

# Nane (*Mentha spicata* L.) uçucu yağının depo zararlısı *Ephestia kuehniella* Z. (Lepidoptera: Pyralidae)'nın iki farklı gelişim evresine etkisi

Erinç ÇELİK BİÇER<sup>1</sup>, Pınar GÜNER<sup>1</sup>, Aylin ER<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Balıkesir Üniversitesi Fen-Edebiyat Fak., Biyoloji Böl., Çağış kampüsü, Balıkesir.

Geliş Tarihi (Received Date): 23.02.2023

Kabul Tarihi (Accepted Date): 05.06.2023

## Öz

Bu çalışmada fumigant olarak uygulanan farklı dozlardaki (1, 3, 5 µL/L hava dozu) nane esansiyel yağının *Ephestia kuehniella* (Zeller)'nin iki farklı gelişim evresinin (son dönem larva ve ergin dişi) biyolojik parametreleri üzerindeki zamana bağlı etkisi incelenmiştir. Nane uçucu yağına maruz kalan son evre larvaların koza örme süresi, puplaşma süresi, pupal periyot, ergin öncesi gelişim süresi ve ergin ağırlığı ile bu larvalardan gelişen dişilerin hayat uzunluğu ile fekunditesi araştırılmıştır. Nane esansiyel yağının fumigant olarak düşük miktarlarda uygulandığı çalışmalarımızda uygulama dozuna bağlı olarak, *E. kuehniella*'nın biyolojik parametrelerinin değiştiği açıkça görülmektedir. Ayrıca farklı zaman dilimlerinde havaya karıştırılan nane uçucu yağının, *E. kuehniella*'nin farklı evrelerini farklı şekillerde etkilediği belirlendi. Fumigant etkiye maruz kalan *E. kuehniella*'nin koza örme süresinin ve ergin öncesi gelişme süresinin 24 saatten sonra kısaldığı 72 saatten sonra etkilenmediği belirlenmiştir. Pupaşma süresinin ise iki zaman diliminde de kısaldığı gözlenirken, pupal periyotun 24 saatten sonra kısaldığı ancak 72 saatten sonra uzadığı belirlenmiştir. İki farklı gelişim evresine uygulanan nanenin, doza bağlı olarak fekunditeyi istatistiksel olarak değiştirmesi bir sonraki nesilde popülasyonu düşürürken aynı zamanda ürünlere verilen zararın da düşmesine neden olacaktır.

**Anahtar kelimeler:** *Mentha spicata*, *Ephestia kuehniella*, uçucu yağ, fumigasyon, depo zararlısı, gelişim biyolojisi

Erinç ÇELİK BİÇER, erinc.celik@baun.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-7659-5528>

Pınar GÜNER, pvpcelik@hotmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-6922-7009>

\*Aylin ER, asahin@balikesir.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-8108-8950>

## The effect of peppermint (*Mentha spicata* L.) essential oil on two different developmental stages of storage pest *Ephestia kuehniella* Z. (Lepidoptera: Pyralidae)

### Abstract

The time-dependent effect of different doses (1, 3, and 5 µL/L air doses) of peppermint essential oil (EOs) applied as a fumigant to two different developmental stages of *Ephestia kuehniella* (Zeller) on the biological parameters was investigated. The time of cocoon-laying, pupation-time, pupal period, development time, and adult weight of the end-stage larvae exposed to EOs and larvae and females have researched adult longevity and fecundity. In the current study, it can clearly be seen that the EOs applied in low quantities as a fumigant has changed biological parameters of *E. kuehniella* in a dose-dependent manner. Also, it was determined that EOs mixed into the air affected the developmental stages of *E. kuehniella* in different. The time of cocoon-laying and pre-adult development time of *E. kuehniella* exposed to fumigant effect was decreased after 24 hours, but not changed after 72 hours. It was observed that was decreased the pupation-time was decreased in both time periods, however, the pupal period decreased after 24 hours while increased after 72 hours. It determined that mint applied in two different developmental stages statistically reduced the fecundity depending on the dose and this will reduce the moth population in the next generation, while it will cause a significant diminishing of product damage to reduced simultaneously.

**Keywords:** *Mentha spicata*, *Ephestia kuehniella*, the essential oil, fumigation, storage pest, developmental stages

### 1. Giriş

Hızla artan insan nüfusunun besin ihtiyaçlarını karşılamak için Dünya çapında yüksek proteinli ve taneli bitkilerin (arpa, buğday, mısır gibi) üretimi artmaktadır [1,2]. Dolayısıyla insanlar için bu kadar önemli olan ürünlerin depolanması ve saklanması da oldukça önemlidir [3,4]. Depolamadaki sorunlar nedeniyle Dünyanın bazı bölgelerinde ürün kaybı ve hatta bazı coğrafyalarda açlık ve kıtlık görülmektedir [5-8]. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre, zararlı böcekler depolanmış ürünlere yılda %20 oranında zarar vermektedir. Bu zararlar ürün ağırlık kaybı, çimlenmede azalma, böcek dışkıları ve deri parçacıklarının ürünlerle karışması şeklindedir [5,6]. Lepidoptera takımına ait *Ephestia kuehniella* Z. (Lepidoptera: Phycitidae) endüstriyel un değirmenlerine ciddi zararlar veren bir depo zararlısı türüdür [9,10]. *E. kuehniella*'nın erginleri dumanlı gri (10-14 mm), pupaları sarımsı kahve (9 mm) ve larvaları ise krem renkte (10-19 mm) olup vücutlarında bulunan kılların diplerinde kahve renkte pigment halkaları bulunur. *E. kuehniella* buğday, mısır, pirinç, sorgum, yulaf ve arpa dahil olmak üzere birçok tahıl etkilerken aynı zamanda yemişlere, hurma ağaçlarına, keçiboynuzu kabuklarına, meyve ve çiçeklere, polenlere, yapraklara, köklere, bisküvilere, hayvan yemlerine de zarar verir [10]. Dünya nüfusunun sağlıklı ve yeterli düzeyde beslenebilmesi için [1], un gibi depo ürünlerinin zararlı böcek kaynaklı ürün ve kalite kaybının azalması büyük önem taşımaktadır. İnsektisitlerin hububat depolarında kullanılması, zararlı hayvanlarda direnç

oluşmasına neden olurken, insektisiti uygulayanların da zehirlenmesine neden olmaktadır [11]. Depo zararlısı böcekler için uygulanan fosfin gazı (PH<sub>3</sub>) zararlı böceklerin direnç gelişimine ve faydalı böceklerin ölümüne yol açarken [12] metil bromür ise *E. kuehniella* ile mücadele etmek için depolarda en çok tercih edilen pestisitlerdir [9,13,14]. Pestisitlerin çevreye etkisinden dolayı zararlı böceklerin kontrolünde alternatif yollar aranmaktadır. Doğal kaynaklı pestisitlerin en mühimleri arasında bitkisel kökenli biyopestisitler gelmektedir. Literatürde bitkisel kökenli maddelerin böcekler üzerindeki etkisini araştıran makalelere sıklıkla rastlanmaktadır [15-21]. Bitkilerden elde edilen ve içeriğinde farklı yapılar da kimyasal bileşen barındıran bitki uçucu yağları da bitkisel kökenli biyorasyonel insektisitlerdendir ve böceklerle mücadelede gün geçtikçe daha çok kullanılmaya başlanmıştır. Uçucu yağlar ilaç, kimya ve kozmetik alanlarında ekonomik öneme sahip olmaları dışında memelilere ve balıklara toksik olmaması, çevrede kalıntı bırakmaması nedeniyle önem kazanmıştır [22].

