the Lamiaceae family against *T. molitor* larvae and to determine the differences in mortality rates on the oils with the highest effectiveness and on the larvae of different age groups of the population.

**Material and Methods:** 3 different doses (5 ml, 3ml, 1ml L<sup>-1</sup>) of essential oils obtained from Lemon balm (*Melissa officinalis*), Thyme (*Origanum minutiflorum*), Mint (*Mentha piperita*), Sage (*Salvia officinalis*), Basil

(*Ocimum basilicum*), Lavender (*Lavandula intermedia*) was tested on *T. molitor* larvae by the immersion and residue method. 3 ml L<sup>-1</sup> dose of 3 oils with statistically high mortality rates were tested by the residue and dipping method on the last stages of larvae formed from different age periods of the main population.

**Results:** 5 ml L<sup>-1</sup> doses of *O. minutiflorum*, *M. piperita* essential oils and 5 ml L<sup>-1</sup> and 3 ml L<sup>-1</sup> doses of *M. officinalis* essential oil were determined to be the most effective essential oil and doses, causing 100% mortality. In addition, the mortality rates caused by *M. officinalis* on 4 groups of larvae emerging at different age periods of the mother individuals with 3 ml L<sup>-1</sup> doses of these three essential oils are; It was determined as 86.6%, 100%, 73.3% and 100%, respectively. *O. minutiflorum* had a mortality rate of 64.4% only in the first group, and *M. piperita* had a mortality rate of 48.9% only in the 4<sup>th</sup> group, but did not cause mortality in the other groups. As a result of this study, second generation formation was observed in all surviving trial characters. Five different doses of *M. officinalis* essential oil, which showed its lethal effect in all groups, specifically at the 3 ml L<sup>-1</sup> dose, were applied again to *T. molitor* late stage larvae, and the LC50 value was determined as 1.96 and the LC90 value was determined as 3.09 ml L<sup>-1</sup>.

**Conclusion:** *M. officinalis* has the highest lethality rate. New research is needed with higher doses of other low-cost oils used in the trial. In addition, differences in the mortality rates of individuals in different age periods of mothers show that the maternal age effects should be taken into consideration in new experiments.

**Keywords:** Maternal age effect, *Melissa officinalis*, *Origanum minutiflorum*, *Mentha piperita*, *Salvia officinalis*, *Ocimum basilicum*, *Lavandula intermedia*

## Giriş

Benzersiz ekosistem kompleksi ve yüksek sayıda yerli bitkinin yetiştiriciliği dikkate alındığında, Akdeniz bölgesi, böcek öldürücü değere sahip bitki türlerinin seçilmesi için ideal bir hedef alan olarak kabul edilir. Ayrıca, bu bölgede gıda, yem, ilaç ve mahsul koruma gibi farklı amaçlar için yerli bitki kullanımı binlerce yıldır kullanılmakta ve tarihsel olarak dünyadaki diğer tüm eko-bölgelerden daha çok gelişmiş görünmektedir (Karkanis ve Athanassiou, 2021).

Sahip olduğu özelliklerinden dolayı özellikle uçucu yağ, farmasötik ve sağlık ürünlerinin elde edildiği bitkiler, tıbbi ve aromatik bitki olarak tanımlanmaktadır (Lubbe ve Verpoorte, 2011). Ayrıca bu bitkilerden boyalar, renklendiriciler, kozmetikler ve bitki koruma ürünleri de elde edilmektedir. Bu bitki türlerinin göstermiş olduğu etkiler sekonder metabolit olarak adlandırılan terpenler, karetanoidler, fenolik asitler, flavanoidler, kumarinler ve alkoloitler gibi aktif bileşenlerden kaynaklanmaktadır (Honermeier ve ark., 2013). Lamiaceae (Ballıbabagiller), çok sayıda tıbbi bitki türüne sahip en önemli familyalardan biridir (Sharafzadeh ve Zare, 2011). Bu familyaya ait birçok bitki, aromaterapi, yiyecek ve içeceklerde aroma kaynağı, alternatif tıp, kozmetik ve parfümeride yoğun olarak kullanılan uçucu yağlar açısından zengindir (Popa ve ark., 2021). Ayrıca antioksidan ve antimikrobiyal özelliklere sahip uçucu yağların üretiminde en önemli familyalardan biridir. Bu tür yağların üretimi çoğunlukla bu familyaya ait bitkilerin uyum sağladığı ekolojik koşullar ve ekonomik kalkınma açısından karlı bir kaynak olduğu Akdeniz bölgesinde yaygındır (Nieto, 2017).

Son yıllarda yapılan araştırmalarda tarımda yoğun kimyasal kullanımının olumsuz etkilerinin önüne geçmek üzere tarımsal zararlı ve hastalıklarla mücadelede alternatif olarak bitki uçucu yağlarının etkisi üzerine odaklanılmıştır. Söz konusu familyaya ait *Melissa*, *Melissa officinalis* L. (Ebadollahi ve ark., 2016; Mahmoudi ve ark., 2017; Upadhyay ve ark., 2019; Abdelmaksoud ve ark., 2024), Kekik, *Origanum minutiflorum* L. (Çetin ve Yanıkoğlu, 2006; Çetin ve ark., 2009; Alkan, 2020), Nane, *Mentha piperita* L. (Atay ve ark., 2024; Iqbal, 2024; Jahan, 2024), Adaçayı, *Salvia officinalis* L. (Alkan ve ark., 2018; Abdelmaksoud ve ark., 2024; Moullamri ve ark., 2024), Fesleğen, *Ocimum basilicum* L. (Awad ve ark., 2024; Dos Santos ve ark., 2024; İleke ve Olaposi, 2024), Lavanta, *Lavandula intermedia* L. (Çılğın ve Keçeci, 2024; Yandayan Genç ve ark., 2024) bitkilerinin farklı tarımsal ve depo zararlıları üzerinde farklı etkilerini gösteren çalışmalar mevcuttur. *Tenebrio molitor* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Tenebrionidae) önemli depo zararlılarından bir türdür. Depolanan tahılda *T. molitor* salgıladığı enzimler ve hayati faaliyetlerinin ürünleri ile kontaminasyona yol açarak saprofitik mikrofloranın gelişmesine katkıda bulunmakta ve depolanan üründe kaliteyi düşürmektedir (Loudon, 1988; Schroeckenstein vd, 1990; Barnes ve Siva-Jothy, 2000).

