



**DEFNEYAPRAĞI (*Lauris nobilis*) ESANSİYEL YAĞININ
NANOEMÜLSİYON FORMUNUN *Sitophilus granarius*'A
KARŞI İNSEKTİSİT ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Cihan SİRKE

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Semra ÇİÇEK
Yüksek Lisans Tezi
Tarımsal Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı
2023**

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANA BİLİM DALI

**DEFNEYAPRAĞI (*Lauris nobilis*) ESANSİYEL YAĞININ NANOEMÜLSİYON
FORMUNUN *Sitophilus granarius*'A KARŞI İNSEKTİSİT ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

(Investigation of Insecticidal Efficacy of the Nanoemulsion Form of Bay Leaf (*Lauris nobilis*)
Essential Oil against *Sitophilus granarius*)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cihan SİRKE

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Semra ÇİÇEK

Erzurum
Eylül, 2023

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Cihan SİRKE tarafından hazırlanan “DEFNEYAPRAĞI (*Lauris nobilis*) ESANSİYEL YAĞININ NANOEMÜLSİYON FORMUNUN *Sitophilus granarius*’A KARŞI İNSEKTİSİT ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı çalışması 14 /09 / 2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Tarımsal Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Temel GÖKTÜRK <i>Artvin Çoruh Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Dr. Öğr. Üyesi Semra ÇİÇEK <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Yeşim BULAK KORKMAZ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrağan CEYHUN
Enstitü Müdürü
Aslı Islak İmzalıdır

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek lisans Tezi olarak Dr. Öğr. Üyesi Semra ÇİÇEK danışmanlığında sunulan “DEFNEYAPRAĞI (*Lauris nobilis*) ESANSİYEL YAĞININ NANOEMÜLSİYON FORMUNUN *Sitophilus granarius*’A KARŞI İNSEKTİSİT ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	2	30
Kuramsal Temeller	4	30
Materyal ve Metot	8	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	5	20
Sonuçlar	0	20
Tezin Geneli	10	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5’den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Cihan SİRKE	Dr. Öğr.Üyesi Semra ÇİÇEK
14.9.2023	14.9.2023
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☒ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bilimsel ve akademik yönlendirmeleri, önerileri, yorumları ile bilgi ve tecrübelerinden her zaman faydalandığım, bana her türlü yardım ve desteği sağlayan çok değerli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Semra ÇİÇEK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarımın nanoemülsiyon oluşturulması ve karakterizasyonu aşamalarını gerçekleştirdiğim Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DAYTAM) müdürü Sayın Prof.Dr. Hamdullah KILIÇ'a ve insektisit aktivite çalışmalarının gerçekleştirildiği Bitki Koruma Bölümü'nde öğretim üyesi olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yeşim BULAK KORKMAZ'a içtenlikle teşekkür ederim. Ayrıca çalışma verilerinin istatistiksel analizi ile ilgili olarak yardımlarını esirgemeyen Zootečni Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Memiş ÖZDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışmamın tüm deneysel süreçlerinde yardımını esirgemeyen, yol gösteren, değerli bilgileri, yorumlarını ve zamanını benimle paylaşan değerli arkadaşım Sevda IŞIK'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, sevgileri ve varlıklarıyla her daim yanımda olan, annem Sayın Nebahat SİRKE, kardeşlerim Sayın Hülya SİRKE 'ye, Sayın Canan MAVİBAŞ'a, Sayın Sinan SİRKE' ye ve 2021 yılında ebediyete uğurladığımız kıymetli babam Sayın Asım SİRKE' ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmam boyunca beni manevi olarak teşvik eden, sevgi ve desteğini hayatım boyunca hissettiğim eşim Sayın Sibel TURAN SİRKE ve bu süreçte hayatımıza renk katan oğlum Ömer Yiğit SİRKE' ye teşekkür ederim.

Cihan SİRKE

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEFNEYAPRAĞI (*Lauris nobilis*) ESANSİYEL YAĞININ NANOEMÜLSİYON FORMUNUN *Sitophilus granarius*'A KARŞI İNSEKTİSİT ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Cihan SİRKE

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Semra ÇİÇEK

Amaç: Defneyaprağının en aktif kullanılan ürünlerinden biri esansiyel yağdır. Esansiyel yağların aktif madde bileşiminin böceklerle karşı biyolojik mücadelede etkili sonuçlar vermesine rağmen, etken maddelerin uçucu olması, çevre koşullarına karşı oldukça hassas olması ve düşük stabilite özellikleri nedeniyle insektisit amaçlı saha kullanımları ve ticarileşmeleri sınırlanmaktadır. Bu nedenle yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda bu çalışmanın amacını defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun oluşturulması, karakterize edilmesi ve *Sitophilus granarius*'a karşı insektisit etkinliğinin araştırılması oluşturmıştır.

Yöntem: Defneyaprağı esansiyel yağının kimyasal kompozisyonu gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi (GC-MS) ile tespit edilmiştir. Defneyaprağı yağının nanoemülsiyon formunun karakterizasyonu için Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM) kullanılarak yüzey morfolojisi belirlenmiştir. Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun damla boyutunu, parçacık boyutu dağılımı ve zeta potansiyeli (Ç-potansiyeli) analiz edilmiştir. Ayrıca moleküler karakterizasyon Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi kullanılarak analiz edilmiştir. *S. granarius*'a ait ergin bireyler üzerinde defneyaprağı esansiyel yağı ve nanoemülsiyon formu uygulanarak zamana bağımlı ölü birey sayıları kayıt altına alınmıştır ve istatistik analizler yapılmıştır.

Bulgular: Defneyaprağı esansiyel yağının kimyasal karakterizasyonu için yapılan GC-MS analizine göre 40 bileşik tanımlanmıştır. TEM görüntülerine ve zeta ölçümleri dikkate alındığında nanoemülsiyonun boyutlarının sırasıyla ~100 nm ve 93,38-94,83 nm arasında olduğu tespit edilmiştir. Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyonunun ortalama zeta potansiyeli ve ortalama polidispersite indeksi sırasıyla $-10,7 \pm 0,265$ mV ve $0,283 \pm 0,002$ olarak belirlenmiştir. 500 ppm ve 1000 ppm konsantrasyonlarında uygulanan defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyon formları 7 günlük maruziyet sonucunda *S. granarius*'ta sırasıyla %43,33 ve %90 ölüm oranlarına yol açmıştır.

Sonuç: Bu çalışmada defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formu başarılı bir şekilde oluşturulmuş ve karakterize edilmiştir. Daha sonra nanoemülsiyonun önemli bir buğday zararlısı olan *S. granarius*'a karşı etkisi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun (esansiyel yağ içeriği dikkate alındığında) oldukça yüksek ölüm oranları gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan bu tez çalışmasının yüksek oranda kimyasal insektisit kullanımının azalmasında önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Defneyaprağı esansiyel yağı, Nanoemülsiyon, *S. granarius*

Eylül 2023, 54 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

INVESTIGATION OF INSECTICIDAL EFFICACY OF THE NANOEMULSION FORM OF BAY LEAF (*Lauris nobilis*) ESSENTIAL OIL AGAINST *Sitophilus*

granarius

Cihan SİRKE

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Semra ÇİÇEK

Purpose: One of the most actively used products of bay leaf is its essential oil. Although the active substance composition of essential oils gives effective results in biological control against insects, their use and commercialization for insecticide purposes is limited due to the volatility of the active substances, their sensitivity to environmental conditions and their low stability properties. Therefore, new approaches are needed. In this context, the aim of this study was to create and characterize the nanoemulsion form of bay leaf essential oil and to investigate the insecticide effectiveness against *Sitophilus granarius*.

Method: The chemical composition of bay leaf essential oil was determined by gas chromatography-mass spectroscopy (GC-MS). For the characterization of the nanoemulsion form of bay leaf oil, its surface morphology was determined using Transmission Electron Microscope (TEM). The drop size, particle size distribution and zeta potential (ζ -potential) of the nanoemulsion form of bay leaf essential oil were analyzed. In addition, molecular characterization was analyzed using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. By applying bay leaf essential oil and nanoemulsion form on adult individuals of *S. granarius*, a time-dependent number of dead individuals were recorded, and statistical analyzes were made.

Findings: According to the GC-MS analysis for the chemical characterization of bay leaf essential oil, 40 compounds were identified. Considering the TEM images and zeta measurements, the dimensions of the nanoemulsion were found to be between ~100 nm and 93.38-94.83 nm, respectively. The mean zeta potential and mean polydispersity index of the nanoemulsion of bay leaf essential oil were determined as -10.7 ± 0.265 mV and 0.283 ± 0.002 , respectively. Bay leaf essential oil nanoemulsion form treated at 500 ppm and 1000 ppm concentrations caused 43.33% and 90% mortality rates in *S. granarius*, respectively, after 7 days of exposure.

Results: In this study, the nanoemulsion form of bay leaf essential oil was successfully formed and characterized. Then, the effect of nanoemulsion against *S. granarius*, which is an important wheat pest, was determined. In the results obtained, it was determined that the nanoemulsion form of bay leaf essential oil (considering the essential oil content) showed very high mortality rates. It is thought that this thesis study will play an important role in reducing the high rate of chemical insecticide use.

Keywords: Bay leaf essential oil, Nanoemulsion, *S. granarius*

September 2023, 54 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	x
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	4
Defne Bitkisi	4
Defneyaprağı esansiyel yağları ve kullanım alanları	5
Esansiyel yağlar ve insektisit aktivite	6
Defneyaprağı esansiyel yağları ve insektisit aktivite	7
<i>Sitophilus granarius</i> L. (buğday biti).....	9
Esansiyel yağların insektisit amacıyla kullanımını öneren avantajlar ve kısıtlayan faktörler	13
Esansiyel yağların nanoemülsiyon formları ve insektisit aktivite amaçlı kullanımları ..	14
MATERYAL VE METOT	17
Kullanılan Kimyasallar	17
Kullanılan Materyaller ve Cihazlar	17
Defneyaprağı esansiyel yağının kimyasal karakterizasyonu.....	17
Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun oluşturulması	18
Defne yaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun karakterizasyon çalışmaları	18
Böcek Yetiştirilmesi.....	19
Defne yaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formlarının uygulanması	19
İstatistiksel Analiz.....	20
ARAŞTIRMA BULGULARI	21
Defneyaprağı Esansiyel Yağının Kimyasal Karakterizasyonu	21

Defneyaprağı Esansiyel Yağının Nanoemülsiyon Formunun Karakterizasyon	
Çalışmaları	23
Defneyaprağı Esansiyel Yağının Nanoemülsiyon Formunun İnsektisit Aktivitesi	25
TARTIŞMA ve SONUÇ	27
Sonuçlar ve Öneriler	32
KAYNAKLAR.....	34
ÖZGEÇMİŞ.....	42



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Tez Dâhilinde Kullanılan Kimyasallar	17
Tablo 2. Tez Dâhilinde Kullanılan Materyal ve Cihazlar	17
Tablo 3. GC-MS Analizine İlişkin Parametreler	18
Tablo 4. Bu Çalışmada Kullanılan Uygulama Grupları.....	20
Tablo 5. Defneyaprağı Esansiyel Yağının Kimyasal Kompozisyonu	21
Tablo 6. <i>S. granarius</i> 'un Zamana Bağlı Olarak Ortalama Ölüm Oranları	26



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. <i>Sitophilus granarius</i> L.	10
Şekil 2. <i>S. granarius</i> 'un buğdaydaki zararı.....	10
Şekil 3. Defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyon formunun morfolojik karakterizasyonu.....	23
Şekil 4. Defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyonunun damlacık parçacık boyutu dağılımı, zeta potansiyel dağılımı, çoklu dağılım indeksleri	24
Şekil 5. Defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyonunun Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) spektrumu	25