Nane olarak bilinen *Mentha* türleri çokyıllık, otsu ve sürünücü gövdelere sahiptirler. Lamiaceae familyasında yer alan nane bitkisinin anavatanı Orta Avrupa ve Asya olarak kayıtlara geçmiş olsa da Dünyanın her bölgesinde yayılış gösterdiği bilinmektedir [23]. Ülkemizde de uzun yıllardır yetiştirilmekte olan nane bitkisi birçok sektörde (ilaç, gıda ve kozmetik gibi) sıklıkla kullanılmaktadır [22]. Türkiye'de çoğunlukla baharat olarak kullanılan nane türleri arasında karvon bileşenleri bakımından zengin (%40-80) olan *M. spicata*'nın kültürü yapılmaktadır. Ayrıca nane, iştah açmak için de yemeklere katılmakta ve eczacılıkta ise antiseptik, anestezi, serinletici, ferahlatıcı, yatıştırıcı, gaz söktürücü, bulantı kesici ve ishal önleyici ilaçların yapımında kullanılmaktadır [24]. Ülkemize ait 2018 yılı verilerine bakıldığında çoğunluğu baharat olmak üzere 14.511 ton nane üretimi yapılmıştır [25]. Birçok Dünya ülkesinde nane ve bileşenlerini kullanarak insektisitlere alternatif olabilecek çeşitli çalışmalar da yapılmıştır [26-28]. Günümüz teknolojisi kullanılarak bitki ekstraktlarının tarım ürünlerinde meydana gelebilecek kayıplara neden olan hastalık ve zararlı organizma istilalarına karşı kullanımı ile ilgili araştırmalar gün ve gün artmaktadır [29]. Öyle ki oldukça fazla sayıda bitki türünün böcek ve akarlarda toksik etki oluşturabileceği bilinmektedir. Çalışmalar, bitkilerin uçucu yağ olarak kullanılabilme özelliğinin depolanmış ürünlere zarar veren böcekler için kullanım potansiyeline sahip olduklarını göstermektedir. İçeriği bitkisel kökenli olan bileşikler arasında depo ürünü zararlılarına karşı çoğunlukla uçucu yağlar denenmiş ve yeni araştırmalar uçucu yağlar ile bileşenlerinin, günümüzde kullanılan yöntemlere alternatif olma potansiyeline sahip olabileceklerini göstermiştir [30]. Ülkemiz de dahil Dünyada yapılmış çalışmalar incelendiğinde, uçucu yağ ve bileşenlerinin zararlılar üzerinde fumigant etki gösterdiği ve bu etkinin zararlılarla mücadelede farklı bir seçenek olarak kullanılma potansiyeline sahip olabileceği görülmektedir. Bu çalışmada, nane (*M. spicata*) uçucu yağının 3 farklı fumigasyon dozunun (1, 3, 5 µL/L) 24 ve 72 saatlik sürelerde uygulanmasının değirmen güvesi *E. kuehniella*'nın son evre larvalarının ve ergin dişi bireylerinin gelişim biyolojisine etkisi araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve metot

### 2.1. *E. kuehniella* kültürü ve nane (*M. spicata*) uçucu yağı

Çalışmalarda, model böcek olarak un zararlısı *E. kuehniella* kullanılmıştır. Stok kültürlerimiz 25±1°C sıcaklık, %60-70 nispi nem ve 12: 12 saat (aydınlık: karanlık) fotoperiyot şartları devam ettirilen laboratuvarlarda yetiştirilmiş ve un karışımı ile (%40 buğday unu, %20 mısır unu, %20 arpa unu, %20 ince kepek) beslenmişlerdir. Çalışmamızda kullandığımız nane (*M. spicata*) uçucu yağı ise Balıkesir ekolojisine uygun

koşullarda yetiştirilmiş nane bitkilerinden gelmektedir. Uçucu yağın elde edilmesinde; 100 gr kuru naneye 500 ml su ilave edilmiş ve Clevenger cihazında 3 saat süreyle su distilasyonu yöntemi kullanılmıştır. Deney gruplarında %35 oranında metanol içinde seyreltilmiş nane uçucu yağı stok solüsyon olarak kullanılmış ve bu solüsyon  $22\pm 1^{\circ}\text{C}$  ve  $\%60\pm 5$  bağıl nemde muhafaza edilmiştir.

### 2.2. Uçucu yağın etkisinin belirlenmesi

Fumigant etki deneyleri için, *E. kuehniella* larvaları ve ergin dişi güveleri kullanılmıştır. Kontrol ve deney grupları stok kültürler ile aynı şartlara sahip başka bir laboratuvarında ( $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  sıcaklık,  $\%60-70$  nispi nem ve 12: 12 saat (aydınlık: karanlık) fotoperiyot) gerçekleştirilmiştir. Deney grupları için 1, 3 ve 5  $\mu\text{L/L}$  belirlenmiş olup bu uygulamalar 24 ve 72 saat olmak üzere 2 farklı zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Her bir deney 10'ar bireyden oluşmuş ve 3 kez tekrar edilmiştir.

### 2.3. Larvalar üzerine fumigant etkinin belirlenmesi

*E. kuehniella* stok kültürlerinden toplanan  $25\pm 4$  mg ağırlığındaki larvalar  $60\times 15$  mm ölçülerindeki küçük plastik petrilere tek tek yerleştirilmiştir. Daha sonra içinde larva bulunan petrilere nanenin fumigant etkisini belirlemek için  $22\times 32\times 15\text{cm}$  ölçülerindeki 10 L'lik plastik kutulara konulmuştur. Kontrol grubunda içinde larva bulunan petrilere plastik kutuya yerleştirildikten ve sonra 24 ve 72 saat bu kaplarda kalması sağlanmıştır. Deney gruplarında ise plastik kutunun içine mikropipet yardımıyla 1, 3 ve 5  $\mu\text{L/L}$  nane uçucu yağı damlatılmış kurutma kâğıtları eklenmiş ve kutunun kapağı kapatılarak bireyler nanenin fumigant etkisine maruz bırakılmıştır. Bu süreler tamamlandıktan sonra larvalar naneye maruz bırakıldıkları ortamdan ayrılmış ve stok kültürlerle aynı şartlara sahip laboratuvar ortamına alınıp, gelişimleri her gün izlenmiştir. Deneyler süresince kontrol ve deney gruplarındaki her bir birey için; 24 ve 72 saatlerde 3 farklı dozda fumigant etkiye maruz kalan *E. kuehniella* larvalarının koza örme süresi, puplaşma süresi, pupal periyot, ergin öncesi gelişim süresi, ergin ağırlığı, ergin hayat uzunluğu ve yumurta sayısı verileri elde edilmiştir.