Böcek popülasyonlarında ana bireyin zamana bağlı doğurganlığı azalırken (Morales-Ramos ve ark., 2012), ana popülasyonun farklı yaş dönemlerinden meydana gelen bireylerin birtakım biyoparametrelerinde farklılıklar görülebilmektedir (Mcintyre ve Gooding, 2000; Yanagi ve Miyatake, 2002; Al-Lawati ve Bienefeld, 2009; Karsavuran ve Anaç, 2014; Yüztaş ve ark., 2015; Bayındır Erol ve Birgücü, 2020; Sevinç ve Karaca, 2024). Bu durumun mücadele uygulamalarının başarısını etkileyebileceği düşünülmektedir. Bu sebeple mücadelesi veya yetiştirilmesi düşünülen böcek türlerinde uygulamaların farklı yaş gruplarından meydana gelen bireyler üzerindeki etkisini görmek bilgiyi pratiğe aktarım için daha gerçek sonuçlar sağlayacaktır. Bu çalışmada, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü bünyesinde üretilen 6 adet bitki uçucu yağının *T. molitor* larvaları üzerindeki insektisidal etkisi böcek daldırma ve kalıntı metoduyla araştırılmıştır. Öldürücü etkisi yüksek bulunan üç bitkisel yağın öldürücü dozu ile annelerin farklı yaş dönemlerinde ortaya çıkardıkları larvaların duyarlılığı tespit edilmiştir. En sonunda da en etkili bulunan yağın öldürücü olmayan dozlarında da larval gelişim, ergin eldesi ve ergin *T. molitor*'un üremeleri üzerinde sonuçlar tartışılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### *T. molitor* üretimi

Denemenin ana materyalini, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Bölümünde

(Eğirdir, Isparta) bulunan  $25\pm 1$  °C, %60±5 nem, 16:8 (aydınlık:karanlık) saat koşullara sahip iklim odalarındaki buğday kepeğinde yetiştirilen stok kültürden alınan *T. molitor*'un ergin bireyleri oluşturmaktadır. Tüm denemeler aynı koşullara sahip iklim odalarında, 25x40 cm ölçülerinde 10 cm yüksekliğe sahip beyaz plastik küvetlerde, gıda olarak buğday kepeği ve su ihtiyacını karşılaması için Golden delicious çeşidi elma meyvesi kullanarak yürütülmüştür.

### Bitki uçucu yağları eldesi ve kimyasal bileşen özellikleri GC-MS ile biyoaktif bileşenlerinin tespiti

Bu çalışmada kullanılan uçucu yağlar; adaçayı (*Salvia officinalis*), fesleğen (*Ocimum basilicum*), kekik (*Origanum minutiflorum*), lavanta (*Lavandula x intermedia*), melisa (*Melissa officinalis*) ve nane (*Mentha piperita*) bitki türlerine ait kuru drogların Clevenger tipi distilasyon cihazında 2 saat süreyle damıtılması sonucunda elde edilmişlerdir. Bu uçucu yağların bileşenleri QP Shimadzu marka, 5050 model gaz kromatografisi kütle spektrometresi (GC/MS) ile belirlenmiştir. Hekzanda seyreltilen örnekler, CP-Wax 52 CB (50 m x 0.32 mm; film kalınlığı= 0.25 µm) klona, bileşenlerin ayırımı için enjekte edilmiştir. Her 10 dakikada 10 °C artması planlanan Klon başlangıç sıcaklığı 60 °C son sıcaklığı 250 °C olarak ayarlanmıştır. Sıcaklık 5 dk boyunca 220 °C'de bekletilmiştir.

Çizelge 1. Uçucu yağların kimyasal bileşimi

Bileşenler (%)	Bitki Türleri					
	Adaçayı	Fesleğen	Kekik	Lavanta	Melisa	Nane
Neral	-	31.26	-	-	10.20	-
Geranial	-	41.51	-	-	15.80	-
trans-Caryophyllene	10.92	3.83	2.48	0.64	27.36	1.14
Germacrene-D	0.07	2.42	1.15	-	18.97	0.29
Geraniol	-	9.69	-	0.51	-	-
1,8-Cineole	28.07	-	-	12.22	-	3.58
cis-Thujone	18.93	-	-	-	-	-
trans-Thujone	6.37	-	-	-	-	-
Camphor	14.85	-	-	9.25	-	-
p-Menthone	-	-	-	-	-	17.20
Menthol	-	-	-	-	-	45.62
Isomenthone	-	-	-	-	-	6.92
Menthyl acetate	-	-	-	-	-	6.63
Neo-Menthol	-	-	-	-	-	5.72
Carvacrol	0.26	-	60.24	-	-	-
p-Cymene	1.85	-	7.49	0.52	-	-
α-Bisabolene	-	3.03	5.42	1.03	-	-
Linalool	-	-	3.47	40.03	1.85	-
Terpinene	0.78	-	6.68	-	-	-
Linalyl acetate	-	-	1.78	16.32	-	-
Lavandulol acetate	-	-	-	3.36	-	-

240 °C enjeksiyon bloğu sıcaklığı, 250 °C detektör sıcaklığı, 70 eV dedektör enerji akışı, el İyonlaştırma ve akış hızı 10 psi olarak ayarlanan Helyum (20 ml/dak.) gazı kullanarak çalışma yürütülmüştür. Bileşikler; retention indekslerinin (RI) hesaplanması amacıyla normal alkanların homolog serilerinin referansı ile karşılaştırılarak ve Mass spektrumlarının WILLEY ve NIST kütüphanelerinde bulunan bileşenlerin spektrumlarıyla karşılaştırılmasıyla tanımlanarak içerik oranları belirlenmiştir.