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
d.nm	: Nanometre Çapı
dk	: Dakika
eV	: Elektron Volt
g	: Gram
kHz	: Kilohertz
kPa	: Kilopascal
kV	: Kilovolt
L	: Litre
LC₅₀	: %50 Öldürücü Konsantrasyon
LD₅₀	: %50 Öldürücü Doz
m	: Metre
m/z	: Kütlenin Yük Sayısına Bölünmüş Hali (Kütle/Yük)
mg/g	: Miligram/Gram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mS/cm	: Milisiemens/Santimetre
ng	: Nanogram
nm	: Nanometre
PDI	: Polidispersite İndeksi
sn	: Saniye
v/v	: Her İki Kimyasalında Sıvı Olduğu Çözeltideki Hacim Başına Hacim
W	: Watt
w/v	: Hacim Başına Ağırlık
ζ	: Zeta
µg	: Mikrogram
µg/mL	: Mikrogram/Mikrolitre
µL	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre

GİRİŞ

Defneyaprağı (*Lourel nobilis*), Lauraceae familyasına ait yaprak dökmeyen, 6 m ila 8 m yüksekliğinde çok yıllık bir çalıdır. Defneyaprağının orijini Güney Asya'dır ve Küçük Asya'ya ve tüm dünyaya yayılmıştır. Günümüzde defneyaprağı Hindistan, Pakistan, diğer Güneydoğu Asya ülkeleri, bazı Pasifik adaları, Avustralya, Akdeniz kıyıları ve Güney Avrupa, Yunanistan, Portekiz, Fransa, Türkiye, İspanya, Cezayir, Fas, Belçika, Orta Amerika, Meksika, Güney Amerika ve Kanarya Adaları'nda yetiştirilmektedir (Sırıken *et al.* 2018). Keskin ve acı bir tada sahip olan defneyaprağı flavonoidler, fenolik bileşikler, tanenler, öjenol, sitrik asit, karbonhidrat, steroidler, alkaloidler, triterpenoidler ve uçucu yağlar açısından zengindir. Bu nedenle defneyaprağı yemeklerde, soslarda, çeşnilerde geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Ayrıca defneyaprağının kanıtlanmış antimikrobiyal, antioksidant, antifungal, antiseptik, immunostimulant özellikleri nedeniyle farmakolojik kullanımları bulunmaktadır (Batoool *et al.* 2020).

Defneyaprağının en aktif kullanılan ürünlerinden biri esansiyel yağdır. Defneyapraklarından elde edilen esansiyel yağın antioksidant, antimikrobiyal, antibakteriyel, antifungal özellikleri rapor edilmiştir (Abu-Dahab *et al.* 2014; Snuossi *et al.* 2016; Caputo *et al.* 2017; Ozoğul *et al.* 2022). Gıdalarda, kozmetik endüstrisinde, geleneksel tıpta kullanılan defneyaprağı esansiyel yağının tarımda ise nematisit, insektisit olarak kullanılma potansiyeli bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, defne yaprağı esansiyel yağının fasülye biti olan *Acanthoscelides obtectus* (Say), pas kırmızısı un böceği olan *Tribolium castaneum* için kovucu ve toksik bir etkiye sahip olduğu, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens), *Rhyzopertha Dominica* ve *Tenebrio molitor* (L.) için itici bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Rozman *et al.* 2007; Cosimi *et al.* 2009; Jemâa *et al.* 2012). Ayrıca, defne yaprağı esansiyel yağının *Anopheles stephensi* (LC₅₀: 14,9 µg/mL), *Culex pipiens* (LC₅₀: 22,3 µg/mL) ve *Culex quinquefasciatus* (LC₅₀: 167,9 µg/mL) karşı larvasidal etkisi rapor edilmiştir (Verdian-Rizi, 2009; Pavela 2009; Zarenezhad *et al.* 2022).

Esansiyel yağların aktif madde bileşiminin laboratuvar koşullarında böceklere karşı biyolojik mücadelede etkili sonuçlar vermesine rağmen, etken maddelerin uçucu olması, çevre koşullarına (ısı, nem, rüzgar, sıcaklık vb.) karşı oldukça hassas olması ve düşük stabilite özellikleri nedeniyle insektisit amaçlı saha kullanımları ve ticarileşmeleri sınırlanmaktadır. Bu nedenle, esansiyel yağların aktivitesinin ve stabilitelerinin uzun süreli korunması için yeni

alternatif yaklaşımlara ihtiyaç bulunmaktadır (Isman *et al.* 2020; Menossi *et al.* 2021; Esmaili *et al.* 2021). Bu alternatif yaklaşımlardan biri de nano boyutlu yapılar olan ve kinetik olarak kararlı, küresel şekilli, nano boyutlu (20-500 nm) sıvı içinde sıvı dispersiyonları olarak tanımlanan nanoemülsiyonlardır. Nanoemülsiyonların boyut etkisinden dolayı artan absorpsiyon oranı ve kinetik kararlılık, sıcaklık ve pH için artan kararlılık, yüksek biyoyararlanım, hazırlama kolaylığı, artan verim ve kontrollü salım gibi avantajları vardır (Durmuş *et al.* 2020; Ozoğul *et al.* 2022; Gupta *et al.* 2022). Esansiyel yağların nanoemülsiyon formlarının özellikle gıda alanında raf ömrünü arttırmak amaçlı kullanımlarının önde olmasıyla birlikte son zamanlarda pestisit amaçlı kullanım ve ticari ürün elde edilmesi için insektisit etkisi bilimsel olarak kanıtlanmış bitkisel kökenli esansiyel yağların nanoemülsiyon formlarının çalışmaları da yapılmaktadır (Lobato Rodrigues *et al.* 2021). Anason (*Pimpinella Anisum*) esansiyel yağ nanoemülsiyonlarının kırmızı un böceği (*Tribolium castaneum*) için toksik etki (LC_{50} :9,3% v/v) gösterdiği rapor edilmiştir (Hashem *et al.* 2018). Başka bir çalışmada ise, *Baccharis reticularia* esansiyel yağ ve bileşenlerinin (limonen, α -pinen ve β -pinen) nanoemülsiyon formlarının kırmızı un böceği 8,8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ için anlamlı olarak kovucu aktivite gösterdikleri, limonen, α -pinen bileşiklerinin nanoemülsiyon formlarının en aktif form oldukları ve 1,1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 'de kovucu etki gösterdikleri belirtilmiştir (Lima *et al.* 2021). Defne yaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun balık bozunmasında rol oynayan mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etki gösterdiği, gökkuşağı alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetosunun ve taze kesilmiş kavunların raf ömrünü arttırdığına dair verilerin paylaşıldığı çalışmalar olmakla birlikte herhangi bir tarım zararlısına yönelik etkisine dair bir çalışma mevcut değildir (Ozoğul *et al.* 2017; 2022; Ru *et al.* 2022).

Buğday biti *Sitophilus granarius* (Linnaeus,1758) (Coleoptera: Dryophthoridae) ciddi ekonomik kayıplara yol açan önemli depo zararlılarından biridir. *S. granarius* tahıllar üzerinde böcekler tarafından beslenme, besin ve estetik değerlerin değişmesi, ürünlerin böcek gövdeleri ve dışkısı ile kirlenmesi nedeniyle hem niceliksel hem de niteliksel kayıplara neden olur. Ayrıca böceklerden kaynaklanan mikotoksinler, depolama sırasında mantar gelişimini teşvik edebilmektedir. *S. granarius*'un kontrolü, tahıllarda pestisitlerden iyi korunan olgunlaşmamış aşamaların endofitik gelişimi, bazı fumigantların ve geniş spektrumlu temaslı insektisitlerin kullanımına yönelik artan mevzuat sınırlamaları, kullanılan yaygın pestisitlere karşı direnç gelişimi ve güvenli gıda için artan tüketici talebi nedeniyle giderek zorlaşmaktadır (Rotundo *et al.* 2019).

Bu çalışmada defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun insektisit etkinliğinin kanıtlanması, *S. granarius* için ticari olarak üretilebilen, patentlenebilen ve

kimyasal olmayan etkin bir m¼cadele y¼nteminin elde edilebilmesi amac¼yla defneyaprağı esansiyel yağının nanoem¼lsiyon formlarının ergin *S. granarius* 'a y¼nelik uygulamas¼ yapılmıştır.



KURAMSAL TEMELLER

Defne Bitkisi

2500-3500 bitki türünü içeren Defnegiller (Lauraceae) familyasına ait yaprak dökmeyen 2-20 m boyut aralığında bir çalı olan defne (*Laurus nobilis* L.), Doğu Asya, Güney ve Kuzey Amerika'nın subtropik ve tropik bölgelerinde yetişmektedir. Bu bitkinin doğal yaşam alanları, yüksek yıllık yağış ile karakterize edilen Akdeniz Bölgesi'nde yer almaktadır (Caputo *et al.* 2017; Dobrosłavić *et al.* 2022). Defne bitkisinin taksonomik olarak sınıflandırılması şu şekildedir:

Alem : Bitkiler (Plantae)

Sınıf : Magnoliopsida

Takım : Laurales

Aile : Lauraceae

Cins : Laurus

Tür : Defne (*Laurus nobilis*)

Defne bitkisi ince, tüysüz dallara ve dar dikdörtgen-mızrak şeklinde kösele yapraklara sahiptir. Yaprakların üst yüzeyi tüysüz ve parlak, zeytin yeşili ile kahverengi, alt yüzeyi ise mat zeytin ile kahverengi ve belirgin bir orta damar ve damarlıdır. Yaprak ezildiğinde karakteristik bir kokuya sahiptir, tadı acı ve aromatiktir. Erkek ve dişi çiçekler ayrı bitkilerde bulunur, iki evcikliidir. Her çiçek soluk sarı-yeşil, yaklaşık 1 cm çapındadır ve bir yaprağın yanında çiftler halinde bulunmaktadır. Erkek çiçekler 8-12 erkek organa ve tabanda iki beze sahiptir. Dişi çiçeklerde 2-4 staminod bulunmaktadır. Dişi örneklerdeki meyveler sonbaharda tek çiçekli oval (10-15 mm) parlak siyah dut benzeri sert çekirdekli meyveler olarak olgunlaşmaktadır. Defnenin zeytine benzeyen meyveleri yeşil renklidir. İlk olarak olgunlaştığında parlak parlak mavimsi siyah renk almaktadır. *L. nobilis* kurutulmuş meyveleri sert çekirdekli, oval, yaklaşık 15 mm uzunluğunda ve 10 mm genişliğindedir (Alejo-Armijo *et al.* 2017; Paparella *et al.* 2022).

Defneyaprağının kimyasal kompozisyonunda 150 bileşikten fazlası tanımlanmıştır. Sabinen, α -terpinil asetat, linalool, öjenol, metil öjenol, α -pinen, laurik, palmitik, oleik ve linoleik asitler, tokoferoller (α , β , γ ve δ), apigenin, kaempferol, kersetin, kafeik, kumarik asitler, fruktoz, sükroz, glikoz, trehaloz, aljinat, fucoidan ve laminaran, oksalik asit, malik asit ve askorbik asit defne yaprağının öne çıkan uçucu yağ bileşenleri, alkaloidleri, fenolik bileşikler, flavonoidleri, monomerleri, proantosiyanidinleridir (Alejo-Armijo *et al.* 2017;

Anzano *et al.* 2022). Yapılan alışmalar defneyaprağı ekstraktlarının ve uçucu yağlarının antimikrobiyal, antioksidant, antifungal, antienflamatuvar, antikonvülsan, antidiabetik, antikanser etkilerini ortaya koymuştur (Alejo-Armijo *et al.* 2017; Chahal *et al.* 2017; Sırıken *et al.* 2018; Anzano *et al.* 2022).

Defneyaprağı kimyasal kompozisyonundaki bileşenlerin zenginliği sayesinde gıda formülasyonlarında, kozmetik sektöründe, tarımda ve geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır. Defneyaprakları Temmuz ile Eylül ayları arasında gövde ve dalların beraber kesilerek hasat edilmektedir. Kurutulan defneyapraklarının dallar ve yabancı maddelerden ayıklanmasını takiben yaklaşık 64 ülkeye ihracatı yapılmaktadır. Ülkemiz defneyaprağı üretiminde dünyadaki toplam pazarın %97'sini oluşurmaktadır (Yılmaz ve Deniz, 2017; Paparella *et al.* 2022). Defneyaprağının ticari değeri ise esansiyel yağından kaynaklanmaktadır (Singletary 2021).