### 2.4. Ergin dişi bireyler üzerine fumigant etkinin belirlenmesi

*E. kuehniella* stok kültürlerinden 0-1 gün yaşlı dişiler 80 mL cam beherlere tek tek alınmıştır. Beherlerin ağzı dişilerin yumurtasını rahat bırakabilmesi ve yumurtaların rahatça sayılabilmesi amacıyla sargı bezi ile kapatılmış ve sargı bezinin üzerine beherin ağzına uyacak şekilde kesilmiş A4 kâğıdı yerleştirilmiştir. Daha sonra içinde dişi güveler bulunan beherler hava dozuna maruz bırakılmak üzere 10 L'lik plastik kutulara konulmuştur. Deney gruplarında ise plastik kutunun içine mikropipet yardımıyla 1, 3 ve 5  $\mu\text{L/L}$  nane uçucu yağı damlatılmış kurutma kâğıtları eklenmiş ve kutunun kapağı kapatılarak erginler nanenin fumigant etkisine maruz bırakılmıştır. Bu sürelerin sonunda dişiler naneye maruz bırakıldıkları ortamdan ayrılmış ve stok kültürler ile aynı şartlardaki laboratuvar ortamına alınıp dişi birey ölene kadar her gün kontrol edilmiş ve bıraktıkları yumurtalar sayılmıştır. Bu sayede zamana bağlı 3 farklı doza maruz kalmış olan *E. kuehniella* dişi bireylerinin yumurta sayısı ve ergin hayat uzunluğu verileri elde edilmiştir.

### 2.5. İstatistik analiz

*E. kuehniella* larva ve dişi bireylerine nane uçucu yağı uygulamasının ardından elde edilen verilerin her biri için Tek Yönlü Varyans Analizi Testi (ANOVA) uygulanmıştır. Farklı dozlarında fumigant etkiye maruz kalmış olan bireylerden elde edilen verilerin, zamana bağlı (24 ve 72 saat) etkilerini değerlendirmek için Çift Yönlü Varyans Analizi

Testi (ANOVA) yapılmıştır. Ortalamalar arası farkın önem kontrolünde Tukey HSD Testi kullanılmıştır (SPSS 18.0., Chicago, IL). Değerlendirmelerde 0.05 güven sınırı esas alındı.

### 3. Bulgular

Çalışmada; nane (*M. spicata*) uçucu yağının 24 ve 72 saatlik sürelerde uygulanan 3 farklı fumigasyon dozunun (1, 3, 5 µL/L hava dozu) *E. kuehniella*'nın son evre larvaları ve ergin dişi bireylerinin gelişim biyolojisine etkisi incelenmiştir. Farklı dozlarda nanenin fumigant etkisine maruz kalan dişi bireylerde ergin hayat uzunluğunda kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı azalmalar gözlenmiştir. Ek olarak 24 saatlik uygulamanın ardından 1 µL/L'ye göre 5 µL/L'ye maruz kalan ergin dişi bireylerin de hayat uzunluğu istatistiksel açıdan anlamlı seviyelerde kısaldı (24 saatlik uygulama; F=37,733; sd=3, 116; p= 0.000, 72 saatlik uygulama; F=66,530; sd=3, 116; p= 0.000) (Tablo 1). Çift yönlü ANOVA sonuçlarına göre ise dişilerin ergin hayat uzunluğu hem deney gruplarına (P=0,000) hem de zamana (P=0,000) bağlıdır. Deney ve kontrol grupları ile doz miktarı arasındaki etkileşim de zamandan etkilenmektedir (P=0,000) (Tablo 2). Dişi bireylerin yumurta sayısında kontrole göre diğer dozlarda istatistiksel açıdan anlamlı azalmalar gözlenmiştir (24 saatlik uygulama; F=83.219; sd=3, 116; p= 0.000, 72 saatlik uygulama; F=66,530; sd=3, 116; p= 0.000) (Tablo 1). Çift yönlü ANOVA sonuçlarında ise dişi bireylerinin yumurta sayısı deney gruplarına (P=0,000) bağlı ancak zamana (P=0,423) bağlı değildir, ancak deney ve kontrol grupları ile doz miktarı arasındaki etkileşim zamandan etkilenmektedir (P=0,000) (Tablo 2). Koza örme süresinin 24 saatlik uygulamaların ardından kontrole göre 1 ve 3 µL/L hava dozunda istatistiksel açıdan anlamlı seviyelerde kısaldığı (F= 7.883; sd= 3, 116; p= 0.000), ancak 72 saatlik uygulamaların koza örme süresini istatistiksel açıdan etkilemediği gözlenmiştir (F= 2.031; sd= 3, 116; p= 0.113) (Tablo 3). Çift yönlü ANOVA sonuçlarında ise larvalarının koza örme süresi hem deney gruplarına (P=0,178) hem de zamana (P=0,554) bağlı değildir ancak deney ve kontrol grupları ile doz miktarı arasındaki etkileşim zamandan etkilenmektedir (P=0,000) (Tablo 6).

Tablo 1. Nane uçucu yağının, farklı doz ve uygulama sürelerinde, *E. kuehniella* dişi bireylerine etkisi.

Zaman	Doz	N	Ergin hayat uzunluğu (gün)		Yumurta sayısı	
			Min.-Mak.	$\bar{x} \pm SH^*$	Min.-Mak.	$\bar{x} \pm SH^*$
24 Saat	Kontrol	30	1-4	3.17±0.834a	54-350	182.30±15.040a
	1 µL/L	30	1-4	2.20±1.186b	0-98	33.63±6.153b
	3 µL/L	30	1-3	1.53±0.819c	0-98	24.63±5.598b
	5 µL/L	30	1-1	1.00±0.00c	0-62	14.03±2.904b
72 Saat	Kontrol	30	3-12	6.57±0.423a	102-440	242.43±18.140a
	1 µL/L	30	3-5	3.17±0.84b	0-75	18.13±4.452b
	3 µL/L	30	3-3	3.00±0.00b	0-47	3.87±1.908b
	5 µL/L	30	3-3	3.00±0.00b	0-56	10.90±3.147b

\*Aynı sütunda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir. N; Deneye giren birey sayısıdır.

(P>0.05, Tukey HSD testi)

Tablo 2. Farklı deney grupları (kontrol ve uçucu yağ dozu uygulanmış), zaman ve etkileşimlerinin *E. kuehniella* dişilerine etkilerini gösteren ANOVA tablosu.