### **Biyoassay denemelerinin kurulması**

Denemeler 17x23x7(yükseklik) cm ölçülerine sahip 2000cc kapağı tül ile kapatılmış plastik kaplarda yürütülmüştür. Her bir yağın 3 farklı dozu (1 ml L<sup>-1</sup>, 3 ml L<sup>-1</sup>, 5 ml L<sup>-1</sup>) 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 adet ileri dönem *T. molitor* larvasında denenmiştir. Yağ süspansiyonları hazırlanırken 100 ml su içerisine 0.1, 0.3 ve 0.5 ml bitkisel yağ ve çözücü olarak yağ miktarıyla aynı oranda alkol kullanılmıştır. Hazırlanan çözelti üzerine 100 ml çözeltiye tamamlanacak şekilde saf su ilavesi yapılmıştır. Kontrol gruplarındaki larvalara uygulanmak üzere her bir deneme karakterinde; uçucu yağ ile aynı oranda çözücü olarak kullanılan alkol miktarları (0.1, 0.3 ve 0.5 ml) ölçülmüş, 100 ml su ile karıştırılarak kontrol grubu için farklı oranlarda süspansiyon (alkol+saf su) hazırlanmıştır. 0.1 ml alkol ve saf su karışımı; 0.1 ml uçucu yağ, 0.1 ml alkol ve saf su karışımı ile muamele edilen deneme karakterlerinin kontrolü olarak yer almıştır. Diğer alkol miktarları da (0.3 ve 0.5 ml.) kontrol grupları için paralel oranlarda kullanılmıştır. Denemeler böcek daldırma ve kalıntı bioassay metodları olmak üzere iki şekilde kurulmuştur. Daldırma için seçilen böcekler hazırlanan solüsyon içerisinde tülbent yardımıyla 3 saniye bekletilmiş, filtre kağıtlarında kuruması için yaklaşık bir dakika bekletilmiş ve içlerine 50 g buğday kepeği eklenen plastik kaplara aktarılmıştır. Kalıntı yöntemi için ise aynı ölçülere sahip plastik kutular el spreyi yardımı ile plastik kabın iç yüzeyi her bir dozdan 6 ml uygulandıktan sonra 20 dakika kurumaya bırakılmıştır. Kuruma gerçekleşikten sonra her bir plastik kutuya 50 g buğday kepeği bırakılmış ve kutulara 10 adet son dönem ve son döneme yakın larvalar karışık olarak kepekten yaklaşık 10 cm uzaklığa koyulmuştur. Denemeler 96 saat sonunda ölü-canlı verileri değerlendirilmek üzere 25±1 °C, %60±5 nem, 16:8 (aydınlık:karanlık) saat koşullara sahip iklim odalarına yerleştirilmiştir.

### **En yüksek ölüm oranı belirlenen üç uçucu yağın ana popülasyonun farklı yaş dönemlerinden ortaya çıkan larvalar üzerindeki etkisi**

Bu deneme için *T. molitor*'un farklı yaş dönemlerinde meydana gelen son dönem larvalar kullanılmıştır. Bunun için 200 bireyden oluşan (1:1 dişi/erkek) 10-14 günlük *T. molitor* ergin birey popülasyonu 40X25X10 (yükseklik) cm ölçülere sahip plastik küvetlerde 1000 g buğday kepeği üzerine yerleştirilmiş ve yaşamını sürdüren ergin bireyler her 10 günde bir aynı özelliklere sahip diğer küvetlere aktarılmıştır. Bu sayede yaklaşık 10 günlük yaş farkıyla farklı gruplar elde edilmiştir. Bu küvetlerde pupa dönemine giren bireyler görüldüğü tarihte en iri larvalar seçilerek (yaklaşık 3,5 cm) deneme kurulmuştur. Ana popülasyondaki tüm ergin bireyler ölünceye kadar küvet değişikliği gerçekleştirilmiştir ve her gruptan 30 larva denemeye dahil edilmiştir. Deneme; insektisidal etkilerinin önemli olduğu düşünülen 3 farklı yağın 3 ml L<sup>-1</sup> dozu ile 3 tekerrürlü olarak daldırma metoduyla uygulanmıştır. 3 saniye süreyle süspansiyona daldırılan bireyler filtre kağıtları üzerinde 60 saniye kurutularak içerisine 50 g buğday kepeği eklenen plastik kutulara aktarılmıştır. Kontrol grupları için 3 ml L<sup>-1</sup> alkol saf su ile karıştırılarak hazırlanmıştır. Kullanılan yağların sadece temas etkisinin ölçülmesi istenen denemede plastik kapların kapakları kesilerek tül ile havalandırma deliği açılmıştır. Denemeler değerlendirilmek üzere 25±1 °C, %60±5 nem, 16:8 (aydınlık:karanlık) saat koşullara sahip iklim odalarına yerleştirilmiştir. 96 saat sonunda ölü-canlı sayımları yapılmıştır. Ayrıca yaşayan bireylerin yaşam süreleri ve üreme durumları da gözlenmiştir.

### **En yüksek ölüm oranı tespit edilen *Melissa officinalis* L. uçucu yağının LC<sub>50</sub> ve LC<sub>90</sub> değerlerinin belirlenmesi**

En yüksek ölüm verisine sahip olan *M. officinalis* L. uçucu yağının denemesi 1 kontrol +5 doz (1, 2, 3, 4 ve 5 ml L<sup>-1</sup>), 3 tekerrür her tekerrürde en az 10 larva olacak şekilde daldırma metoduyla kurulmuştur. Tüm dozlar için süspansiyonlar, kullanılan uçucu yağ miktarı ile aynı oranda alkol ile çözdürülerek hazırlanmıştır. Kontrol grubu için ise 5 ml L<sup>-1</sup> alkol saf su ile karıştırılarak hazırlanmıştır. Her dozda 30 larva kullanılıp toplamda 180 larva kullanılmıştır. Ölüm verileri 96 saat sonunda alınmak üzere 25±1 °C, %60±5 nem, 16:8 (aydınlık:karanlık) saat koşullara sahip iklim odalarına yerleştirilmiştir. Yaşam sürecini devam ettiren bireylere gıda olarak belirli aralıklar

buğday kepeği ve golden delicious elma verilerek yaşayan bireylerin gözlemi sürdürülmüştür.