Defneyaprağı esansiyel yağları ve kullanım alanları

Esansiyel yağlar, bitkilerden elde edilen uçucu bileşikler içeren konsantre hidrofobik sıvılardır. Güçlü bir koku ile karakterize edilen ve çeşitli bitki metabolitlerinden oluşan karmaşık bileşiklerdir. Esansiyel yağlar berraktırlar ve lipid/organik (eter, alkol, fıkse edilmiş yağlar) zclerde znrlr ve sudan daha az yoğunluğa sahiptirler (Kar *et al.* 2018). Esansiyel yağların biyolojik aktiviteleri, ekstraksiyon için kullanılan bitki kısımlarına, ekstraksiyon yöntemine, bitkinin fenolik aşamasına, hasat mevsimine, bitki yaşına, toprağın doğasına ve evre koşullarına göre değişen kimyasal bileşimine bağlı olarak değişmektedir (Said-Al Ahl *et al.* 2017). Esansiyel yağlar yoğun olarak aroma terapi, kimya, gıda, deterjan, farmakoloji, parfüm ve kozmetik sektöründe kullanılmaktadır (Hanif *et al.* 2019).

Defneyaprağı esansiyel yağı Türkiye, Cezayir, Fas, Portekiz, İspanya, İtalya, Fransa ve Meksika'da ticari kullanım amacıyla üretilmektedir ve ciddi bir ekonomik değere sahiptir (Tunç ve Koca, 2021). Defneyaprağı esansiyel yağı üzerine yapılan çalışmalar antioksidan, antikonvülsan, analjezik, antienflamatuvar, antiviral, antikolinerjik, antibakteriyel ve antifungal aktivitelere sahip olduğunu göstermektedir. Defneyaprağı esansiyel yağı sahip oldukları bu aktiviteler sayesinde farmokolojide anti ülser, romatizmal ağrı, dermatit, antidiyabetik, idrar söktürücü, gıdalarda et ürünleri, çorbalar, balıkların çeşitlendirilmesinde, kozmetikte krem, parfüm amacıyla ve sabun gibi temizlik ürünlerinde kullanılmaktadır (Sellami *et al.* 2011; Kıvrak vd., 2017).

Esansiyel yağlar ve insektisit aktivite

Son zamanlarda araştırmalar farklı böcek zararlılarının biyolojik kontrolünde esansiyel yağ uygulamalarının potansiyel kullanımına odaklanmıştır. Esansiyel yağlar, sentetik bileşiklere göre çevrede daha hızlı bozunabilir ve bazıları faydalı böceklerin lehine olacak şekilde artan özgüllüğe sahiptir. Esansiyel yağların depo böceklerine karşı etkileri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Yakın tarihli araştırmalar, esansiyel yağların larva öldürücü, anti beslenme etkileri, böcek gelişimini ve ergin formun çıkışını geciktirme kapasitelerini, yumurta ölümlerine neden olmalarını, yumurtlama üzerindeki caydırıcı etkilerini rapor etmiştir (Said-Al Ahl *et al.* 2017).

Esansiyel yağların mono ve seskiterpenoid bileşenleri, böceklerde hızlı etkili nörotoksinlerdir ve muhtemelen çoklu reseptör tipleri ile etkileşime girmektedir. Pek çok araştırmacı, düşük moleküler ağırlıklı terpenoidlerin, laboratuvar biyoanalizlerinde asetilkolin estera enzim aktivitesini inhibe edebildiğini göstermiştir. Ancak bu tür biyoaktivite, hedef böcek türlerinde *in vivo* toksisite ile nadiren ilişkili görünmektedir. Eklembacaklılarda bir nöromodülatör olan oktopamin reseptörleri, bu terpenoidlerin bazıları için hedef olarak tanımlanmıştır. Bu reseptörlerle etkileşimler böceklerde ve akarlarda, toksisite ve davranışsal müdahale ile daha ilişkili olabilmektedir. Böcek sinir sistemindeki diğer hedefler arasında GABA kapılı klorür kanalları ve nikotinik asetilkolin reseptörü yer almaktadır (Isman, 2020). Thujone, GABAA reseptörleri üzerinde etkili olan nörotoksik bir insektisit olarak sınıflandırılmıştır. Thujone, [3H]EBOB bağlanmasının (yani, GABA kapılı klorür kanalının yarışmalı olmayan bloker bölgesinin) yarışmacı inhibitörüdür ve GABAA reseptörünün tersinir bir modülatörüdür. Timolün tanımlanamayan bir bağlanma bölgesi yoluyla GABAA reseptörlerini güçlendirdiği öne sürülmüştür. Silfinenler, GABA'nın böcek nöronları üzerindeki etkisini antagonize etmektedir (Pavela, 2015).

Esansiyel yağlar genellikle karmaşık terpenoid karışımlardır ve genel biyoaktivite, sıklıkla bileşenler arasındaki sinerjinin bir sonucu gibi görünmektedir. Biberiye ve limon otu yağlarındaki ana bileşenler arasındaki sinerjinin, toksik maddelerin detoksikatif enzimlerin inhibisyonundan ziyade böceğin kabuğunda artan penetrasyonundan kaynaklandığı gösterilmiştir (Isman, 2020).

Lipofilisite, larva öldürücü aktivitenin modüle edilmesinde önemli bir rol oynayabilmektedir. Lipofilik bileşikler ile protein deaktivasyonu/enzim inhibisyonu arasındaki ilişki bu olgu için makul bir açıklama olabilmektedir. Bu olgu, terpenler ve fenilpropanoidler gibi aktif bileşiklere uygulanan bir kemometrik çalışmada doğrulanmıştır (Pavela, 2015).

Çift bağlar, doğal moleküllerin larva öldürücü aktivitesinde önemlidir çünkü bu bağların hidrojenlenmesi, bu bileşiklerin lipofilik karakterini azaltarak larva kütikülünden geçişlerini kısıtlamaktadır. Örneğin, ekzosiklik bir çift bağa sahip olan β -pinenin, endosiklik bir çift bağa sahip olan α -pinene göre daha toksik olduğu gösterilmiştir (Pavela, 2015).

Esansiyel yağlar çok uzun süredir böcek kovucu, itici ve caydırıcılık amacıyla kullanılmaktadır. İtme, özellikle bir organizmanın bir uyarandan uzağa yönlendirilmiş hareketini ifade ederken, caydırıcılık, kaynaktan belirli bir uzaklaşma olmadan bir kaçınma davranışını (örneğin, beslenmenin veya yumurtlamanın önlenmesi) ifade etmektedir. Esansiyel yağların insektisit aktivitelerine yönelik çalışmalar umut verici olmasına rağmen, alternatif bir haşere kontrol sistemi olarak kullanılmadan önce uçucu olmaları, zayıf suda çözünürlükleri ve oksidasyon yetenekleri ile ilgili problemlerin çözülmesi gerekmektedir.

Ayrıca, haşere kontrolünü sürdürmek için tekrarlanan tarla uygulamaları gerektiğinde ekonomik hususlar da dikkate alınmalıdır. Belirli bir zaman aralığında daha az miktarda pestisit daha etkili bir şekilde kullanımına izin veren kontrollü salım formülasyonları, etkinlik, uygulama moduna uygunluk ve çevresel hasarın en aza indirilmesi gibi bu çoklu talepleri karşılamak için en iyi seçenek gibi görünmektedir (Said-Al Ahl *et al.* 2017). Kontrollü salım formülasyonları için en iyi araştırılan teknolojilerin başında aktif bileşen yağları ve terpenoidleri kapsülleyen doğal veya sentetik polimerik malzemelere dayalı nanoformülasyonlardır (Mishra *et al.* 2017; Isman, 2020).

Defneyaprağı esansiyel yağları ve insektisit aktivite

Defneyaprağı esansiyel yağları, çeşitli itici ve böcek öldürücü mekanizmalara sahip, yapısal olarak çeşitli kimyasal bileşiklere sahiptir (Chahal *et al.* 2017; Hanif *et al.* 2019).

Mediouni-Ben Jemâa ve arkadaşları (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, 1,8-sineol (%24,55), linalool (%17,67), öjenilmetileter (%12,40), izovaleraldehit (%9,65) ve kamfen (%7,21) içeriği tespit edilen defneyaprağı esansiyel yağının 7-10 günlük *Lasioderma serricorne*'ne karşı itici etkisi araştırılmıştır. Esansiyel yağ konsantrasyonuna ve maruz kalma süresine bağlı olan itici etki, 0,12 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 'lik doz için 1 saatlik maruziyetten sonra %92,5'e ulaşmıştır. Çalışmada, ortalama itici doz değeri (RD_{50}) 37,84 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ olarak belirtilmiştir.

Mediouni-Ben Jemâa ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, Tunus, Cezayir ve Fas'tan gelen defneyaprağı esansiyel yağlarının kimyasal bileşimleri analiz edilip, *Rhyzopertha dominica* ve *T. castaneum*'a karşı insektisit aktiviteleri değerlendirilmiştir. Kimyasal bileşimlerinde niteliksel değil niceliksel farklılık gösteren defneyaprağı esansiyel yağlarında 1,8-sineol, linalool ve izovaleraldehit başlıca bileşikler olarak tanımlanmıştır.

Defneyaprağı esansiyel yağlarının insektisit aktivitesi böcek türüne ve esansiyel yağ kaynağına göre farklılık göstermiştir. Fas'tan gelen defneyaprağı esansiyel yağı (RD_{50} : 0,013 μ L/cm²), Tunus (RD_{50} : 0,036 μ L/cm²) ve Cezayirden gelen esansiyel yağlara (RD_{50} : 0,033 μ L/cm²) kıyasla *R. dominica*'ya karşı daha yüksek insektisit aktivite sergilemiştir. Aynı şekilde, Fas'tan gelen defneyaprağı esansiyel yağı (RD_{50} :0,045 μ L/cm²), Tunus (RD_{50} :0,139 μ L/cm²) ve Cezayirden gelen esansiyel yağlara (RD_{50} :0,096 μ L/cm²) kıyasla *T. castaneum*'a karşı daha yüksek insektisit aktivite göstermiştir.

Salehi ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan çalışmada defneyaprağı esansiyel yağının *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep: Pyralidae) erginlerine karşı itici etkisi incelenmiştir. 0,5, 1, 1,5 ve 2 μ L/L hava konsantrasyonlarındaki defneyaprağı esansiyel yağı sırasıyla %20,4, %47,3, %66,9 ve %84,2 oranlarında *E. kuehniella* Zeller erginlerine karşı iticilik göstermiştir. Çalışmada, esansiyel yağın dozu ve maruz kalma süresi arttıkça ölüm oranının arttığı ifade edilmiştir.

Chahal ve arkadaşları (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, kolon kromatografisi ile öjenol ve 7,7 dimetil-3-metilen bisiklo[2.2.1] heptan-4-ol kimyasal bileşikler içerdiği tespit edilen defneyaprağı esansiyel yağının (4, 6, 8, 10 ve 12 mg/g) *Tribolium castaneum* yetişkinlerinin F1 nesline karşı insektisit aktivitesi incelenmiştir. Bu çalışmada, maksimum insektisit aktivite (5. günde %100 ölüm oranı) 12 mg/g defneyaprağı esansiyel yağı ile elde edilmiştir. İnsektisit aktivite zamana ve konsantrasyona bağımlı olarak gerçekleşmiştir. Defneyaprağı esansiyel yağının LC_{50} değerleri 2,7 (48 saat için) , 2,7 (96 saat için), 2,9 (72 saat için), 3,0 (120 saat için) ve 3,6 mg/g (24 saat için) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar defneyaprağı esansiyel yağının polar fraksiyonlarının (30. günde %100 ölüm oranı) polar olmayan fraksiyonlarına kıyasla (30. günde %53.1 ölüm oranı) daha yüksek insektisit aktiviteye sahip olduklarını göstermişlerdir.