	Kaynak	df	KO	F	P	r2
Ergin hayat uzunluğu	Deney grupları	3	102,282	98,069	0,000	0,71
	Zaman	1	230,104	220,626	0,000	
	Deney grupları x zaman	3	16,526	15,846	0,000	
	Hata	232	1,043			
Yumurta sayısı	Deney grupları	3	5,715x10 <sup>-5</sup>	228,141	0,000	0,75
	Zaman	1	1,612x10 <sup>-3</sup>	0,643	0,423	
	Deney grupları x zaman	3	2,094x10 <sup>-4</sup>	8,363	0,000	
	Hata	232	2,505x10 <sup>-3</sup>			

Tablo 3. Nane uçucu yağının, farklı doz ve uygulama sürelerinde, *E. kuehniella* larvalarının koza örme süresi, puplaşma süresi ve pupal periyoduna etkisi.

Zaman	Doz	N	Koza örme süresi (gün)		Puplaşma süresi (gün)		Pupal periyot (gün)	
			Min.-Mak.	$\bar{x} \pm SH^*$	Min.-Mak.	$\bar{x} \pm SH^*$	Min.-Mak.	$\bar{x} \pm SH^*$
24 Saat	Kontrol	30	3-9	5.40±0.247a	5-12	7.27±0.299a	7-14	11.53±0.287a
	1 µL/L	30	1-6	3.83±0.254b	5-8	5.87±0.937b	7-10	8.77±0.104b
	3 µL/L	30	3-6	4.43±0.171b	5-8	6.13±0.860b	7-10	8.47±0.133b
	5 µL/L	30	2-7	4.50±0.239ba	5-12	6.40±1.632ab	7-11	8.47±0.157b
72 Saat	Kontrol	30	3-8	4.40±0.274a	4-10	5.77±0.270a	8-14	9.90±0.264ab
	1 µL/L	30	3-8	5.10±0.289a	4-11	7.20±0.354b	5-13	8.93±0.318a
	3 µL/L	30	3-6	4.73±0.159a	5-10	6.93±0.287bc	5-11	8.90±0.319a
	5 µL/L	30	3-9	4.33±0.246a	4-10	6.03±0.282ac	7-14	10.17±0.284b

\*Aynı sütunda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir. N; Deneye giren birey sayısıdır. (P>0.05, Tukey HSD testi)

Puplaşma süresi incelendiğinde 24 saat sonunda kontrole göre 1 ve 3 µL/L'lerinde istatistiksel açıdan anlamlı seviyelerde kısılma gözlenmiştir (F=6.349; sd= 3, 116; p= 0.001). 72 saat sonunda ise kontrole göre 1 ve 3 µL/L ile 1 µL/L hava dozuna göre 5 µL/L hava dozuna maruz kalan bireylerde puplaşma süreleri anlamlı seviyelerde kısalmıştır (F=5.308; sd= 3, 116; p= 0.002) (Tablo 3). Çift yönlü ANOVA sonuçları ise larvalarının puplaşma süresinin hem deney gruplarına (P=0,580), hem de zamana (P=0,729) bağlı olmadığını ancak deney ve kontrol grupları ile doz miktarı arasındaki etkileşim zamandan etkilendiğini göstermiştir (P=0,000) (Tablo 6). Larvalarının pupal periyodunun 24 saat sonunda kontrole göre diğer bütün dozlarda kısalttığı gözlenmiştir (F=65.609; sd= 3, 116; p= 0.000). 72 saat sonunda ise verilerde kontrole göre herhangi bir fark gözlenmezken 1 ve 3 µL/L'a göre 5 µL/L'a maruz kalan bireylerin pupal periyodu istatistiksel açıdan önemli seviyede uzadığı belirlenmiştir (F=4.841; sd= 3, 116; p= 0.521) (Tablo 3). Çift yönlü ANOVA sonuçları pupal periyot süresinin deney gruplarına (P=0,000) bağlı ancak zamana (P=0,341) bağlı olmadığını, buna rağmen deney ve kontrol grupları ile doz miktarı arasındaki etkileşimin zamandan etkilendiğini göstermiştir. (P=0,000) (Tablo 6).

Ergin öncesi gelişim süresine göre 24 saat sonunda kontrole göre deney gruplarında istatistiksel açıdan anlamlı seviyelerde kısılma gözlenirken (F=86.479; sd= 3, 116; p= 0.000) 72 saat sonunda istatistiksel açıdan değişiklik görülmemiştir (F=0.756; sd= 3, 116; p= 0.521) (Tablo 4). Çift yönlü ANOVA sonuçlarına göre ergin öncesi gelişim süresinin deney gruplarına (P=0,000) bağlı ancak zamana (P=0,186) bağlı olmadığını, ancak deney ve kontrol grupları ile doz miktarı arasındaki etkileşimin zamandan etkilendiğini göstermiştir. (P=0,000) (Tablo 6).

Tablo 4. Nane uçucu yağının, farklı doz ve uygulama sürelerinde, *E. kuehniella* larvalarının ergin öncesi gelişim süresi ve ergin hayat uzunluğuna etkisi.

Zaman	Doz	N	Ergin öncesi gelişim süresi (gün)		Ergin hayat uzunluğu(gün)	
			Min.-Mak.	$\bar{x} \pm SH^*$	Min.-Mak.	$\bar{x} \pm SH^*$
24 Saat	Kontrol	30	16-22	18.80±0.194a	4-14	7.70±0.384a
	1 µL/L	30	12-16	14.60±0.177b	4-11	6.97±.320a
	3 µL/L	30	12-18	14.60±0.228b	2-11	6.77±0.392a
	5 µL/L	30	12-19	14.87±0.274b	2-11	6.80±0.347a
72 Saat	Kontrol	30	12-21	15.67±0.360a	7-18	10.30±0.470a
	1 µL/L	30	13-20	16.13±0.266a	4-14	9.33±0.510a
	3 µL/L	30	15-17	15.83±0.167a	6-17	10.90±0.508a
	5 µL/L	30	12-20	16.20±0.327a	7-15	9.93±0.395a

\*Aynı sütunda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir. N; Deneye giren birey sayısıdır.

(P>0.05, Tukey HSD testi)

Larva döneminde nane maruz kalan bireylerin hayat uzunluğunda incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişikliğe rastlanmamıştır (24 saatlik uygulama; F=1.457; sd= 3, 116; p=0.230, 72 saatlik uygulama; F=1.926; sd= 3, 116; p=0.129) (Tablo 4). Çift yönlü ANOVA sonuçları incelendiğinde ergin hayat uzunluğu süresi deney gruplarına (P=0,154) bağlı değildi ancak zamana (P=0,000) bağlıydı buna ek olarak deney ve kontrol grupları ile doz miktarı arasındaki etkileşim zamandan etkilenmemektedir (P=0,160) (Tablo 6).

Tablo 5. Nane uçucu yağının, farklı doz ve uygulama sürelerinde, *E. kuehniella* larvalarının ergin ağırlığı ve yumurta sayısına etkisi.