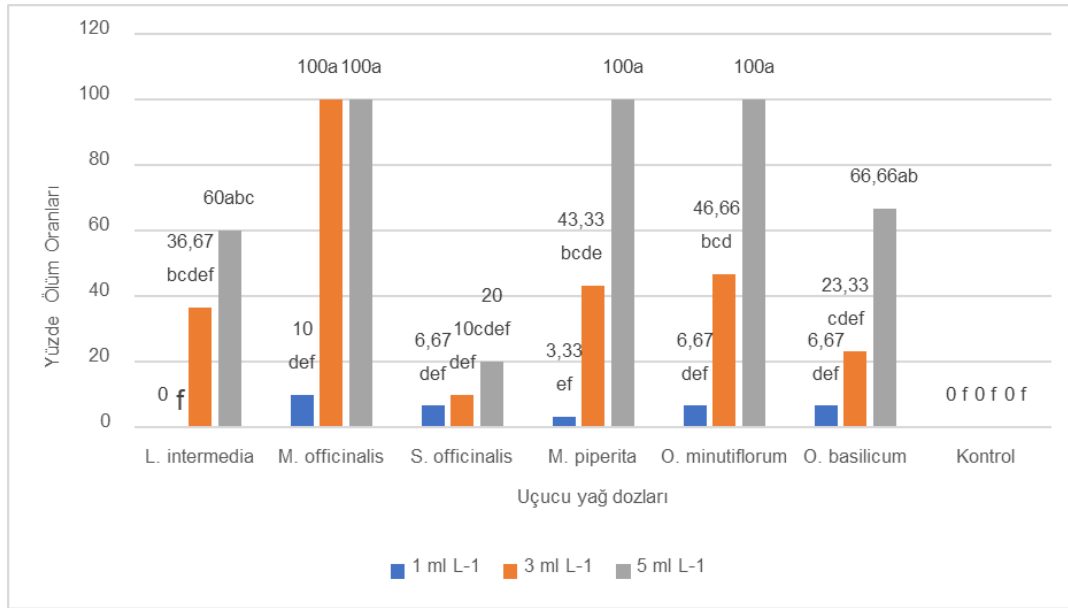
### Verilerin Analizi

Elde edilen verilerden yararlanarak *M. officinalis* uçucu yağının *T. molitor* zararlısındaki LC<sub>50</sub> ve LC<sub>90</sub> değerleri ki kare ve eğim değerleri POLO bilgisayar paket programında (LeOra Software, 2003) hesaplanarak belirlenmiştir. Uçucu yağların *T. molitor* üzerindeki yüzde ölüm değerleri Shapiro-Wilk normallik testi uygulandıktan sonra tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Daha sonra ortalamalar arasındaki farkı belirlemek için Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır ( $P<0.05$ ). İstatiksel analizler SPSS version 23.0 paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir (IBM Corp., 2010).

### Bulgular

*T. molitor* üzerindeki uçucu yağ dozlarının sebep olduğu ölüm oranlarının istatistiksel farklılıkları Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre; *M. officinalis*, *O.*

*minutiflorum*, *M. piperita*, uçucu yağlarının 5 ml L<sup>-1</sup> dozları ile *M. officinalis* uçucu yağının 3 ml L<sup>-1</sup> dozları %100 ölüme sebep olarak en etkili uçucu yağ ve dozlar olarak belirlenmiştir. Bu yağların ölüm oranlarını *O. basilicum* ve *L. intermedia* uçucu yağlarının 5 ml L<sup>-1</sup> dozu takip etmiştir. Ölüm oranları sıralaması; *O. minutiflorum*, *M. piperita*, *L. intermedia* uçucu yağlarının 3 ml L<sup>-1</sup> dozları ile devam ederken, *S. officinalis*' in 5 ml L<sup>-1</sup> ve 3 ml L<sup>-1</sup> dozları bunu takip etmiştir. 1 ml L<sup>-1</sup> dozlarında ise ölüm oranları *M. officinalis*, *O. basilicum*, *O. minutiflorum*, *S. officinalis* aynı grupta yer alırken *M. piperita* ise ortak grubu paylaşmış, *L. intermedia* 'nın en düşük dozu ise kontrol ile aynı grupta yer almıştır. Bu değerlendirmeler sonucu ilk grupta en etkili bulunan *M. officinalis*, *O. minutiflorum* ve *M. piperita* uçucu yağlarının *T. molitor*'un farklı yaş dönemlerinden elde edilen bireyler üzerinde çalışılmasına karar verilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Uçucu yağ ve oranlarının *T. molitor* üzerindeki ölüm oranları (96.saat). \*Sütunlardaki farklı harfler Tukey testine göre istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduklarını belirtmektedir ( $P<0.05$ ). (F: 21.895; Gruplar arası Sd: 20; Gruplar içi Sd: 44;  $P<0.001$ )

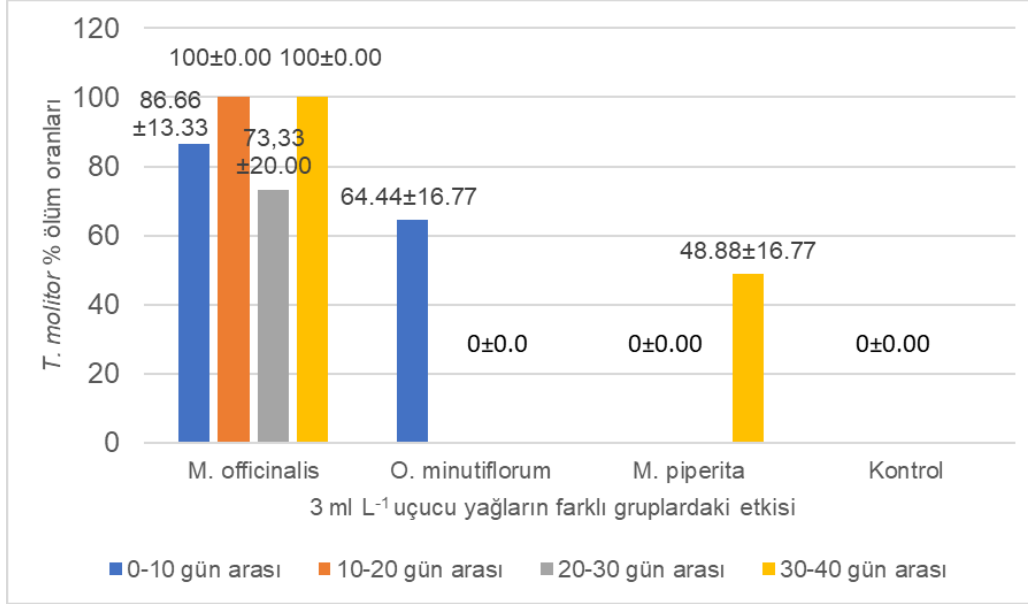
### Uçucu yağların *T. molitor*'un farklı yaş dönemlerinde ortaya çıkardığı larvalar üzerindeki etkisi

*M. officinalis*, *O. minutiflorum* ve *M. piperita* bitkilerinin uçucu yağlarına ait 3 ml L<sup>-1</sup> dozlarının *T. molitor* popülasyonunun 10 gün ara ile bıraktığı yumurtalardan çıkan larvaların son dönemi üzerindeki etkinin araştırıldığı çalışma bulguları Şekil 1'de gösterilmektedir. Buna göre *M. officinalis*' in tüm dozları diğer uçucu yağlara oranla daha yüksek

öldürücü etkisi bulunmuştur. Böceklerin annenin farklı dönemlerinden meydana çıkma zamanı dikkate alındığında ise *M. officinalis* uçucu yağları 2. ve 4. gruplarda %100 ölüme sebep olmuştur. Akabinde aynı yağa ait en yüksek ölüm oranı 1. grupta görülmüş ve daha sonraki ölüm oranı ise 3. grupta ortaya çıkmaktadır. *O. minutiflorum* uçucu yağlarına bakıldığında ise sadece ilk grupta %64,4 oranında ölüme sebep olmuş geri kalan gruplarda ölüm gerçekleşmemiştir.

Benzer şekilde *M. piperita* uçucu yağı ise yalnızca 4. grupta % 48,9 oranında ölüme sebep olmuştur. Bunun dışındaki tüm gruplar kontrol grubuyla istatistiki olarak aynı bulunmuştur. Buna ek olarak bu çalışmadaki deneme karakterlerinde yapılan

gözlemlerde canlılığını sürdüren bireylerin ergin olduktan sonra ikinci nesil bireyleri oluşturdukları kaplarda görülmüş, cinsiyet tayini yapılmadığı için sayısal veriler yerine gözlemler paylaşılmıştır.