Fernandez ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, 1,8-sineol ve linalool ana bileşenleri yüksek oranda içeren ve farklı dönemlerde (ilkbahar, kış, sonbahar, yaz) elde edilen defneyaprağı esansiyel yağlarının *Aedes aegypti* larvalarına karşı insektisit aktiviteleri incelenmiştir. İlkbahar döneminde toplanan defneyaprağından elde edilen esansiyel yağın *Aedes aegypti* larvalarına karşı etkinliğinde LC_{50} değeri 0,41 mg/mL iken kış döneminde toplanan defneyaprağı için bu değer 0,66 mg/mL ve sonbahar döneminde toplanan defneyaprağı için ise 0,60 mg/mL olarak bulunmuştur. Yaz döneminde toplanan defneyaprağından elde edilen esansiyel yağın LC_{50} değeri ise 0,91 mg/mL olarak tespit edilmiştir. Çalışma, esansiyel yağların insektisit aktivitesinde elde edildikleri bitkilerin dönemsel özelliklerinin etkilerine yönelik yeni bir bakış açısı sunmuştur.

Wang ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan çalışmada, ergin *Tribolium castaneum* ve *Liposcelis bostrychophila*'a karşı insektisit aktivite için defneyaprağı esansiyel yağının etkinliği incelenmiştir. Fumigant toksisite çalışmasında, %85,83 oranında monoterpenoid içeriğine sahip olduğu tespit edilen defneyaprağı esansiyel yağının LC₅₀ değeri *T. castaneum* için 13,34 mg/L hava iken *L. bostrychophila* için ise 1.96 mg/L hava olarak bulunmuştur. Temas toksisite çalışmasında ise defneyaprağı esansiyel yağının LD₅₀ değeri *T. castaneum* için 17,89 µg/böcek iken *L. bostrychophila* için ise 202,95 µg/cm² olarak tespit edilmiştir.

Haouel-Hamdi ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, 1,8-sineol, α-terpinenil asetat, linalool ana bileşenleri baskın olarak içeren defneyaprağı esansiyel yağının *T. castaneum* yetişkinlerine karşı insektisit aktivitesi araştırılmıştır. Defneyaprağı esansiyel yağının (150 µL/L hava) 30 günlük maruziyeti sonucunda *T. castaneum* yetişkinlerinde %57,14 ölüm oranı elde edilmiştir. Ancak diğer konsantrasyonlarda (75 ve 300 µL/L hava) uygulanan defneyaprağı esansiyel yağı ile sırasıyla %38,9 ve %40 ölüm oranları tespit edilmiştir. Bu çalışmada, inhibitör analizi (Finney yöntemi) ile 30 günlük maruziyetin ardından *T. castaneum* yetişkinleri için LC₅₀: 208,70 µL/L hava ve LC₉₅: 385,88 µL/L hava değerleri elde edilmiştir.

***Sitophilus granarius* L. (buğday biti)**

Sitophilus granarius L. 3-5 mm boyunda, parlak koyu kahve veya siyah renkli kutikulaya sahip olup başta buğday olmak üzere fasulye, mısır, sorgum, fındık, yulaf, yer fıstığı ve pirinçte ekonomik kayıplara yol açan önemli bir depo zararlısıdır (Renoz *et al.* 2022). *S. granarius* L.'nin taksonomik olarak sınıflandırılması şu şekildedir:

Takım: Coleoptera

Familiya: Dryophthoridae

Cins: *Sitophilus*

Tür: *Sitophilus granarius* (L.)

S. granarius'un baş kısmı, bir çift mandibula bulunan hortum boyunca devam etmektedir. Hortumun altında yer alan antenler dirsekli ve sekiz segmentlidir. Antenlerin birinci segmenti uzun ve topuz gibi iken son segmenti iğ şeklindedir. İkinci çift kanatları bulunmadığı için uça yetenekleri bulunmamaktadır. Pronotum üzerinde derin beyaz noktalar bulunmaktadır. Kısa sarımtırak beyaz tüylerle kaplı elitra üzerinde ise uzunlamasına beyaz noktalı çizgiler bulunmaktadır (Şekil 1) (Plarre, 2013).



Şekil 1. *Sitophilus granarius* L. (Anonymous, 2023)

10-12 ay yaşayabilen (bazı kaynaklarda 2-2,5 yıl) ergin *S. granarius* 'lar buğday taneleri üzerinde her seferinde 150-250 adet yumurta olacak şekilde senede 3-4 nesil verebilmektedir. 0.7 mm boyutunda beyaz renkli olan yumurtalar, dişi *S. granarius* erginlerinin hortumları ile açtıkları buğday tanelerinin embriyoya yakın deliklerine bırakılmaktadır. Erginlerin ağızlarındansalgılanan jel kıvamında bir madde ile yumurtaların üzerleri kapatılmaktadır. Yumurtadan çıkan bacaksız larvalar krem renkte, 2,5-3 mm'dir. Bacaksız larvalar daha sonra ise sarımsı beyaz renkte 4 mm boyutta pupalara dönüşürler. Uygun şartlarda gelişme süresi 30-45 gün sürmekte ve erginler 7-8 ay kadar yaşamaktadır.

S. granarius, depolama tesislerinde ve işleme tesislerinde zararlı olan kozmopolit bir böcektir (Şekil 2). Antenleri aracılığıyla tahıl tanelerine ait pozitif ve negatif kokuları ve bu kokulara ait bileşikleri algılayabilen ergin *S. granarius* tahıl tanelerine dıştan zarar verirken larvalar ise içten kemirerek zarar vermektedirler. *S. granarius* popülasyon yoğunluğunun artması durumunda tahıl tanelerinin ağır kötü kokulu bir yığın haline geldiği, tahıl taneleri üzerinde sarımtırak yeşil renkli mantar ve küf oluşumunun gözlemlendiği rapor edilmiştir. Ayrıca, tahıl tanelerinin çimlenme güçleri ve hızları azalmaktadır. Parçalanan tanelersekonder zararlılar için uygun bir ortam oluşturmakta ve toksijenik türler de dahil olmak üzere küflerin daha hızlı büyümesine yol açan yüksek sıcaklık ve nem koşullarına da yol açmaktadırlar (Boniecki *et al.* 2020).



Şekil 2. *S. granarius*'un buğdaydaki zararı (Anonim, 2023)

Tüketicilerin güvenli gıda talebi, kimyasal mücadelede yüksek oranda insektisit kullanımının zararları, ürünlerdeki insektisit kalıntısının sağlık etkileri, çevre sağlığına yönelik farkındalık artışı, kimyasal insektisitlere karşı artan direnç gibi sebepler *S. granarius*'la mücadele yöntemlerinde çevreye olumsuz etkisi olmayan veya düşük etkili olan, kolaylıkla uygulanabilen, kalıntı problemi taşımayan alternatif yolların araştırılmasına yol açmaktadır.

***S. granarius*'ın biyolojik kontrolü için esansiyel yağların aktivitesine yönelik çalışmalar**

Sabbour ve El-Aziz (2016) tarafından yapılan çalışmada hint, hardal ve semizotu esansiyel yağlarının bulk ve nano örnekleri *S. granarius* 'a karşı insektisit aktivite açısından test edilmiştir. *S. granarius*'a karşı insektisit aktivite semizotu esansiyel yağı>hint esansiyel yağı >hardal esansiyel yağı olacak şekilde sonuçlar elde edilmiştir. Bulk semizotu esansiyel yağı ile %5, 2,5, 1,25 ve 0,63 konsantrasyonlarda sırasıyla %86,64, 75,21, 55,32 ve 18,61 ölüm oranları elde edilirken nano semizotu esansiyel yağı ile 0,5, 0,25, 0,13 ve 0,06 konsantrasyonlarında sırasıyla %95,61, 73,51, 58,39 ve 20,61 ölüm oranları tespit edilmiştir. Ortalama yumurta/dişi sayısı, kontrol grubu (198±4,9 yumurta/dişi) ile kıyaslandığında semizotu, hint ve hardal esansiyel yağları için sırasıyla 3,0 ± 3,8, 22,0 ± 7,8 ve 28,8 ± 7,9 yumurta/dişi olarak belirlenmiştir.

Polatoğlu ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan bir çalışmada 1,8-sineol (%30,4), kafur (%18,4), kamfen (%12,9), α -pinen (%8,2), borneol (%5,8) ve β -pinen (%5,0) ana bileşiklerini içerdiği tespit edilen *Salvia veneris Hedge* esansiyel yağının *S. granarius* 'a karşı insektisit aktivitesi araştırılmıştır. Çalışmada, 1 μ L *Salvia veneris Hedge* esansiyel yağının (%10 (v/v: esansiyel yağ/aseton)) 72 saatlik maruziyeti sonucunda *S. granarius* 'a karşı %70 temas toksisitesine yol açtığı rapor edilmiştir. Ayrıca, 1 μ L/mL *S. veneris* esansiyel yağının 48 saatlik maruziyeti sonucunda *S. granarius* 'ta %97,6 fumigant toksisitesine sebep olduğu belirtilmiştir.

Plata-Rueda ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan bir çalışmada öjenol (%10,5), trans-3-karen-2-ol (%10,2), benzil benzoat (%9,99), karyofilen (%9,34), öjenil asetat (%7,71), α -fellandren (%7,41) ve α -pinen (%7,14) bileşenlerini içeren tarçın esansiyel yağının ve öjenol (%27,1), karyofilen (%24,5), karyofillen oksit (%18,3), 2-propenoik asit (%12,2), α -humulen (%10,8), γ -kadinen (%5,01), humulen oksit (%4,84) bileşenlerini içeren karanfil esansiyel yağının *S. granarius* 'a karşı insektisit aktivitesi incelenmiştir. 24 saatlik maruziyet sonrasında, tarçın esansiyel yağının *S. granarius* 'a için LC₅₀ değeri 13,80 w/v iken karanfil esansiyel yağının LC₅₀ değeri 11,95 w/v olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada esansiyel yağların aktif bileşikleri olarak öne çıkan öjenol (LC₅₀ 2,76 μ L/mL), karyofillen oksit (LC₅₀ 2,78

$\mu\text{L/mL}$), α -pinen (LC_{50} 4,23 $\mu\text{L/mL}$), α -humulen (LC_{50} 4,61 $\mu\text{L/mL}$) ve α -felandrenin (LC_{50} 5,16 $\mu\text{L/mL}$) *S. granarius*'a karşı toksik etkisi de araştırılmıştır.

Shafaie ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, mavi servi, adi ardıç ve nane bitkilerine ait esansiyel yağların ergin *S. granarius*'a karşı insektisit aktivitesi incelenmiştir. Çalışmada öncelikle mavi servi esansiyel yağının eikosan (%27,42), umbellulone (%12,92) ve α -pinen (%10,51), adi ardıç esansiyel yağının sabinen (%31,93), limonen (%25,62) ve bornil asetat (%7,41) ve nane esansiyel yağının ise pulegone (%25,66), L-menton (%13,43) ve cis-para-Menthan-3,8-diol (%10,22) ana bileşenlerini içerdiği tespit edilmiştir. Daha sonra insektisit aktivite çalışmasında, mavi servi, adi ardıç ve nane esansiyel yağların ergin *S. granarius*'a karşı fumigant toksisiteye (sırasıyla LC_{50} 171,08 $\mu\text{L/L}$ hava, LC_{50} 109,6 $\mu\text{L/L}$ hava, LC_{50} 297,35 $\mu\text{L/L}$ hava) yol açtığı bulunmuştur.

Plata-Rueda ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, limon otu esansiyel yağı ve bileşenlerinin *S. granarius*'a karşı insektisit aktivitesi araştırılmıştır. Neral (%24,6), sitral (%18,7), geranil asetat (%12,4), geranial (%12,3) ve limonen (%7,55) ana bileşikler içerdiği tespit edilen limon otu esansiyel yağı ergin *S. granarius* için toksik aktiviyete (LD_{50} 4,03 $\mu\text{g/böcek}$) yol açtığı ifade edilmiştir. Ayrıca, çalışmada sitral ve geranil asetat'ın da ergin *S. granarius* için insektisit aktivite (sırasıyla, LD_{50} 6,92 $\mu\text{g/böcek}$ ve LD_{50} 3,93 $\mu\text{g/böcek}$) sergilediği gösterilmiştir. Limon otu esansiyel yağına maruz kalmayan böceklerde hayatta kalma oranı %99,9 iken, LD_{50} esansiyel yağına, sitral ve geranil asetata maruz kalan böceklerde sırasıyla bu oran %57,6, %43,1 ve %25,9'a düştüğü rapor edilmiştir.