Zaman	Doz	N	Ergin ağırlığı (mg)		Yumurta sayısı	
			Min.-Mak.	$\bar{x} \pm SH^*$	Min.-Mak.	$\bar{x} \pm SH^*$
24 Saat	Kontrol	30	6.2-16.2	10.257±0.444a	76-205	134.25±0.581a
	1 µL/L	30	6.5-16.9	11.870±0.423ab	0-4	0.31±1.014b
	3 µL/L	30	5.2-18.1	12.083±2.966b	0-8	2.71±0.544b
	5 µL/L	30	4.2-18	10.473±0.550ab	0-7	1.54±0.685b
72 Saat	Kontrol	30	7.2-18.6	10.900±0.5343a	40-191	129.69±12.012a
	1 µL/L	30	5.9-16.2	10.727±0.462a	0-61	19.84±4.474b
	3 µL/L	30	6.3-15.7	10.850±0.434a	0-136	26.71±9.893b
	5 µL/L	30	5.9-17.6	10.300±0.521a	0-66	29.33±5.279b

\*Aynı sütunda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir. N; Deneye giren birey sayısıdır.

(P>0.05, Tukey HSD testi)

Ergin olan birey ağırlıkları değerlendirildiğinde 24 saat sonrasında kontrole göre deney gruplarından sadece 3 µL/L'da artış olduğu görülmüştür (F=3.622; sd= 3, 116; p=0.015). 72 saatlik uygulamada ise herhangi bir istatistik değişikliğe rastlanmamıştır (F=0.310; sd= 3, 116; p=0.818) (Tablo 5). Çift yönlü ANOVA sonuçlarına göre ergin ağırlığı deney gruplarına (P=0,076) ve zamana (P=0,172) bağlı değildi. Ayrıca deney ve kontrol grupları ile doz miktarı arasındaki etkileşim zamandan etkilenmemektedir (P=0,183) (Tablo 6). Ergin dişilerin toplam yumurta sayısına ait veriler incelendiğinde ise 24 ve 72 saatlik uygulamalardan sonra kontrole göre deney gruplarının hepsinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma belirlenmiştir (24 saatlik uygulama; F=266.899; sd= 3, 58; p=0.000, 72 saatlik uygulama; F=38.199; sd= 3, 63; p=0.000) (Tablo 5). Çift yönlü ANOVA

sonuçlarında yumurta sayısı deney gruplarına (P=0,000) ve zamana (P=0,001) bağlıdır. Ancak deney ve kontrol grupları ile doz miktarı arasındaki etkileşim zamandan etkilenmemektedir (P=0,103) (Tablo 6).

Tablo 6. Farklı deney grupları (kontrol ve uçucu yağ dozu uygulanmış), zaman ve etkileşimlerinin *E. kuehniella* larvalarına etkilerini gösteren ANOVA tablosu.

	Kaynak	df	KO	F	P	r2
Koza örme süresi	Deney grupları	3	2,828	1,654	0,178	0,11
	Zaman	1	0,600	0,351	0,554	
	Deney grupları x zaman	3	13,411	7,844	0,000	
	Hata	232	1,710			
Puplaşma süresi	Deney grupları	3	1,456	0,656	0,580	0,13
	Zaman	1	0,267	0,120	0,729	
	Deney grupları x zaman	3	23,922	10,774	0,000	
	Hata	232	2,220			
Pupal periyot	Deney grupları	3	51,128	27,897	0,000	0,36
	Zaman	1	1,667	0,909	0,341	
	Deney grupları x zaman	3	28,311	15,447	0,000	
	Hata	232	1,833			
Ergin öncesi gelişim süresi	Deney grupları	3	52,960	26,608	0,000	0,46
	Zaman	1	3,504	1,761	0,186	
	Deney grupları x zaman	3	76,171	38,270	0,000	
	Hata	232	1,990			
Ergin hayat uzunluğu	Deney grupları	3	9,415	1,769	0,154	0,33
	Zaman	1	561,204	105,427	0,000	
	Deney grupları x zaman	3	9,249	1,737	0,160	
	Hata	232	5,323			
Ergin ağırlığı	Deney grupları	3	16,851	2,325	0,076	0,06
	Zaman	1	13,633	1,881	0,172	
	Deney grupları x zaman	3	11,817	1,631	0,183	
	Hata	232	7,247			
Yumurta sayısı	Deney grupları	3	1,0126x10 <sup>-4</sup>	142,003	0,000	0,79
	Zaman	1	8,72x10 <sup>-4</sup>	12,229	0,001	
	Deney grupları x zaman	3	1,502x10 <sup>-3</sup>	2,107	0,103	
	Hata	121	7,13x10 <sup>-2</sup>			

#### 4. Sonuçlar ve tartışma

Çalışmada; nane (*M. spicata*) uçucu yağının 24 ve 72 saatlik sürelerde uygulanan 3 farklı dozun (1, 3, 5 µL/L) *E. kuehniella*'nın son evre larvaları ve ergin dişi bireylerinin gelişim biyolojisine etkisi olduğu belirlenmiştir. Literatürde fumigant yolla zararlı böceklerle uygulanan uçucu yağlara ait birçok çalışma bulunsa da bu çalışmaların büyük bir çoğunluğunun uçucu yağların lethal değerlerinin belirlenebilmesi için olduğu [31-34] ve bu nedenle bizim çalışmamıza kıyasla oldukça yüksek dozların kullanıldığı gözlenmiştir. Maedeh ve ark., 2011 [33], *Satureja hortensis* (Lamiaceae) bitkisinden elde ettikleri uçucu yağın 1-7 günlük *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) ve 12-14 günlük *E. kuehniella* ve *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarında 6, 9, 12 saatlik fumigant etkilerini incelemişlerdir. Buna göre 12 saat sonra fumigant etkiye bakıldığında *E. kuehniella*'da 118 ve 228.5 µL/L hava dozunda sırasıyla %91 ve %100 ölüm görülmüştür. Ercan ve ark. [31], *Prangos ferulacea* (Apiaceae) 'dan elde edilen uçucu yağın *E. kuehniella* larvalarındaki etkisinde 1 günlük uygulamada 538.75 µL/L'da %99 ölüm görülmüştür. Erler [32], bitkisel bileşen olan monoterpenoidlerden menthol ve 1.8-cineole'in fumigant etkisini 23.1 ile 184.8 mg/L doz aralığında ve 1-4 günlük periyotta *E. kuehniella*'nın yumurta sayısı ve larvalarına etkisini rapor etmiştir. Çalışmada 1,8-sineol ve mentol bileşenleri *E. kuehniella* yumurta ve larvaları üzerinde



kullanılan tüm dozlar ve sürelerde %99 ölüm oranı göstermiştir. Lavanta uçucu yağının kullanıldığı bir çalışmada ise 3. dönem şeftali afidi (*Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae)) larvalarına 11.2 µL/L hava dozu uygulanmış ve 72 saat sonunda böcek popülasyonunun %50'sinin öldüğü tespit etmişlerdir [35]. Diğer bir çalışmada, *M. spicata*'nın 2.5 µL/L hava dozuna, 24 saat maruz kalmasıyla *E. kuehniella* erginlerinde %80'den fazla ölüm görülmüş ve yumurta evresindeki ölümlerin ise %56 ila 60 arasında değiştiği belirlenmiştir [36]. Literatürdeki bu çalışmaların aksine havaya karıştırılan düşük dozlardaki uçucu yağların zararlı böceklerin biyolojik özelliklerini etkileme boyutlarına çok az yer verilmiştir [37, 41].