Şekil 2. *Tenebrio molitor* popülasyonunun 10 gün ara ile bıraktığı yumurtalardan çıkan larvaların son döneminde Melissa (*Melissa officinalis*), Kekik (*Origanum minutiflorum*) ve Nane (*Mentha piperita*) uçucu yağlarının 3 ml L<sup>-1</sup> dozuna maruziyet sonucu ölüm oranları. Sütunlar üzerindeki farklı harfler Tukey testine göre istatistiki olarak önemli derecede farklı olduklarını belirtmektedir (P<0.05). (F: 63,242; Gruplar arası sd:12; Gruplar içi:26, P<0.001)

#### ***Tenebrio molitor* larvaları üzerinde en etkili bulunan *Melissa officinalis* uçucu yağının toksisite değerlerinin belirlenmesi (LC<sub>50</sub>-LC<sub>90</sub>)**

Daldırma yöntemi ile yapılan bioassay denemesi sonucunda en yüksek ölüm oranına sahip *M.*

*officinalis* uçucu yağının *T. Molitor* üzerindeki LC<sub>50</sub> değeri 1.96 ml L<sup>-1</sup> iken LC<sub>90</sub> değeri ise 3.09 ml L<sup>-1</sup> belirlenmiştir.

Çizelge 2. Melissa (*Melissa officinalis*) uçucu yağının *Tenebrio molitor* larvasındaki toksisite (LC<sub>50</sub> ve LC<sub>90</sub>) değerleri

Böcek sayısı	Eğim±sh	X <sup>2</sup> / P	Heterojenite faktörü	LC <sub>50</sub> (ml/L) (%95 güven aralığı)	LC <sub>90</sub> (ml/L) (%95 güven aralığı)
180	6.49±0.95	3.45/0.33	1.15	1.96 (1.45-2.38)	3.09 (2.54-4.57)

Bu çalışmanın sonucu olarak; %100 ölüm görülen 5 ve 4 ml L<sup>-1</sup> dozlarının yanı sıra 3 ml L<sup>-1</sup> ve 2 ml L<sup>-1</sup> dozuna maruz kalarak canlılığını sürdüren popülasyon bireylerinde denemeden 139 gün sonunda bazı son dönem larvaların canlılıklarını koruduğu, ergin olmadıkları ve dolayısıyla üreme olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte 1 ml L<sup>-1</sup> dozu ve kontrol grubu deneme kurulumundan 23 gün sonunda ergin çıkışları tamamlamış, fakat 1 ml L<sup>-1</sup> dozuna maruz kalan bireylerde ergin yaşamları 17-23

gün arası sürmüş ve deneme kabında ikinci nesil oluşmamıştır, tamamı canlı çıkış yapan kontrol grubunda ise popülasyon yaşamı 38-45 gün arasında değişmiştir ve ikinci nesil yani üreme tespit edilmiştir. Fakat deneme karakterlerindeki bireylere *T. molitor* özelinde cinsiyet ayrımı pupa döneminde yapılabildiği ve denemede bu dönemde cinsiyet ayrımı yapılmadığı için çalışmanın bu kısmında üremenin olumsuz etkilenmesinin cinsiyet kaynaklı olabileceği düşünülmüş ve ikinci nesil larva oluşumu

ile ilgili sayısal değerlere yer verilmemiş, gözlem olarak paylaşılmıştır.

### Tartışma ve Sonuç

Daha önce yapılan çalışmalar *M. officinalis* L. 'in bu çalışmadaki böcekle aynı familyadan olan *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) yetişkinleri üzerinde de etkili olduğu yönünde görüş bildirmiştir. g-terpinen, karvakrol ve a-terpinenin uçucu yağın ana bileşenleri olduğu ifade edilen çalışmada öldürücü olmayan dozların da beslenme engelleyici etkileri rapor edilmiştir (Ebadollahi ve ark., 2016). *M. officinalis* (neral %31,08, geranial %31,54, B-carolphyllene %12,42) ile repellent etkinin de ölçüldüğü başka bir çalışmada *T. castaneum*' da doza bağlı olarak hem ergin hem de larvalarda %100 etki gösterdiği, daha düşük dozlarda ise öldürücü etkinin 12 günlük larvalara kıyasla erginlerde daha yüksek olduğu ifade edilmiştir (Upadhyay ve ark., 2019). *M. officinalis*' in yaprak, gövde ve çiçeklerinin uçucu yağlarının *Tetranychus urticae* üzerinde etkili olduğunu ifade başka bir çalışmada yapraktan elde edilen uçucu yağın (E-citral=%21,4, Z-citral=%19,09, Trans-Caryophyllene=%15,8, Caryophyllene oxide=%13,3) en yüksek etkili (%5,0-49,21) olduğu gösterilmiştir (Mahmoudi ve ark., 2017). Bir diğer çalışmada; *M. officinalis* L. ve *S. officinalis* bitki uçucu yağlarının nanoemülsiyonlarının arazi koşullarında *Aphis craccivora* Koch. (Hemiptera: Aphididae) ve *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera:Agromyzidae) üzerinde etkisininin uçucu yağ formundan çok daha yüksek etkiye sebep olduğu rapor edilmiştir (Abdulmaksoud ve ark., 2024). Benzer şekilde *S. officinalis* L. uçucu yağının kontakt toksisite çalışmalarında *Rhyzopertha dominica* (F., 1792) (Coleoptera: Bostrichidae) için %91,02 ölüm oranı belirlenirken *T. castaneum* için bu etki %33,67 olmuştur. *L. nobilis* ve *M. piperita* uçucu yağlarının yüksek konsantrasyonları *R. dominica*'nın yetişkinlerini tamamen, *L. nobilis*' in larva evresini %100 öldürdüğü ifade edilen çalışmada pupa döneminin %49 ölüm oranıyla daha az duyarlı olduğu ifade edilmiştir (Çılğın ve Keçeci, 2024). *O. basilicum* L. 'un *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae) ve *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera:Noctuidae) üzerinde yürütülen bir çalışmada yazarlar uçucu yağların lethal ve sublethal etkilerinin önemli olduğunu vurgulamaktadır (Awad ve ark., 2024). Mentolün % 16,47 ile majör bileşen olduğu bulunan *M. piperita* ile yüzey aktif madde, aseton ve sudan oluşan farklı oranlarda