Demeter ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan çalışmada, 25 farklı bitki kökenli esansiyel yağın *S. granarius*'a karşı insektisit aktivitesi araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; *Allium sativum* esansiyel yağı (24 saatlik maruziyet için LC_{50} 0,64 $\pm$ 0,02 ve 7 günlük maruziyet için LC_{50} 0,42 $\pm$ 0,02), *Cuminum cyminum* esansiyel yağı (24 saatlik maruziyet için LC_{50} 3,05 $\pm$ 0,12 ve 7 günlük maruziyet için LC_{50} 2,89 $\pm$ 0,10), *Eucalyptus citriodora* esansiyel yağı (24 saatlik maruziyet için LC_{50} 2,98 $\pm$ 0,08 ve 7 günlük maruziyet için LC_{50} 2,84 $\pm$ 0,09), *Eucalyptus dives* esansiyel yağı (24 saatlik maruziyet için LC_{50} 2,03 $\pm$ 0,04 ve 7 günlük maruziyet için LC_{50} 1,90 $\pm$ 0,038), *Thymus vulgaris* CT geraniol esansiyel yağı (24 saatlik maruziyet için LC_{50} 2,90 $\pm$ 0,11 ve 7 günlük maruziyet için LC_{50} 2,02 $\pm$ 0,03), *Gaultheria procumbens* esansiyel yağı (24 saatlik maruziyet için LC_{50} 1,59 $\pm$ 0,04 ve 7 günlük maruziyet için LC_{50} 1,46 $\pm$ 0,04), *Ocimum sanctum* esansiyel yağı (24 saatlik maruziyet için LC_{50} 1,77 $\pm$ 0,07 ve 7 günlük maruziyet için LC_{50} 1,40 $\pm$ 0,05), *Mentha arvensis* esansiyel yağı (24 saatlik maruziyet için LC_{50} 2,27 $\pm$ 0,06 ve 7 günlük maruziyet için LC_{50} 2,04 $\pm$ 0,05) için *S. granarius*'u kontrol etmek için potansiyel taşıdığı belirtilmiştir.

Teke ve Mutlu (2021) tarafından yapılan bir çalışmada okaliptol ve terpinil asetat bileşenlerinin yoğun olduğu defneyaprağı esansiyel yağının *S. granarius*'a karşı 24 saatlik maruziyette $9,55 \pm 1,59$ ölüm oranına, 48 saatlik maruziyette $27,04 \pm 1,07$ ölüm oranına ve 72 saatlik maruziyette ise $59,66 \pm 4,61$ ölüm oranına yol açtığı rapor edilmiştir. %1 (v/v) oranında defneyaprağı esansiyel yağının 24 saatte ortalama %79,6 itici aktiviteye, %5 (v/v) oranındaki defneyaprağı esansiyel yağının ise %81,6 itici aktiviteye sebep olduğu gösterilmiştir. Ayrıca çalışmada, defneyaprağı esansiyel yağının *S. granarius* için %1,12 oranında döllemeyi bastırmaya yol açtığı ifade edilmiştir.

Plata-Rueda ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, p-simen (%11,5), karvakrol (%25,4), linalool (%9,53) ve timol (%7,51) ana bileşenlerini içerdiği tespit edilen mercanköşk esansiyel yağının *S. granarius*'a karşı insektisit aktivitesi araştırılmıştır. Mercanköşk esansiyel yağının öldürücü etkisi (LD_{50} 3,05 µg/böcek) *S. granarius* için 48 saatlik maruziyette doğrulanmıştır. Hayatta kalma oranı, esansiyel yağ uygulaması yapılmayan kontrol grubunda %99,9 iken 3,05 ve 10,02 µg/böcek konsantrasyonlarındaki esansiyel yağ uygulaması yapılan gruplarda bu oran sırasıyla %44,9 ve %10,3 olarak tespit edilmiştir.

Esansiyel yağların insektisit amacıyla kullanımını öneren avantajlar ve kısıtlayan faktörler

Esansiyel yağlar, organizmaların büyümesini ve gelişmesini engellemek, direnci/savunmayı simule etmek, patojen saldırısına yanıtları indüklemek gibi abiyotik ve biyotik saldırganlıklara karşı performansta önemli bir rol oynayabilen bitkisel ikincil metabolitlerden oluşan karmaşık karışımlardır. Esansiyel yağlar, kimyasal kompozisyonlarındaki değişikliklerden dolayı farklı etki mekanizmalarına sahip olabilmektedir. Ayrıca, esansiyel yağların insektisit, itici, ve beslenme önleyici etkileri böcek türünün özelliklerine göre de değişebilmektedir (Said Al-Ahl *et al.* 2017; Campolo *et al.* 2018; Devrnja *et al.* 2022).

Genel olarak esansiyel yağların pestisit olarak kullanılmasında direnç gelişiminin az olması, hedef olmayan organizmalara karşı düşük toksisite, üretim süreçlerinin nispeten basit ve ucuz olması, kalıntıların düşük toksisitesi nedeniyle uygulama sırasında düşük sağlık riski gibi avantajlar bulunmaktadır. Esansiyel yağların aroma ve koku olarak uzun süredir insan tarafından kullanılması ve dolayısıyla bunların aşinalığı, pestisit olarak kullanım için halk tarafından kabul edilişlerini arttırmaktadır. Tarla koşullarında düşük kalıcılıkları, biyolojik kontrol ajanları ve tozlayıcılarla uyumluluklarını desteklemektedir ve diğer vahşi yaşam için nispeten toksik olmama eğilimindedirler. Esansiyel yağların düşük dayanıklılıkları ürünlerde çok az kalıntı veya hiç kalıntı olmama ihtimalini sağlamakla birlikte çiftlik çalışanlarının uygulama

sırasında sağılık riskini oldukça düşürmektedir (Pavela ve Benelli, 2016; Isman, 2020; Devrnja *et al.* 2022). Ancak bu avantajlara rağmen esansiyel yağların ticari olarak sahada kullanımlarını kısıtlayan pek çok dezavantaj bulunmaktadır.

Esansiyel yağlar geleneksel insektisitlere kıyasla önemli ölçüde daha az aktiftir. Bu nedenle esansiyel yağlar nispeten daha yüksek konsantrasyonlarda kullanılmalıdır. Esansiyel yağ kullanımının genişlemesi sonucunda belirli yağları üretmek için kullanılan bitki biyokütlesinin yetersiz kalabileceğı ve kullanım maliyetlerinin artabileceğı bilinmektedir. Ayrıca, herhangi bir ürün uygulaması için fitotoksisite risklerini belirlemek amacıyla ürünler ampirik olarak test edilmeyi gerektirmektedir (Pavela ve Benelli, 2016; Isman, 2020).

Laboratuvar ve saha etkinliğı arasındaki karşıtlık, tartışmaya açık bir şekilde, esansiyel yağların ticarileştirilmesinin önündeki en büyük engellerden biridir. İlk olarak, laboratuvar biyoanalizlerinin tasarımı saha koşullarını yeterince yansıtmamaktadır. Esansiyel yağların hızlı biyobozunur maddelerden olması, onları sahada kullanılamaz hale getirmektedir. Esas olarak esansiyel yağlar sıcaklık, ışık ve atmosferik oksijen gibi çevresel parametrelere bağılı olan oksidasyon, izomerizasyon, polimerizasyon ve yeniden düzenlenme gibi kimyasal dönüşüm veya bozunma reaksiyonlarına karşı hassastırlar. Bu kararsızlık sorunları, etkinliğın azalmasına veya kaybına neden olabilmektedir. Bu nedenle arzu edilen bir kontrol düzeyi elde etmek için sık tekrar uygulama ve özel (pahalı) formülasyonlar gerektirmesi ekonomik olarak dezavantajlı bir durumdur (Pavoni *et al.* 2020; Oladipupo *et al.* 2022).

Esansiyel yağların en önemli zorluklarından biri de arzu edilenden daha hızlı buharlaşmaya neden olan yüksek uçuculuk sorunudur. Ayrıca, esansiyel yağlar hızlı yarılanma ömrü, suda düşük çözünürlük gibi işlenmesini ve kullanılmasını zorlaştıran zayıf fiziko-kimyasal özelliklere sahiptir. Bununla başa çıkmanın bir yolu olarak esansiyel yağların biyoaktivitesine müdahale etmeden tutabilen, daha derin bir doku penetrasyonu sağılayabilen, daha kolay bir hücresel alıma izin verdikleri için biyoaktiviteyi arttırabilen, arzu edilen yavaş salınımı gerçekleştirebilecek nano formülasyonlar geliştirilmektedir (Pavoni *et al.* 2020; Mustafa ve Hussein, 2020).

Esansiyel yağların nanoemülsiyon formları ve insektisit aktivite amaçlı kullanımları

Nanoemülsiyonlar, ya yağ içinde su (W/O) ya da su içinde yağ (O/W) ve amfifilik yüzey aktif maddeler tarafından stabilize edilmiş damlacıklar olan iki karışmaz sıvının nanoboyutlardaki iki fazlı dispersiyonudur. Nanoemülsiyonlar, 20–200 nm çapında damlacık boyutuna sahiptir. Nanometrik boyutlarının sağıladığı geniş yüzey alanı, daha yüksek yükleme kapasitesi ve gelişmiş çözünürlük sağılamaktadır, bu da az çözünür bileşiklerin

biyoyararlanımının artmasına neden olmaktadır. Nanoemülsiyonlar kinetik olarak kararlıdır. Ayrıca damlacıklar arasında etki eden çekici kuvvetlerin aralığı damlacık boyutunun azalmasıyla azaldığı için damlacık topaklaşmasına, birleşmeye ve çökelmeye karşı dirençlidirler (Feng *et al.* 2018; Barradas ve de Holanda e Silva, 2021; Sharma *et al.* 2022).

Nanoemülsiyonlar sağladıkları avantajlar nedeniyle esansiyel yağların insektisit aktivite potansiyelini geliştirmek için araştırılmaktadır (Pavoni *et al.* 2019). Pekçok araştırmacı çeşitli böcek türlerine karşı esansiyel yağ bazlı nanoemülsiyonları araştırarak, bu tür nano sistemlerin birkaç farklı tarımsal zararlılara karşı etkinliğine yönelik umut verici sonuçları (yüksek ölüm oranları, az miktarda esansiyel yağ kullanımı, direnç düşüklüğü) paylaşmışlardır ve insektisit aktivitesi kanıtlanmış esansiyel yağların nanoemülsiyon formlarını tarımsal zararlı kontrolünde alternatif bir strateji olarak öne sürmüştürler (Giunti *et al.* 2019; Almadiy *et al.* 2022; Gharsan *et al.* 2022; Jesser *et al.* 2023). Nanoemülsiyonlar esansiyel yağların çözünürlüğünü ve stabilitesini arttırabilmekte, uçuculuğu azaltabilmekte ve hedef zararlılara karşı etkinliklerini geliştirebilmektedir (Giunti *et al.* 2019). Nanoboyut avantajı sayesinde nanoemülsiyonlar, hedef organizmanın dış iskeleti ile etkileşim alanı genişleterek ve penetrasyonu kolaylaştırarak biyolojik etkinliği arttırabilmektedir. Nanoemülsiyonların hedef organizmanın hücrelerinde oksidatif stresi tetikleyerek ve biyokimyasal yolları inhibe ederek toksik etkiye bulunduğu belirtilmektedir. Ayrıca nanoemülsiyonların proteinlere bağlanarak veya hücrelerde bulunan DNA'nın fosfor elementi ile etkileşime girerek hücresel fonksiyonlarda görev alan organellerin ve enzimlerin denatürasyonuna sebep olduğu ve hücre ölümüne yol açtığı öne sürülmektedir (Sharma *et al.* 2020).