Çalışmamız 24 ve 72 saatliğine naneye maruz kalan dişi bireylerin yumurta sayısında kontrole göre diğer dozlarda istatistiksel açıdan anlamlı azalmalar gözlenmiştir. Yumurta sayısındaki azalmaların deney gruplarına bağlı olduğu ancak zamana bağlı olmadığı belirlenmiş ve ek olarak deney ve kontrol grupları ile doz miktarı arasındaki etkileşimin zamandan da etkilendiği gözlenmiştir. Stepanycheva ve ark. [38], 15 farklı ticari uçucu yağın *Frankliniella occidentalis* P. (Thysanoptera: Thripidae)'in akut toksisite sonuçlarını ve ölümcül olmayan dozlarının dişi *F. occidentalis*'lerinin doğurganlığı üzerindeki etkisini araştırdığı çalışma sonucunda uçucu yağların fumigant etkisinin bu zararıya karşı kullanabileceklerine dair veriler sunmuşlardır. Çalışmaya göre en etkili uçucu yağlar, *Mentha pulegium* L. ve *Thymus mastichina* L. olarak belirlenmiş ve iki yağ için de LC<sub>50-90</sub> sırasıyla 3,1(3,8) ve 3,6(4,6) mg/L hava dozu olarak belirlenmiştir. Ayrıca *M. pulegium* ve *T. mastichina*'nın ölümcül olmayan dozlarının ise hayatta kalan *F. occidentalis* dişilerinin doğurganlığında önemli bir azaltmaya neden olduğu bulunmuştur. Çalışmada kullanılan ve kedi nanesi olarak bilinen *Nepeta cataria* L. kaynaklı uçucu yağın ise *F. occidentalis* dişilerinin verimini etkileyen en güçlü essansiyel yağ olduğu gözlenmiştir. Fumigant yolla uygulanan esansiyel yağların toksisitesinin araştırıldığı başka bir çalışma da ise [37] sekiz farklı esansiyel yağ bileşeninden (1-8 cineole, carvacrol, eugenol, (-)-menthone, (-)-linalool, S-(-)-limonene, (-)-β-pinene, and (+)-α-pinene), 1-8-Sineol ve karvakrol'ün bütün dozlarda *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae)'un yumurta bırakmasını %100 engellediği; Eugenol ve (-)-menthone'nun ise ergin çıkışını tamamen durdurduğu gözlemlenmiştir. S-(-) Limonene, (-)-β-pinene, ve (+)-α-pinene'nin ise yumurtlamayı veya ergin birey çıkışını önlemede etkili olmadığı aynı çalışmada belirlenmiştir. Dolayısıyla 1-8-Sineol, karvakrol, Eugenol ve (-)-menthone için minimum dozlar da kullanmak yeterliyken, diğer bileşenler için ölümcül doz kullanılmasının gerekli olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmamızda da kullanılan dozlar ile doza bağlı yumurta sayısının azalması daha önce yapılan araştırmalar ile benzerlik göstermektedir.

*E. kuehniella* dişi bireylerinin ergin hayat uzunluklarına dair veriler incelendiğinde bireylerin ergin hayat uzunluğunun hem deney gruplarından hem de uygulama zamanından etkilendiği belirlenmiştir. Her iki saat dilimi için de ergin hayat uzunluğunda kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı azalmalar gözlenmiştir. Ek olarak 24 saatlik uygulamanın ardından doz arttıkça ergin dişi bireylerin de hayat uzunluğunun istatistiksel açıdan anlamlı seviyelerde kısaldığı belirlenmiştir. Nananın fumigant etkisinin larva evresine etkisi incelendiğinde ise ergin bireylerin hayat uzunluğunda anlamlı bir değişikliğe rastlanmamıştır. Ergin hayat uzunluğu süresi ise deney gruplarına bağlı değilken zamana bağlı olduğu gözlenmiştir. Buna ek olarak deney ve kontrol grupları ile doz miktarı arasındaki etkileşimin de zamandan etkilenmediği belirlenmiştir. Literatür taramalarında ise Mahmoudvand ve ark. [34], *Rosmarinus officinalis* L., *M. pulegium* L., *Zataria multiflora* L. ve *Citrus sinensis* (L.) Osbeck'lerden ekstrakte edilen bazı uçucu

yağların *T. castaneum*, *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Curculionidae), *C. maculatus* ve *P. interpunctella* dahil olmak üzere depolanmış ürün zararlılarının erginleri üzerindeki toksisitesini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda iki farklı zaman dilimi (24 ve 48 saat) için her bir uçucu yağın her bir böcekteki öldürücü hava dozu belirlenirken test edilen uçucu yağlar arasında *C. sinensis*'in *T. castaneum*, *S. granarius* ve *C. maculatus* üzerinde iyi bir fumigant toksisiteye sahip olduğunu ve *M. pulegium* (Nane) esansiyel yağının, *S. granarius* üzerinde *C. sinensis*'ten daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmamız nane (*M. spicata*) uçucu yağının (1, 3 ve 5 µL/L) *E. kuehniella* larvalarına uygulanmasına bağlı olarak Stepanycheva ve ark. [38] ve Mahmoudvand ve ark. [34]'in yaptıkları çalışmalardan farklılık göstermektedir. Bu durumun böcek türü, böcek gelişim evresi, böcek türlerinin metabolizma ve duyarlılığı ile uçucu yağ farklılığı sebebiyle gerçekleştiği düşünülmektedir. Yine aynı çalışmalar incelendiğinde farklı uçucu yağların ergin bireylere uygulanmasının çalışmamızla paralellik gösterdiği görülmüştür. Bütün bu çalışmalar ışığında böcek evresinin de farklı uçucu yağlardan etkilendiği sonucuna varılabilir. Ayrıca *M. spicata* ile aynı familyaya (*Lamiaceae*) ait ve halk arasında kedi nanesi olarak bilinen *N. cataria* kaynaklı uçucu yağın da dişilerinin doğurganlığında önemli bir azalmaya neden olması bizim çalışmamız ile paralellik göstermektedir [34, 38].

Çalışmamızın farklı dozlarda nane uçucu yağının fumigant etkisine maruz kalan *E. kuehniella* larvalarına ait verilerin (koza örme süresi, puplaşma süresi, pupal periyot ve ergin öncesi gelişim süresine, ağırlık ve yumurta) çoğunluğunda istatistiksel olarak anlamlı düzeylerde fark gözlenmiştir. Pasha ve Soliman'ın [39] yayınladıkları araştırmada 3 farklı esansiyel yağın (*Ocimum basilicum* L., *Citrus limon* (L.) Osbeck, ve *Thymus vulgaris* L.) *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae)'nin biyolojisi ve önemli bir ekonomik değeri olan ipek kozasına dezenfektan olarak etkinliğini araştırmışlardır. Esansiyel yağın 2000, 4000 ve 8000 ppm dozları ipek böceğinin beslendiği yapraklara uygulandığında ipek böceği kozasının ekonomik parametrelerinin (koza ağırlığı, koza kabuğu ağırlığı, koza yüzdesi, koza kabuğu oranı ve günlük koza örme verimliliği) etkilendiği ve larvaların ipek üretkenliğinin, yağ uygulanmamış yapraklarla beslenen larvalara göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir [39]. Mevcut çalışmamızda ise farklı dozlarda 24 saat uygulanan nane uçucu yağına bağlı olarak koza örme süresinde kısalma, 72 saatlik nane uygulamasının ardından ise koza örme süresinde uzama gözlemlendi. Uçucu yağların hem fumigant etkiyle hem de beslenme yoluyla Lepidoptera takımına ait bireylerin koza örme mekanizmasını etkileyebildiği görülmektedir.