nanoemülsiyon hazırlanan çalışmada; *Aulacophora foveicollis* Lucas (Coleoptera: Chrysomelidae) üzerinde nanoemülsiyonların daha etkili olduğu rapor edilmiştir (Iqbal ve ark., 2024). *T. castaneum* ve *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Dryophthoridae) üzerinde *M. piperita*'nın çalışıldığı başka bir çalışmada 96 saat sonundaki 0,15 µl/böcek dozundaki ölüm oranı *T. castaneum*'da %33,4 iken *S. Granarius*'da %98,2 oranında ölüme sebep olduğu rapor edilmiştir (Atay ve ark., 2024). *T. castaneum* ve *Sitophilus oryzae* L. (Col.: Curculionidae) karşı *M. piperita* bazlı nanobiyopestisitlerin *T. castaneum* ve *S. oryzae*'ye karşı sırasıyla %84,4 ve %77,7'lik önemli ölçüde yüksek ( $P < 0,05$ ) ölüm oranı gösterdiğini rapor eden çalışmalar mevcuttur (Jahan ve ark., 2024). *Origanum* spp. ile 4 farklı depo zararlısı yapılan çalışmada yağın kimyasal bileşiminin (önemlileri karvakrol ve timol) yanı sıra farklı zararlı türlerinin fizyolojik ve biyokimyasal farklılıklarıyla ölüm oranlarının değişebileceği aynı bitki uçucu yağının veya ekstraktının uygulandığı aynı cins veya farklı türden böceklerin farklı tepkiler gösterebileceği rapor edilmiştir (Alkan, 2020). *O. onites* L. ve *O. minutiflorum* uçucu yağlarının *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) larvaları üzerinde yapılan çalışmada etkinin karvakrol ile ilişkilendirildiği ifade edilmiştir (Çetin ve Yanıkoğlu, 2006). *Ocimum* türlerinin tozları ile *T. castaneum* üzerinde bitki türüne göre %40 ila %50 oranında ölüme neden olduğu ifade edilmektedir (Ileke ve ark., 2024).

Önceki çalışmalar farklı böcek türleri üzerinde de kullanılan uçucu yağların öldürücü etkileri konusunda çalışma sonuçlarımızla paralel görüş bildirmektedir. Uçucu yağların böcek popülasyonunun farklı yaş dönemlerinde ortaya çıkardığı larvalar üzerinde yapılan çalışmalarda bazı dozların farklı zaman aralıklarını eşit seviyede etkilemediği görülmüştür (Şekil 2.) Uygulanan yağ ve dozların tüm nesli benzer şekilde etkilemesi mücadelenin yeterliliği açısından önem arz etmektedir. Bununla birlikte oluşan bu farklar her ne kadar larvaların gıdasız kalmasının önüne geçilse de 10 günlük periyotlarla aynı ortama yumurta bırakan ergin bireylerin yaşa bağlı üremesinin azalması sonucu sonraki gruplarda daha az yoğunlukta larva oluşumuna sebep olmaktadır (Morales-Ramos ve ark., 2012). Bu durum aynı büyüklükteki kaplarda yetişen larvaların farklı popülasyon yoğunluklarında gelişmelerine sebep olmuştur. Larvalar denemeye eşit sayıda alınmalarına rağmen yetiştiği ortamdaki popülasyon yoğunluğunun etkisi ile de gelişimlerinde

farklılıklar oluşabileceği (Morales-Ramos ve Rojas, 2015) bunun da larvaların bitki uçucu yağlarına vereceği tepkiyi değiştirebilme ihtimali üzerinde durulması gerekmektedir. Gruplar arası ölüm oranlarında oluşan farklılıklar, gelecekte yapılacak diğer çalışmalar için, denemeye seçilecek olan bireyleri meydana getiren popülasyonun ana yaşı kriteri üzerinde dikkatle durulmasının gerekli olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda seçilen 3 ml L<sup>-1</sup> dozu ile yapılan denemelerde popülasyonun farklı yaş dönemlerinden ortaya çıkan tüm larvalar üzerinde öldürücü etkisi bulunan doz özelinde tek uçucu yağ, *M. officinalis* uçucu yağı olduğu görülmüştür (LC<sub>90</sub>=3,09 ml L<sup>-1</sup>). Biyokimyasal analizi sonucu denemede kullanılan *M. officinalis* uçucu yağının en yüksek oranda bulunan aktif içerikleri; trans-Caryophyllene=%27,36, Germacrene-D=%18,97, Geranial=%15,8, Neral=%10,2 olarak tespit edilmiştir. Aktif içerikleri insektisidal özelliği vurgulanan bazı çalışmalarda benzer gözükmemektedir (Mahmoudi ve ark., 2017). Çalışma kapsamında karşılaştırılan daldırma ve kalıntı bioassay yöntemleri sonucunda kalıntı yönteminin kontrol grubu ile kıyaslandığında böcekler üzerinde öldürücülük tespit edilememiştir. Denemede kullanılan tüm Lamiaceae familyasındaki bitkilerin uçucu yağları arasında en etkili bulunun *M. officinalis*'in piyasa fiyat değeri diğer yağlarla kıyaslandığında, bu yağın çok daha yüksek değerde olması (Anonim, 2024), diğer yağlar ile doz artışı sağlanarak yeni çalışmalar yapılmasına teşvikte bulunmaktadır. *M. officinalis* uçucu yağının 5 farklı dozu ile yürütülen çalışmalar sonucunda kontrole kıyasla larva gelişimleri, ergin olma süreleri ve yumurtalama oranları arasındaki fark olduğu görülebilmektedir. Kontrol grubu çok daha erken ergin olmuş ve bıraktıkları yumurtalardan gelişen ikinci nesil larvalar tespit edilmiştir. Diğer gruplarda ise ergin olma süreleri farkedilir düzeyde uzadığı gözlemlerimiz arasındadır. Benzer bulgular; Wang ve arkadaşlarının (2015), *T. molitor*'un 10. dönem larvaları ve erginlerine karşı fumigant, temas ve kovucu aktivitelerinin çalışıldığı bir araştırmada rapor edilmektedir. *Citrus limonum*, *Cymbopogon citratus*, *Litsea cubeba* ve *Muristica fragrans*'in kuru yapraklarından ekstrakte edilen dört uçucu yağdan, *L. cubeba* ve *C. limonum*'un uçucu yağlarının etkisi, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında larva ve yumurtalarının büyümesini ve gelişimini açıkça uzattığı, pupa ve yetişkinlerinin ise ömürlerinde kısaltmaya sebep olduğu yönünde çalışmamızla paralel bilgiler verilmiştir. Çalışmamıza istinaden