Abdel-Aziz ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan çalışmada defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyon formlarının *Parlatoria ziziphi*'ye (Lucas, 1853) (Hemiptera: Coccomorpha: Diaspididae) karşı aktivitesi incelenmiştir. 139,3 nm ve 89,4 nm boyutlara sahip %3 ve %5 konsantrasyonlarındaki defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyon formları sırasıyla ortalama %50,02 ve %55,32 ölüm oranlarına yol açmıştır.

Gugliuzzo ve arkadaşları (2023) tarafından yapılan bir çalışmada defneyaprağı esansiyel yağının nanoemulsiyon formunun istilacı ambrosia böceği *Xylosandrus compactus*' a karşı etkinliği araştırılmıştır. $73,5 \pm 0,9$ nm ve $0,256 \pm 0,003$ PDI değerine sahip %0,5'lik (w/w), $117,6 \pm 2,9$ nm ve $0,263 \pm 0,008$ PDI değerine sahip %1'lik (w/w) ve $120,4 \pm 1,4$ nm ve $0,210 \pm 0,006$ PDI değerine sahip %3'lük (w/w) defneyaprağı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon formları oluşturulmuştur ancak bu formların istatistiksel olarak anlamlı bir insektisit aktivitesi elde edilememiştir. Kullanılan doz ve hedef organizmaya göre esansiyel yağların nanoemülsiyon formlarının etkinliği çeşitlilik göstermektedir. Aynı çalışmada, *Rosmarinus officinalis* L.

cultivar verbenone ve *Carlina acaulis* L. esansiyel yağlarının nanoemülsiyon formlarının (%3'lük (w/w) esansiyel yağ içeren) istatistiksel olarak anlamlı olan itici etkinliği tespit edilmiştir.

Mossa ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan bir çalışmada kafur (*Eucalyptus globulus*) esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun *S. granarius*'a karşı insektisit aktivitesi incelenmiştir. 99,0±0,605 nm boyuta sahip 150, 200, 250 ve 300 µg/g konsantrasyonlarında kafur esansiyel yağı nanoemülsiyon formunun 21 günlük maruziyet sonucunda *S. granarius*'ta sırasıyla %85, %93,33, %100 ve %100 ölüm oranlarına yol açtığı rapor edilmiştir. 72 saatlik maruziyet sonucunda ise *S. granarius*'a karşı insektisit aktivitede kafur esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun LC₅₀ değeri 181,49 µg/g olarak ifade edilmiştir.

Ali ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan çalışmada çörek otu ve biberiye esansiyel yağlarının nanoemülsiyon formlarının *S. granarius*'a karşı insektisit aktivitesi araştırılmıştır. 224 ± 25 nm boyutlardaki çörek otu ve 100 ± 20 nm boyutlardaki biberiye esansiyel yağı nanoemülsiyon formları *S. granarius*'a karşı insektisit aktivitede 72 saatlik maruziyet sonucunda sırasıyla 29,15 ve 92,84 µg/g LD₅₀ değerleri ile 0,32 ve 0,62 toksisite indeksi değerlerini sergilemişlerdir.

MATERYAL VE METOT

Kullanılan Kimyasallar

Tablo 1. Tez Dâhilinde Kullanılan Kimyasallar

KİMYASAL ADI	TEMİN EDİLEN ŞİRKET
Defneyaprağı Esansiyel Yağı	Dr. Yılmaz Tıbbi Bitkiler ve İlaç Hammaddeleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.
Tween 80	Sigma Aldrich (P5188)
Etanol	Merck (CAS:64-17-5)

Kullanılan Materyaller ve Cihazlar

Tablo 2. Tez Dâhilinde Kullanılan Materyal ve Cihazlar

MATERYAL VE CİHAZLAR	MARKA
Ultrasonikatör	Bandelin Sonopuls, BANDELIN electronic GmbH & Co. KG, Berlin, Germany
Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM)	Hitachi HighTech HT7700, Japan
Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)	Bruker VERTEX 70v brand, Germany
ZetaSizer	Malvern Instruments Pvt Ltd, UK

Defneyaprağı esansiyel yağının kimyasal karakterizasyonu

Defneyaprağı esansiyel yağının kimyasal karakterizasyonu için gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi (Shimadzu QP2010 ULTRA, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) analizi Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (DAYTAM) hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. 30 m uzunluğunda 5-MS tip kolon ve 70 eV elektron çarpma iyonizasyonu kullanılmıştır (Dağalan *et al.* 2021). Fırın sıcaklık programı 50.0 °C (tutma süresi 1 dk ve – oranı) ve 300.0 °C (tutma süresi 15 dk ve 6.00 oran) olarak ayarlanmıştır. Bileşiklerin karakterizasyonu için FFNSC3 ve W9N11 kütüphaneleri kullanılmıştır. GC-MS analizine ilişkin parametreler Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. GC-MS Analizine İlişkin Parametreler

Analitik Hat 1		Analitik Hat 2	
Kolon Fırın Sıcaklığı	50.0 °C	Kolon Fırın Sıcaklığı	100.00 °C
Enjeksiyon Sıcaklığı.	280.00 °C	Enjeksiyon Sıcaklığı.	Bölünme
Enjeksiyon Modu	Bölünme	Enjeksiyon Modu	Basınç
Akış Kontrol Modu	Çizgisel Hız	Akış Kontrol Modu	83.7 kPa
Basınç	53.6 kPa	Basınç	4.0 mL/dk
Toplam Akış	29.0 mL/dk	Toplam Akış	1.00 mL/dk
Kolon Akışı	1.00 mL/dk	Kolon Akışı	25.4 cm/sn
Çizgisel Hız	36.3 cm/sn	Çizgisel Hız	3.0 mL/dk
Tasfiye Akışı	3.0 mL/dk	Tasfiye Akışı	0.0
Bölünme Oranı	25.0	-	-
GC Program		MS Tablo	
İyon Kaynağı Sıcaklığı	240.00 °C	Başlangıç Zamanı	3.00 min
Arayüz Sıcaklığı	250.00 °C	Bitiş Zamanı	57.00 min
Solvent Kesme Süresi	3.00 dk	ACQ Modu	Scan
Dedektör Kazanç Modu	Ayarlama Sonucuna Göre	Etkinlik Zamanı	0.30 sec
Dedektör Kazancı	1.06 kV +0.00 kV	Tarama Hızı	2000
Eşik	0	Başlangıç m/z	40.00
-	-	Bitiş m/z	600.00

Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun oluşturulması

Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun oluşturulmasında kullanılan ultrasonik homojenizatör için Atatürk Üniversitesi DAYTAM'da hizmet alımı yapılmıştır. Defneyaprağı esansiyel yağı, Tween 80, etanol ve saf su sırasıyla 4:3:3:90 oranlarında bir beher içerisinde karıştırılmıştır. Son hacim 30 mL olarak hazırlanmıştır. Daha sonra bu karışım, 15 dk boyunca 70 amplitud, 500 W, 20 KHz şartlarına ayarlanmış ultrasonik homojenizatör ile homojenize hale getirilmiştir. Enerji girişi, titanyum sondalı (MS72) (2 mm çap (Ø) ve 1950 mm yükseklik) bir piezoelektrik dönüştürücü içeren bir sonotrode kullanılarak verilmiştir. Bu işlem sırasında oluşan ısıнын olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için beherin çevresinde buz kullanılmıştır (Özoğul *et al.*, 2017).

Defne yaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun karakterizasyon çalışmaları

Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun yüzey morfolojisi (şekli, agregasyonu) transmisyon elektron mikroskobu (TEM) (Hitachi HighTech HT7700, Japonya)

kullanılarak belirlenmiştir. Nanoemülsiyon numunesi ultrasonikatörde 5 dakika bekletildikten sonra 10 µL alınarak karbon kaplı bakır ızgaraların üzerine damlatılmıştır. Daha sonra, ızgaraların üzerine negatif boyanan elektron kaynağı olarak uranil asetat damlatılmıştır (20 s). Izzaralar gece boyunca oda sıcaklığında kurutulmuştur. Daha sonra nanoemülsiyon damlacıklarının Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM) görüntüleri 120 kV'da alınmıştır (Chuesiang *et al.* 2018). Ayrıca TEM görüntülerinde otomatik olarak verilen ölçek sayesinde nanoemülsiyon boyutları hakkında bilgi elde edilebilmiştir. Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun damla boyutunu, parçacık boyutu dağılımını ve zeta potansiyelini (ζ-potansiyeli) analiz etmek için Malvern Zetasizer Nano ZSP (Malvern Instruments Pvt Ltd, UK) kullanılmıştır (Adak *et al.* 2020). Moleküler karakterizasyon (4000 cm⁻¹–500 cm⁻¹), bir Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) (Bruker VERTEX 70v marka, Almanya) (Norcino *et al.* 2020) kullanılarak analiz edilmiştir. Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun karakterizasyon çalışmaları Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (DAYTAM) gerçekleştirilmiştir.

Böcek Yetiştirilmesi

Sitophilus granarius Atatürk Üniversitesi Bitki Koruma Anabilim Dalı Toksikoloji Laboratuvarında yetiştirilmiştir. *Sitophilus granarius*, 26 ± 2 °C, % 65 ± 5 bağıl nem (RH), 12:12 aydınlık/karanlık fotoperiyodunda ve durum buğdayı (*Triticum durum* Desf.) üzerinde yetiştirilmiştir. Biyoanalizlerde kullanılan tüm böcekler 2 haftalıktan daha az olarak seçilmiştir. Ayrıca karışık cinsten yetişkinler kullanılmıştır. Bu canlı için yapılan bu tez çalışmasında etik kurul belgesine gerek duyulmamaktadır.

Defne yaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formlarının uygulanması

Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun *S. granarius*'a karşı insektisidal etkinliği, petri kapları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Önceden hazırlanmış kurutma kağıtları petri kutularına yerleştirilmiştir. 2,0 ml epondorf tüplerde tedavi gruplarına (90 uL) maruz bırakılan 30 g *Triticum durum* buğdayı (20 adet) 10 dakika çalkalandıktan sonra petri kabına aktarılmıştır. Petri kabında her böcek grubuna ait 20 ergin bırakılmıştır. Petri kabından böceklerin kaçmasını önlemek için kenarları parafilm ile kaplanmıştır. Deney 3 tekerrürlü olarak tekrarlanmıştır. Gözlem 7 gün boyunca kaydedilmiştir. Bu çalışmada kullanılan uygulamaların detayları Tablo 4 'de verilmiştir (Kavallieratos *et al.* 2022).

Tablo 4. Bu Çalışmada Kullanılan Uygulama Grupları

Uygulama Grubu	Doz (ppm)	
	500 ppm	1000 ppm
Kontrol	Su (80%) + Etanol (20%)	Su (50%)+ Etanol (50%)
Tween 80	Tween 80 (0,6%) + Su (79,52%) + Etanol (19,88%)	Tween 80 (0,6%) + Su (49,7%) + Etanol (49,7%)
Defneyaprağı esansiyel yağı	Esansiyel Yağ (25%) + Su (50%) + Etanol (25%)	Esansiyel Yağ (33,3%) + Su (33,3%) + Etanol (33,3%)
Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formu	Nanoemülsiyon (25%) + Su (50%) + Etanol (25%)	Nanoemülsiyon (33,3%) + Su (33,3%) + Etanol (33,3%)
Pozitif kontrol (Deltamethrin)	5 ppm	5 ppm

İstatistiksel Analiz

Uygulama gruplarına maruz bırakıldıktan sonraki 7 gün boyunca (1. gün 1., 2., 4., 8., 12., 16. ve 24. saatlerde ve 48., 72., 96., 120., 144. ve 168. saatlerde) ölü böcek sayıları kaydedilmiştir (Adak *et al.* 2020). İstatistiksel analizden önce, ölü böcek sayıları ölüm oranı (%) olarak dönüştürülmüştür. Tüm veriler SPSS 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) Statistic yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Homojen verilerin ortalamasını ve $p \leq 0,05$ düzeyinde anlamlılığı belirlemek için Tukey'in HSD analizi yapılmıştır. Ayrıca ölüm oranına göre bileşenler arası (böcek, uygulama, konsantrasyon, süre) etkileri belirlemek için çok değişkenli test (multivariate) yapılmıştır. Deneyler 3 bağımsız tekerrür halinde gerçekleştirilmiştir (Kavallieratos *et al.* 2022).