Çalışmamızda fumigant etkiye 24 saat maruz kalınması durumunda puplaşma süresinin kısaldığı ve 72 saat maruz kalınması durumunda ise kontrole göre uzadığı gözlemlendi. Chaubey 2008 yılında yaptığı çalışmada 8 farklı esansiyel yağın (*Anethum graveolens* L., *Cuminum cyminum* L., *Illicium verum* H., *Myristica fragrans* H., *Nigella sativa* L., *Piper nigrum* L. ve *Trachyspermum ammi* L.), fasulye biti olarak bilinen *Callosobruchus chinensis* (Bruchidae: Coleoptera)'nın puplaşma süresini kontrole göre geciktirdiğini gözlemlenmiştir [40].

Puplaşma süresi verilerin de ise 24 saat sonunda kontrole göre 1 µL/L'de %23.94, 3 ve 5 µL/L'de ise %26.54 oranında kısalma gözlemlenmiştir. 72 saat sonunda ise en yüksek doz olan 5 µL/L'de 1 µL/L'ye göre %12.19 ve 3 µL/L'ye göre %12.48 uzama gözlemlenmiştir. Qin ve ark., 2010 yılında yaptığı bir çalışmada *Piper sarmentosum* P. esansiyel yağının farklı dozlarını (100, 500, 1000, 1500 ve 2000 mg/L) *Brontispa longissima* G. (Coleoptera: Hispididae)'ya uygulamış ve doz miktarı arttıkça pupal periyotun uzadığını

gözlemlenmiştir. Yine aynı çalışmada *P. sarmentosum* esansiyel yağının, *B. longissima*'nın farklı evrelerinin gelişim süresini önemli ölçüde uzatabildiğini ve böylece *B. longissima*'nın gelişimini engelleyebildiğini bulmuşlardır [41]. Bizim çalışmamızda ise nane uçucu yağının *E. kuehniella*'nın ergin öncesi gelişim süresini kontrole göre 1, 3 ve 5 µL/L'de sırasıyla %22.34, %22.34 ve %20.90 oranında kısalttığı gözlemlenmiş yani doz arttıkça bireylerin daha kısa sürede ergin oldukları belirlenmiştir. 72 saatlik uygulama ise ergin öncesi gelişim süresini ve aynı zamanda her iki zamanda ergin haline gelen bireylerin hayat uzunluğu da etkilememiştir. Qin ve ark. ise *P. sarmentosum* esansiyel yağının, *B. longissima*'nın ergin hayat uzunluğunu kontrole göre diğer bütün dozlarda kısalttığını ifade etmişlerdir [41]. Çalışmamız ile bu çalışma arasındaki farklılıkların böcek türünün bulunduğu takım, böceğe uygulanan esansiyel yağ ve dozlarının farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Literatür taramalarında ise herhangi bir uçucu yağın böceğin koza örme süresi, puplaşma süresi, pupal periyot, ergin öncesi gelişim süresi ve ergin ağırlığına etkisini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Sonuç olarak; düşük dozlarda nane uçucu yağının fumigasyon yoluyla ergin dişilere ve larvalara uygulanması sonucu dişi bireylerin yumurta sayısının ve yaşam uzunluğunun etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca larva döneminde nane maruz kalan bireylerin de bazı biyolojik özelliklerinin etkilendiği anlaşılmıştır. Bu özellikler arasında özellikle puplaşma süresi ve ergin öncesi gelişim süresinde gözlenen kısalmanın *E. kuehniella*'nın hayatta kalmak için geliştirdiği bir strateji olabileceği düşünülmektedir. Yapılan çalışmada hem ergin bireylere hem de larvalara aynı süre ve miktarda uygulanan nane uçucu yağının yumurta sayısını azaltması esansiyel yağların depolarda ürün kaybına neden olan *E. kuehniella*'nın mücadelesi için önemli olacağını göstermiştir.

## Kaynaklar

- [1] Güneş, E., ve Turmuş, E., Dünyada ve Türkiye'de Gıda Güvenliği/Güvencesinin Hububat Sektörü Yönüyle Değerlendirilmesi, Evaluation of Grain Sector in Terms of Food Safety/Security in Turkey and the World, 7, 3, 124-143, (2020).
- [2] TMO, [https://www.ankaratb.org.tr/lib\\_upload/duenya%20Hububat%20raporu%202021.pdf](https://www.ankaratb.org.tr/lib_upload/duenya%20Hububat%20raporu%202021.pdf), (2021).
- [3] Nikolaou, P., Marciniak, P., Adamski, Z., ve Ntalli, N., Controlling Stored Products' Pests with Plant Secondary Metabolites: A Review, **Agriculture**, 11,9, 879, (2021).
- [4] Rajendran S., Sriranjini V., Plant products as fumigants for stored-product insect control. **Journal of Stored Products Research**, 44,2, 126-135, (2008).
- [5] Kırpık, M.A., Kılıçle, P.A., ve Asker, Y. Y., Defne (*Laurus nobilis* L.) ve Zahter (*Thymbra spicata* L.) Uçucu Yağlarının Farklı Konsantrasyonlarda *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) ve *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) Üzerine Fumigant Etkilerinin Araştırılması. **Journal of the Institute of Science and Technology**, 9,3, 1234-1242, (2019).
- [6] Hill D.S., **Agricultural insect pests of tropics and their control**,749, 3 rd. Edition, Cambridge University Press, London, (1987).
- [7] De Lima, C.P.F., Insect pests and postharvest problems in the tropics. **International Journal of Tropical Insect Science**, 8,4-5-6, 673-676, (1987).
- [8] Bebbler, D., Ramotowski, M. ve Gurr, S., Crop pests and pathogens move polewards in a warming world, **Nature Clim Change** 3, 985–988, (2013). <https://doi.org/10.1038/nclimate1990>