daha sağlıklı sonuçlar alabilmek için yağlara maruz kalmış bireyler üzerinden denemede mevcut popülasyonun dişi-erkek oranlarının tespit edilerek birey başına düşen yumurta bırakma miktarlarının ve sürelerinin tespitinin yapılacağı detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca *T. molitor*'un protein kaynağı olarak çeşitli ülkelerde kitle üretimi yapılmaktadır. Mücadelesinde entomopatojen funguslarla birlikte bazı bitki uçucu yağı kullanımının fungusların miselyal büyümeyi, çimlenmeyi ve sporülasyonu önemli seviyede olumsuz etkileyerek etki oranlarında başarısızlık getirdiği rapor edilmiştir (Jamali ve ark., 2021). Bu sonuç *T. molitor* üretiminde zarara sebep olan çeşitli patojenlerin olumsuz etkilerini bertaraf etmek amacıyla bitki uçucu yağlarının kullanılabilmesi fikrini doğurmaktadır. Denemede uçucu yağların ve dozlarının kullanımı ile ortaya çıkan sonuçların, gelecekte ister *T. molitor* üretimini desteklemek amacıyla, ister depolarda *T. molitor* ile mücadele etmek amacıyla, yapılacak yeni çalışmalara dair hedef alınan süreçte bilimsel literatüre katkı vereceği düşünülmektedir.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

#### Yazarların katkı beyanı

Yazar katkıları şu şekildedir; **MSS:** Deneme planını oluşturma, *T. molitor* kitle üretimi, böceklerin denemeye hazırlanması, uçucu yağların seçimi, denemelerin kurulması ve günlük takibi, verilerin kaydedilmesi ve değerlendirilmesi, grafiklendirilmesi, literatür taraması ve makale metni yazımı. **MY:** Deneme uçucu yağ dozlarının hazırlanması ve denemelerin kurulması, verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesi, istatistik metodu yazımı, makale metni kontrolü, **EG:** Yağların fiziki olarak denemeye hazırlanması, makale metninde yağ çıkarma ve aktif bileşen metodu yazımı, makale metni kontrolü.

#### Kaynaklar

- Abdelmaksoud, N. M., El-Bakry, A. M., Abdel-Aziz, N. F., Sammour, E. A., & Salem, H. A. N. (2024). Potency of emulsifiable concentrate and nanoemulsion formulations as green insecticides against two insects, *Aphis craccivora* and *Liriomyza trifolii*. *Industrial Crops and Products*, 208, 117854. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117854>
- Alkan, M. (2020). Chemical composition and insecticidal potential of different *Origanum* spp.(Lamiaceae) essential oils against four stored product pests.



- Turkish Journal of Entomology*, 44(2), 149-163.  
<https://doi.org/10.16970/entoted.620387>
- Alkan, M., Şimşek, Ş., Yılar, M., & Ertürk, S. (2018). Behavioural and insecticidal activity of *Salvia officinalis* L. (Lamiaceae) essential oil against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* Fabricius (Coleoptera: Bostrichidae). *Plant Protection Bulletin*, 58(2), 71-78.  
<https://doi.org/10.16955/bitkorb.399783>
- Al-Lawati, H. & Bienefeld, K., (2009). Maternal Age Effects on Embryo Mortality and Juvenile Development of offspring in The Honeybee (Hymenoptera: Apidae). *Annals of Entomological Society America*, 102: 881-888. <https://doi.org/10.1603/008.102.0514>
- Anonim, (2024). Essential Oils. <https://www.newdirectionsaromatics.com/products/essential-oils/> (Erişim tarihi: 19.07.2024)
- Atay, T., Alkan, M., Tarhanacı, B., & Alkan, F. R. (2024). Insecticidal activity of *Mentha piperita* L.(Lamiaceae) essential oil against two important stored product pests and its effect on wheat germination. *Plant Protection Bulletin*, 64(1), 34-40.  
<https://doi.org/10.16955/bitkorb.1382542>
- Awad, M., Alfuhaid, N. A., Amer, A., Hassan, N. N., & Moustafa, M. A. (2024). Towards Sustainable Pest Management: Toxicity, Biochemical Effects, and Molecular Docking Analysis of *Ocimum basilicum* (Lamiaceae) Essential Oil on *Agrotis ipsilon* and *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, 53(3), 669-681.  
<https://doi.org/10.1007/s13744-024-01137-6>
- Barnes, A. I., & Siva-Jothy, M. T. (2000). Density-dependent prophylaxis in the mealworm beetle *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae): Cuticular melanization is an indicator of investment in immunity. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 267(1439), 177-182. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.0984>
- Bayındır Erol, A. & Birgücü, A. K., (2020). *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae)'nin Biyolojik Özelliklerine Ana Yaşının Etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1), 60-65.  
<https://doi.org/10.30910/turkjans.679910>
- Çetin, H., Cilek, J. E., Aydın, L., & Yanikoglu, A. (2009). Acaricidal effects of the essential oil of *Origanum minutiflorum* (Lamiaceae) against *Rhipicephalus turanicus* (Acari: Ixodidae). *Veterinary parasitology*, 160(3-4), 359-361.  
<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.11.009>
- Çetin, H., ve Yanikoglu, A. (2006). A study of the larvicidal activity of *Origanum* (Labiatae) species from southwest Turkey. *Journal of Vector ecology*, 31(1), 118-122. [https://doi.org/10.3376/1081-1710\(2006\)31\[118:ASOTLA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3376/1081-1710(2006)31[118:ASOTLA]2.0.CO;2)
- Çılğın, E., & Keçeci, M. (2024). Insecticidal Activity of Essential Oils Derived from Lavender, Laurel and Peppermint Against Lesser Grain Borer, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792)(Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of the Entomological Research Society*, 26(1), 1-16.  
<https://doi.org/10.51963/jers.v26i1.2437>
- Dos Santos, B. F., Monteiro, K. J. T., de Matos, J. L., de Oliveira, F. R., de Araújo, I. F., Brandão, L. B., ... & Rodrigues, A. B. L. (2024). Evaluation of larvicidal activity of *Ocimum basilicum* L. essential oil on *Aedes (Stegomyia) aegypti* L. *Caderno Pedagógico*, 21(5), e3885-e3885.  
<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/3885/2935>
- Ebadollahi, A., Ashrafi Parchin, R., & Farjaminezhad, M. (2016). Phytochemistry, toxicity and feeding inhibitory activity of *Melissa officinalis* L. essential oil against a cosmopolitan insect pest; *Tribolium castaneum* Herbst. *Toxin Reviews*, 35(3-4), 77-82.  
<https://doi.org/10.1080/15569543.2016.1199572>
- Honermeier, B., Ali, S., Leschhorn, B., Mahmood, A., Ijaz, M., Russo, M., Shafiee-Hajiabad, M., Ullah, H., & Zeller, S. (2013). Cultivation of Medicinal and Spice Plants in Germany. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15. 1379-1388.
- IBM Corporation, (2010). SPSS Statistics for Windows. IBM Corp, Armonk, NY.
- Ileke, K. D. & Olaposi, A. E. (2024). Application of Two *Ocimum* Species Powders in the Control of Red Flour Beetles, *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae), during Wheat Grain Storage. *Food Science and Engineering*, 112-122.  
<https://doi.org/10.37256/fse.5120243633>
- Iqbal, F. M., Livingstone, A. R., Lingam, K. & Suyambu, P. (2024). Natural insecticidal activity of *Mentha piperita* (Peppermint) Oil nanoemulsion against agricultural pest *Aulacophora foveicollis* (Red pumpkin beetle) for environmental sustainability. *Sci. Dig*, 44, 146-151.