ARAŞTIRMA BULGULARI

Defneyaprağı Esansiyel Yağının Kimyasal Karakterizasyonu

Defneyaprağı esansiyel yağı için gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi ile tanımlanan kimyasal bileşikler Tablo 5'de sunulmuştur. Defneyaprağı esansiyel yağında kırk bileşik tanımlanmıştır. Defneyaprağı esansiyel yağının baskın kimyasal bileşenleri ökaliptol (%43,81), α -terpinenil asetat (%11,55), sabinen (%7,13), α -pinen (%5,68), β -pinen (%4,64), Cymene <para> (%3,02), 1,6-Oktadien-3-ol, 3,7-dimetil- (% 2,21), 3-Sikloheksen-1-ol, 4-metil-1-(1-metiletil)-, (R)- (%4,51), 9,12-Oktadekadienoil klorür, (Z,Z)- (%2,86), α -terpineol (%2,64), Benzen, 1,2-dimetoksi-4-(2-propenil)- (CAS) (%1,11) olarak tespit edilmiştir. Defneyaprağı esansiyel yağının minör kimyasal bileşenleri ise α -felandren, Menth-2-en-1-ol <cis-, para>, Benzemetanol, 4-(1-metiletil)- (CAS), 4-Thujen-2.alfa-il asetat, Bisiklo[5.3.0]dekan, 2-metilen-5-(1-metilvinil)-8-metil, spatülenol ve glisidol stearat (<%0,20) olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 5. Defneyaprağı Esansiyel Yağının Kimyasal Kompozisyonu

Pik	Tutma süresi	Tutma indeksi	Bileşik	Formül	%Alan	%Yükseklik
1	6,913	927, 1007, 0, 902	α -Thujene	C ₁₀ H ₁₆	0,54	0,85
2	7,096	933, 0, 948	α -Pinene	C ₁₀ H ₁₆	5,68	8,36
3	7,450	954, 953, 0, 943	2,2-Dimetil-5-metilen norbornan	C ₁₀ H ₁₆	0,42	0,59
4	8,023	972, 0	Sabinen	C ₁₀ H ₁₆	7,13	9,71
5	8,123	978, 943, 0,	Pinene <beta->	C ₁₀ H ₁₆	4,64	6,83
6	8,381	991, 958, 0	Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	0,69	0,88
7	8,753	1007, 969, 0, 927	α -Felandren	C ₁₀ H ₁₆	0,15	0,20
8	9,056	1018, 919, 0	α - Terpinen	C ₁₀ H ₁₆	0,32	0,45
9	9,258	1025, 0, 1042	Cymene <para->	C ₁₀ H ₁₄	3,02	2,91
10	9,493	0, 1059	Ökaliptol	C ₁₀ H ₁₈ O	43,81	28,59
11	10,089	1058, 998, 0	Terpinene <gamma->	C ₁₀ H ₁₆	0,54	0,80
12	10,833	0, 1052, 1086	α - Terpinen	C ₁₀ H ₁₆	0,26	0,33
13	11,049	1082, 1101,1104, 0	1,6-Oktadien-3-ol, 3,7-dimetil-	C ₁₀ H ₁₈ O	2,21	3,09

Tablo 5. (devamı)

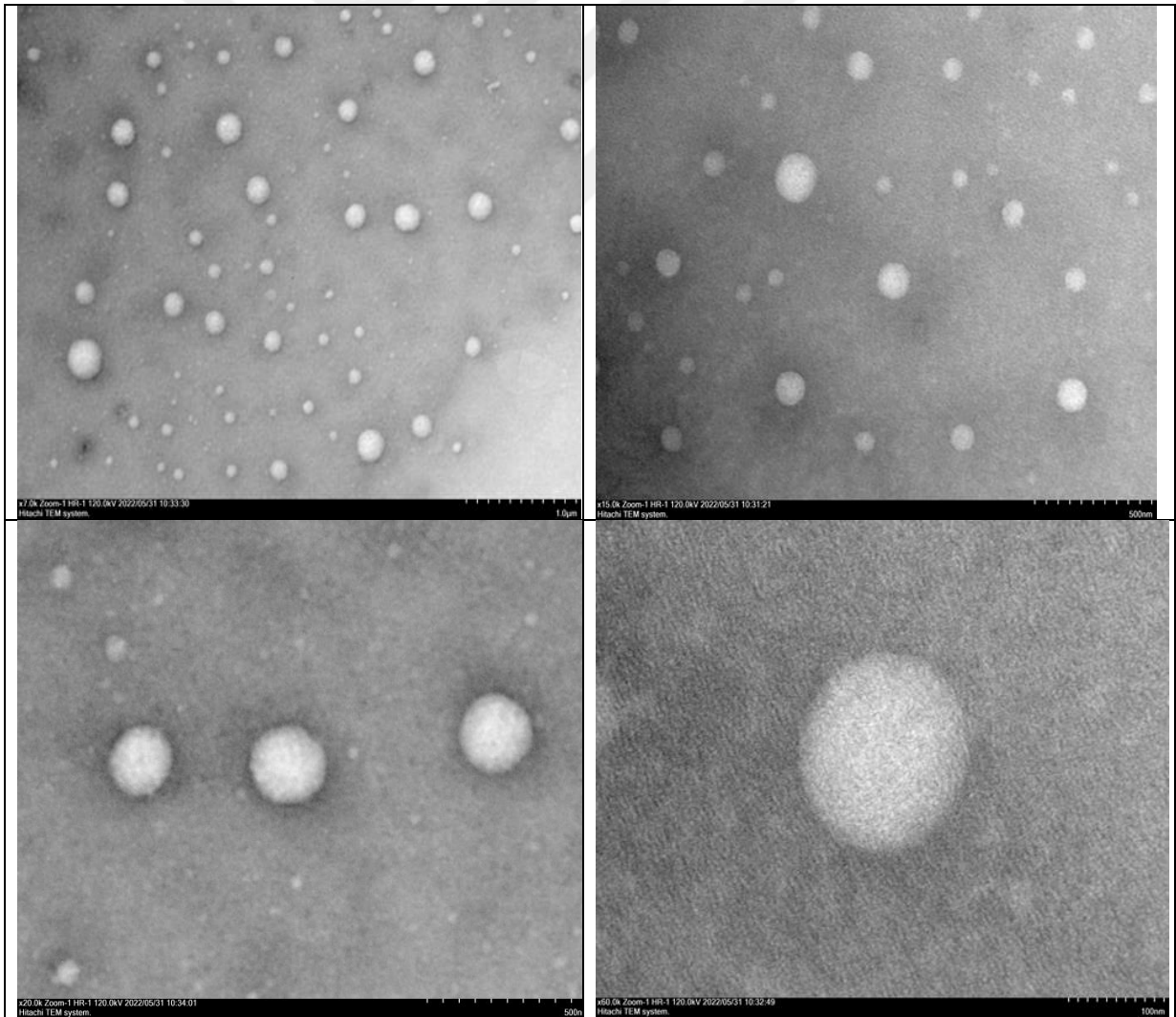
14	11,646	1124, 1109, 0, 1139	Menth-2-en-1-ol <cis-,para>	C ₁₀ H ₁₈ O	0,19	0,20
15	12,114	1141, 1131, 1186, 0	Pinokarveol <trans->	C ₁₀ H ₁₆ O	0,43	0,42
16	12,768	1170, 0, 1143	Terpineol <delta->	C ₁₀ H ₁₈ O	0,69	0,90
17	13,048	1137, 0	3-Sikloheksen-1-ol, 4-metil-1-(1-metiletil)-, (R)-	C ₁₀ H ₁₈ O	4,51	5,69
18	13,183	0, 1197, 1189	Benzenemetanol, 4-(1-metiletil)- (CAS)	C ₁₀ H ₁₄ O	0,16	0,19
19	13,349	1143, 0	.alpha.-Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	2,64	3,26
20	13,510	1197, 1191, 1136, 0	Myrtenal	C ₁₀ H ₁₄ O	0,31	0,32
21	15,299	1224, 1605, 1314, 0	4-Thujen-2.alfa.-il asetat	C ₁₂ H ₁₈ O ₂	0,17	0,25
22	15,599	0, 1285, 1277	.alpha.-Fenchyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	0,39	0,52
23	15,665	0	2-Undecanone (CAS)	C ₁₁ H ₂₂ O	0,22	0,22
24	15,871	1262, 1293, 0	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	C ₁₀ H ₁₄ O	0,96	46,023
25	16,284	1314, 0, 1333	Terpinyl acetate <delta->	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	0,98	46,388
26	16,832	1386, 1346, 0	2-Oksabisiklo[2.2.2]oktan-6-ol, 1,3,3-trimetil-, asetat	C ₁₂ H ₂₀ O ₃	0,22	0,25
27	17,030	0, 1349, 1333	α-terpinenil asetat	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	11,55	13,62
28	17,179	1392, 0	Öjenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	0,63	0,82
29	17,244	0, 1361, 1352	Nerly Acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	0,23	0,29
30	18,015	1398, 0	Sikloheksan, 1-etenil-1-metil-2,4-bis(1-metiletenil)-, [1S-(1a,2.beta.,4.beta.)]-	C ₁₅ H ₂₄	0,30	0,42
31	18,145	0, 1361, 1455	Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)- (CAS)	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	1,11	1,50
32	18,690	1424, 0, 1494	Caryophyllene <(E)->	C ₁₅ H ₂₄	0,23	0,27
33	20,099	1456, 1490, 0	Bisiklo[5.3.0]dekan, 2-metilen-5-(1-metilvinil)-8-metil	C ₁₅ H ₂₄	0,14	0,17
34	21,926	1576, 1536, 0	Spatülenol	C ₁₅ H ₂₄ O	0,12	0,15
35	22,066	1587, 1507, 0, 1555	Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	0,30	0,34
36	33,562	0, 4013, 4395,	Hexadecanoic acid, 2-hidroxy-1,3-propanediyl ester (CAS)	C ₃₅ H ₆₈ O ₅	0,70	0,92
37	35,312	2697, 2713, 2139, 0, 2093	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, 2,3-dihidroxypropyl ester	C ₂₁ H ₃₈ O ₄	0,25	0,32

Tablo 5. (devamı)

38	35,964	2139, 2183, 1771, 1618, 2713	9,12-Oktadekadienoil klorür, (Z,Z)-	$C_{18}H_{31}ClO$	2,86	2,44
39	36,103	1907, 2139, 0, 2713	(R)-(-)-14-Methyl-8-hexadecyn-1-ol	$C_{17}H_{32}O$	0,19	0,22
40	36,320	2366, 4395, 0, 4698	Glisidol stearat	$C_{21}H_{40}O_3$	0,11	0,14

Defneyaprağı Esansiyel Yağının Nanoemülsiyon Formunun Karakterizasyon Çalışmaları