- [9] Ayvaz, A., Karabörklü, S., Effect of cold storage and different diets on *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep: Pyralidae), **Journal of Pest Science**, 81,1, 57-62, (2008).
- [10] Jacob, T.A., and Cox, P.D., The influence of temperature and humidity on the life-cycle of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Products Research**, 13,3, 107–118, (1977). doi:10.1016/0022-474x(77)90009-1
- [11] Champ B.R. and Dyte C.E., Report of the FAO Global Survey of Pesticide Susceptibility of Stored Grain Pests. FAO Plant Production and Protection Series No. 5. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, (1976).
- [12] Sahaf, B.Z., Moharramipour, S., Meshkatalasadat, M.H., Fumigant toxicity of essential oil from *Vitex pseudo-negundo* against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus oryzae* (L.), **Journal of Asia–Pacific Entomology**, 11,4, 175–179, (2008).
- [13] Taylor R.W.D., Methyl bromide—is there any future for this noteworthy fumigant?, **Journal of Stored Products Research**, 30,253–260, (1994).
- [14] Graham, J.S., A comparison between the impact of sulfur dioxide and methyl bromide fumigations on stored-product insect populations in UK Flour mills, **Journal of Stored Products Research**, 43,410–416, (2007).
- [15] Sak, O., Uçkan, F., Ergin, E. Effects of cypermethrin on total body weight, glycogen, protein, and lipid contents of *Pimpla turionellae* (L.) (Hymenoptera: Ichneumonidae), **Belgian Journal of Zoology**, 136,1, 53–58, (2006).
- [16] Altuntaş, H., Kılıç A.Y., Uçkan F., Ergin E., Effects of Gibberellic Acid on Hemocytes of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae), **Environmental Entomology**, 41,3, 688–696, (2012).
- [17] Dere, B., Altuntaş, H., Nurulloğlu, Z.U., Insecticidal and oxidative effects of azadirachtin on the model organism *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae), **Archives of insect biochemistry and physiology**, 89,3, 138–152, (2015).
- [18] Er, A., Taşkiran, D., Sak, O., Azadirachtin-induced effects on various life history traits and cellular immune reactions of *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae), **Archives of Biological Sciences**, 69, 335–344, (2017).
- [19] Altuntaş, H., Duman, E., Kılıç, G., Juglone induced oxidative and genotoxic stress in the model insect *Galleria mellonella* L. (Pyralidae: Lepidoptera), **International Journal of Tropical Insect Science**, 40, 611–619, (2020).
- [20] Çelik, E., Sak, O., Effects of kinetin on biological parameters and hemocytes of *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae), **Archives of Biological Sciences**, 72,2, 181–192, (2020).
- [21] Kaya, S., Uçkan, F., Er, A., Influence of indole-3-acetic acid on cellular immune responses of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) and *Pimpla turionellae* L. (Hymenoptera: Ichneumonidae) in a host-parasitoid system. **International Journal of Tropical Insect Science**, 41, 169-179, (2021).
- [22] Özgüven, M., and Kırıcı, S., Farklı ekolojilerde nane (*Mentha*) türlerinin verim ile uçucu yağ oranı ve bileşenlerinin araştırılması, **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 23,465–472, (1999).
- [23] Baytop, T., Türkçe bitki adları sözlüğü, Türk Dil Kurumu, Yayın No:578, Ankara, (1992).
- [24] Baydar, H., Tıbbi ve aromatik bitkileri bilimi ve teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 51, Beşinci baskı, Isparta, (2016).
- [25] TÜİK, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/>. (Erişim Tarihi:03.11.2019).

- [26] Pascual-Villalobos, M. J., and Robledo, A., Screening for anti-insect activity in Mediterranean plants, **Industrial Crops and Products**, 8: 183-194,(1998).
- [27] Lamiri, A., Lhaloui, S., Benjilali, B., Berrada, M., Insecticidal effects of essential oils against Hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say), **Field Crops Research**, 71,1, 9–15, (2001).
- [28] Clemente, S., Mareggiani, G., Broussalis, A., Martino, V. and . Ferraro, G., Insecticidal effects of Lamiaceae species against stored products insects. **Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas**, 29: 1-8, (2003).
- [29] Karakoç, Ö.C., Bazı bitki uçucu yağlarının *Sitophilus oryzae* L., *Sitophilus granarius* L. (Col.: Curculionidae) ve *Acanthoscelides obtectus* Say. (Col.:Bruchidae)“a karşı fumigant etkileri, **Türkiye Entomoloji Dergisi**, 29, 1, 35-48, (2006).
- [30] Gözek, N., Bitkisel kökenli sarımsak ile soğan uçucu yağlarının ve bazı aktif bileşenlerinin kırma un biti (*Tribolium confusum* du Val.)’nin gelişme dönemlerine karşı fumigant etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü imam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş, (2007).
- [31] Ercan F.S., Baş H., Koç M., Pandır D., Öztemiz S., Insecticidal activity of essential oil of *Prangos ferulacea* (Umbelliferae) against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Trichogramma embryophagum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 37 ,6, 719–725, (2013).
- [32] Erler F., Fumigant activity of six monoterpenoids from aromatic plants in Turkey against the two storedproduct pests confused flour betle, *Tribolium confusum* and Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*, **Journal of Plant Diseases and Protection**, 112 ,6, 602-611, (2005).
- [33] Maedeh M., Hamzeh I., Hossein D., Majid A., Reza R.K., Bioactivity of essential oil from *Satureja hortensis*(Laminaceae) against three stored-product insect species. **African Journal of Biotechnology**, 10 ,34, 6620–6627, (2011).
- [34] Mahmoudvand, M., Abbasipour, H., Basij, M., Hosseinpour, M. H., Rastegar, F., Nasiri, M. B., Fumigant toxicity of some essential oils on adults of some stored-product pests. **Chilean journal of agricultural research**, 71,1, (2011).
- [35] Attia S., Lognay G., Heuskin S. ve Hance T., Insecticidal activity of *Lavandula angustifolia* Mill. against the pea aphid *Acyrtosiphum pisum*, **Journal of Entomology and Zoology Studies**, 4,1, 118–122, (2016).
- [36] Eliopoulos, P.A., Hassiotis, C.N., Andreadis, S.S., Porichi, A.E., Fumigant toxicity of essential oils from basil and spearmint against two major pyralid pests of stored products. **Journal of Economic Entomology**, 108,2, 805–810, (2015).
- [37] Ajayi, O. E., Appel, A. G., Fadamiro, H. Y., Fumigation toxicity of essential oil monoterpenes to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae), **Journal of Insects**, (2014).
- [38] Stepanycheva, E., Petrova, M., Chermenskaya, T., Pavela, R., Fumigant effect of essential oils on mortality and fertility of thrips *Frankliniella occidentalis* Perg, **Environmental Science and Pollution Research**, 26,30, 30885–30892, (2019).
- [39] Pasha, S.S., Soliman, N.H., Efficacy of essential oils as antiseptics on the productive characteristics of the mulberry silkworm *Bombyx mori* L., **European Journal of Biological Research**, 12,1, 37–45, (2022).
- [40] Chaubey, M.K., Fumigant toxicity of essential oils from some common spices against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of oleo science**, 57,3, 171–179, (2008).

- [41] Qin, W., Huang, S., Li, C., Chen, S., Peng, Z., Biological activity of the essential oil from the leaves of *Piper sarmentosum* Roxb.(Piperaceae) and its chemical constituents on *Brontispa longissima* (Gestro)(Coleoptera: Hispidae). **Pesticide biochemistry and physiology**, 96,3, 132–139, (2010).