- Jahan, N., Hussain, N., Touqeer, S. I., Shamshad, H. & Abbas, N. (2024). Formulation of *Mentha piperita*-Based Nanobiopesticides and Assessment of the Pesticidal and Antimicrobial Potential. *Life*, 14(1), 144. <https://doi.org/10.3390/life14010144>
- Jamali, F., Sohrabi, F. & Kohanmoo, M. A. (2021). Entomopathogenic fungi and plant essential oils are not compatible in controlling *Tribolium castaneum* (Herbst). *J Plant Dis Prot* 128, 799–808. <https://doi.org/10.1007/s41348-021-00430-5>
- Karkanis, A. C., & Athanassiou, C. G. (2021). Natural insecticides from native plants of the Mediterranean basin and their activity for the control of major insect pests in vegetable crops: shifting from the past to the future. *Journal of Pest Science*, 94(2), 187-202. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01275-x>
- Karsavuran, Y., & Anaç, Ö, (2014). *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae)'nin Biyolojisine Ana Yaşının Etkileri Üzerinde Araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(2), 153-163. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/59477>
- LeOra Software, (2003). Poloplus, a User's Guide to Probit or Logit Analysis. LeOra Software, Berkeley, CA, USA.
- Loudon, C. (1988). Development of *Tenebrio molitor* in low oxygen levels. *Journal of Insect Physiology*, 34(2), 97–103. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(88\)90160-6](https://doi.org/10.1016/0022-1910(88)90160-6)
- Lubbe, A., & Verpoorte, R. (2011). Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. *Industrial Crops and Products*, 34 (1), 785-801. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.01.019>
- Mahmoudi, R., Amini, K., Hosseinirad, H., Valizadeh, S., Kabudari, A., & Aali, E. (2017). Phytochemistry and insecticidal effect of different parts of *Melissa officinalis* on *Tetranychus urticae*. *Research journal of pharmacognosy*, 4(4), 49-56. [https://www.rjpharmacognosy.ir/article\\_50358\\_2c36e76a939bb79c5e661692b9bba1e3.pdf](https://www.rjpharmacognosy.ir/article_50358_2c36e76a939bb79c5e661692b9bba1e3.pdf)
- Mcintyre, G. S & Gooding, R. H., (2000). Effects of Maternal Age on Larval Competitiveness in House Flies. *Heredity*, 85: 480-489. <https://www.nature.com/articles/6887870>
- Morales-Ramos J. A., Rojas, M. G., Dossey, A. T. & Berhow, M., (2020) Selfselection of food ingredients and agricultural by-products by the house cricket, *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae):A holistic approach to develop optimized diets. *PLoS One*. 15:e0227400. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227400>
- Moullamri, M., Rharrabe, K., Annaz, H., Laglaoui, A., Alibrando, F., Cacciola, F., ... & Bakkali, M. (2024). *Salvia officinalis*, *Lavandula angustifolia*, and *Mentha pulegium* essential oils: insecticidal activities and feeding deterrence against *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 27(1), 16-33. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2023.2301699>
- Nieto, G. (2017). Biological Activities of Three Essential Oils of the Lamiaceae Family. *Medicines*, 4, 63. <https://doi.org/10.3390/medicines4030063>
- Popa, C. L., Lupitu, A., Mot, M. D., Copolovici, L., Moisa, C., & Copolovici, D.M. (2021). Chemical and Biochemical Characterization of Essential Oils and Their Corresponding Hydrolats from Six Species of the Lamiaceae Family. *Plants*, 10(11). 2489. <https://doi.org/10.3390/plants10112489>
- Schroeckenstein, D., Meier-Davis, S., & Bush, R. (1990). Occupational sensitivity to *Tenebrio molitor* Linnaeus (yellow mealworm). *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 86(2), 182–188. [https://doi.org/10.1016/S0091-6749\(05\)80064-8](https://doi.org/10.1016/S0091-6749(05)80064-8)
- Sevinç, M. S. & Karaca, İ. (2024). *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) Popülasyonunda Ana Yaşının Biyolojik Parametrelere Etkisi. *Meyve Bilimi*, 11(1), 35-42. <https://doi.org/10.51532/meyve.1452963>
- Sharafzadeh, S., & Zare, M. (2011). Effect of Drought Stress on Qualitative and Quantitative Characteristics of Some Medicinal Plants from Lamiaceae Family. *Advances in Environmental Biology*, 5(8): 2058-2062.
- Upadhyay, N., Singh, V. K., Dwivedy, A. K., Das, S., Chaudhari, A. K., & Dubey, N. K. (2019). Assessment of *Melissa officinalis* L. essential oil as an eco-friendly approach against biodeterioration of wheat flour caused by *Tribolium castaneum* Herbst. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 14036-14049. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04688-z>
- Wang, X., Hao, Q., Chen, Y., Jiang, S., Yang, Q., & Li, Q. (2015). The effect of chemical composition and bioactivity of several essential oils on *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Insect Science*, 15(1), 116. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev093>

- Yanagi, S. I. & Miyatake, T. (2002). Effects of Maternal Age on Reproductive Traits and Fitness Components of The Offspring in the *Bruchid Beetle*, *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae). *Physiological Entomology*, 27 (4): 261-266. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3032.2002.00294.x>
- Yandayan Genç H., Saran, C., & Akçura, S. (2024). Insecticidal Effect of Some Essential Oils on Larval Survival of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) in Laboratory Conditions. *Ksu Tarım Ve Doga Dergisi-Ksu Journal of Agriculture and Nature*, 27(4). <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.1364180>
- Yüztaş, G., Karaca, İ., & Özgökçe, M. S. (2015). *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae)'nin Bakla Üstünde Üreme ve Gelişmesine Anne Yaşının Etkileri. *Türk entomoloji Dergisi*, 39(1), 67-77. <http://dx.doi.org/10.16970/ted.65334>