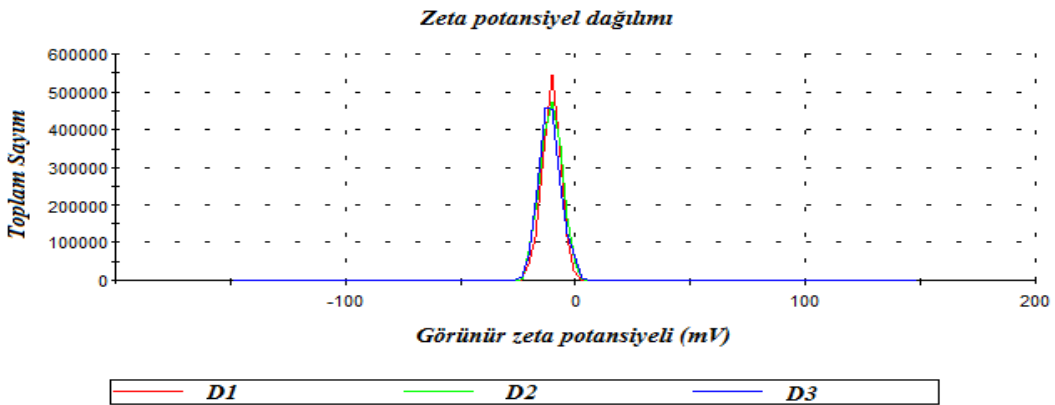
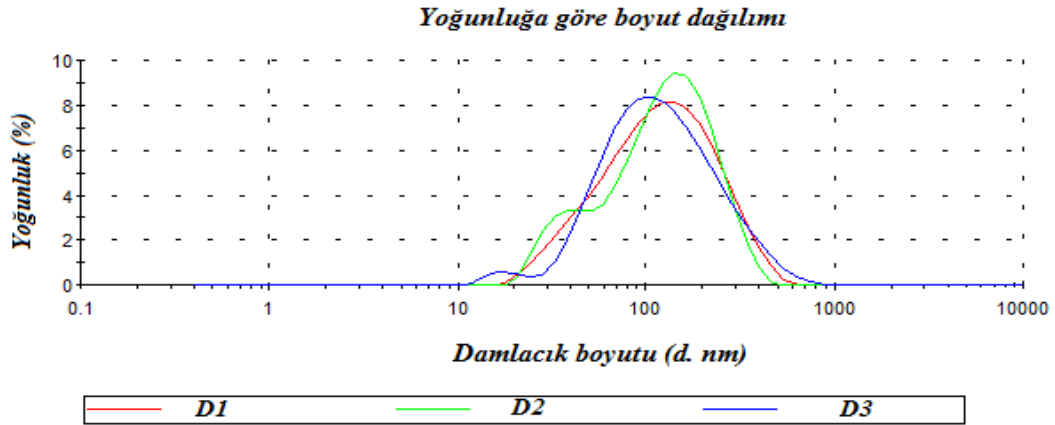
Ultrasonik homojenizatör ile hazırlanan defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyonu süt beyazı renkte ve narenciye kokulu homojen bir sıvı şeklinde elde edilmiştir. Defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyonunun Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM) ile alınan farklı ölçeklerdeki morfolojik görüntüleri Şekil 3’de verilmiştir. TEM görüntülerine göre, çalışmada elde edilen nanoemülsiyonun küre şeklinde, herhangi bir fiziksel deformasyona sahip olmadığı, pürüzsüz bir yapı sergilediği ve topaklanmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, TEM ölçeği dikkate alındığında nanoemülsiyonun ~100 nm boyutlarında olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyon formunun morfolojik karakterizasyonu (ölçek: sırasıyla 1 µm, 500 nm, 200 nm, 100 nm)

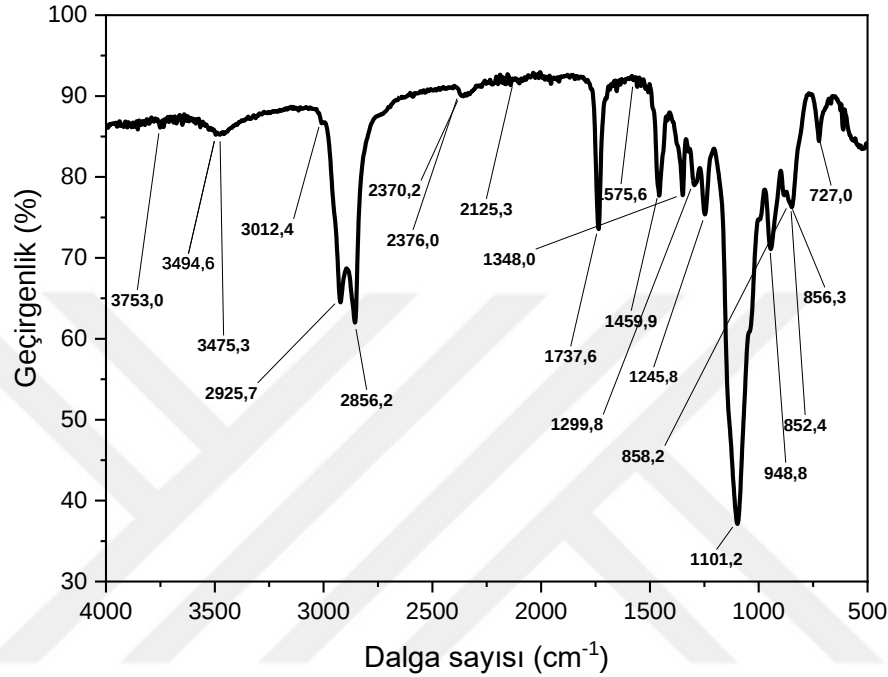
Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyonu için yapılan zeta ölçüm sonuçları ve elde edilen grafikler Şekil 4’de verilmiştir. Yapılan ölçümlere göre defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun ortalama damlacık boyutları 93,38-94,83 nm arasındadır (ortalama damlacık parçacık boyutu: $94,28 \pm 0,7858$ nm). Yoğunluğa göre boyut dağılım grafiği dikkate alındığında, damlacık boyutları 10 nm’de başlamıştır ve boyutları 50 nm ile 500 nm arasında olan nanoemülsiyonlar dikkate değer bir yoğunluk % alanını işgal etmiştir. Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun ortalama zeta potansiyeli (ç-potansiyel) değeri ve ortalama polidispersite indeksi (PDI) sırasıyla $-10,7 \pm 0,265$ mV ve $0,283 \pm 0,002$ olarak belirlenmiştir. Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun ortalama elektroforetik hareketliliği ve iletkenlik değerleri ise sırasıyla $-0,839 \pm 0,0206$ $\mu\text{mcm/Vs}$ ve $0,0232 \pm 0,00512$ mS/cm olarak tespit edilmiştir.

Örnek	Z-ortalama (d.nm)	ZP (mV)	PDI	Elektroforetik hareketlilik ($\mu\text{mcm/Vs}$)	İletkenlik (mS/cm)
D1	94,83	-10,5	0,283	-0,8257	0,0194
D2	93,38	-10,6	0,284	-0,8285	0,0211
D3	94,63	-11	0,281	-0,8627	0,0290
Ortalama	94,28	-10,7	0,283	-0,8390	0,0232
Std Sapma	0,7858	0,265	0,002	0,0206	0,0051



Şekil 4. Defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyonunun damlacık parçacık boyutu dağılımı, zeta potansiyel dağılımı, çoklu dağılım indeksleri (D1, D2, D3: üç tekrar; ZP: Zeta potansiyeli, PDI: Polidispersite indeksi (çoklu dağılım indeksi))

Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) spektrumu Şekil 5’de verilmiştir. FTIR spektrumuna göre 3494,6 cm^{-1} , 3475,3 cm^{-1} , 3012,4 cm^{-1} , 2925,7 cm^{-1} , 2856,2 cm^{-1} , 2376 cm^{-1} , 2370,2 cm^{-1} , 2125,3 cm^{-1} , 1737,6 cm^{-1} , 1575,6 cm^{-1} , 1459,9 cm^{-1} , 1348,0 cm^{-1} , 1299,8 cm^{-1} , 1245,8 cm^{-1} , 1101,2 cm^{-1} , 948,8 cm^{-1} , 858,2 cm^{-1} , 856,3 cm^{-1} , 852,4 cm^{-1} ve 727,0 cm^{-1} ’de pikler elde edilmiştir.



Şekil 5. Defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyonunun Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) spektrumu

Defneyaprağı Esansiyel Yağının Nanoemülsiyon Formunun İnsektisit Aktivitesi

Çalışmadaki uygulama gruplarının yol açtığı Tukey’in HSD testine ($p=0,05$) göre *S. granarius* için zamana bağlı ölüm oranları Tablo 6’da sunulmuştur. 500 ppm defneyaprağı esansiyel yağı (%100 esansiyel yağı içermektedir) 24 saatlik maruziyet sonunda *S. granarius*’ta %46,67 ölüm oranına yol açarken 500 ppm defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyon formu (%4 esansiyel yağı içermektedir) aynı maruziyet süresi için %10 ölüm oranına yol açmıştır. 7 günlük maruziyet sonunda ise 500 ppm defneyaprağı esansiyel yağı %93,33 ölüm oranına sebep olurken 500 ppm nanoemülsiyon formu %43,33 ölüm oranına sebep olmuştur. 1000 ppm defneyaprağı esansiyel yağı 48 saatlik maruziyet sonucunda *S. granarius*’ta %100 ölüm oranına neden olmuştur. 1000 ppm defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyon formu 24, 48, 72, 96, 120, 144 ve 168 saatlik maruziyet sonunda sırasıyla *S. granarius*’ta %50, %60, %66,67, %70, %80, %90 ve %90 ölüm oranlarına yol açmıştır. Pozitif kontrol olarak uygulanan deltamethrin (5 ppm) ise 4 günlük maruziyetten sonra *S. granarius*’ta %53,33 ölüm oranına neden olurken 7 günlük maruziyetten sonra %73,33 ölüm oranına neden olmuştur.

Tablo 6. *S. granarius* 'un Zamana Bağlı Olarak Ortalama Ölüm Oranları (%) (Tukey'in HSD testi, p=0,05)

Böcek	Doz	Uygulama	Zamana (saat) bağlı ölüm oranları (%)														F	P
			1	2	4	8	12	16	24/1.gün	48/2.gün	72/3.gün	96/4.gün	120/5.gün	144/6.gün	168/7.gün			
Sitophilus granarius	500 ppm	Kontrol	.00a	.00a	.00a	.00a	.00Aa	.00Aa	3.33Aa	3.33Aa	3.33Aa	3.33Aa	3.33Aa	6.67Aa	6.67Aa	1.048	.439	
		Tween 80	.00a	.00a	.00a	.00a	.00Aa	3.33ABa	6.67Aa	6.67Aa	6.67Aa	6.67Aa	10.00Aa	10.00Aa	10.00Aa	4.133	.001	
		Esansiyel yağ	.00a	.00a	.00a	.00a	3.33Aab	13.33Bb	46.67Bc	56.67Bcd	60.00Bde	70.00Cef	73.33Cfg	83.33Cgh	93.33Ch	221.19	.000	
		Esansiyel yağ nanoemülsiyon	.00a	.00a	.00a	.00a	.00Aa	3.33ABa	10.00Aab	13.33Aab	20.00Abc	33.33Bcd	36.67Bd	43.33Bd	43.33Bd	30.222	.000	
		F	-	-	-	-	1.000	4.000	48.889	55.333	48.733	114.222	60.611	153.222	194.222			
		P	-	-	-	-	.441	.052	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000			
	1000 ppm	Kontrol	.00a	.00a	.00a	.00Aa	.00Aa	3.33Aa	3.33Aa	3.33Aa	3.33Aa	3.33Aa	3.33Aa	3.33Aa	6.67Aa	.854	.599	
		Tween 80	.00a	.00a	.00a	.00Aa	3.33ABab	6.67Aabc	10.00Abc	10.00Abc	10.00Abc	13.33Acd	20.00Bde	20.00Be	23.33Ae	20.250	.000	
		Esansiyel yağ	.00a	.00a	.00a	3.33Aab	10.00Bb	23.33Bc	86.67Cd	100.00Ce	100.00Ce	100.00Ce	100.00De	100.00Ce	100.00Be	907.389	.000	
		Esansiyel yağ nanoemülsiyon	.00a	.00a	.00a	.00Aa	.00Aa	10.00Aa	50.00Bb	60.00Bbc	66.67Bbc	70.00Bbcd	80.00Ccd	90.00Cd	90.00Bd	78.045	.000	
		Deltamethrin (5 ppm)	.00a	.00a	.00a	.00a	6.67a	10.00ab	10.00ab	20.00ab	36.67bc	53.33c	63.33cd	73.33d	73.33d		.	
		F	-	-	-	1.000	8.000	7.556	107.933	186.000	154.933	153.067	194.250	214.000	158.133			
		P	-	-	-	.441	.009	.010	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000			

Yatay farklılıkları belirtmek için farklı küçük harfler, dikey farklılıkları belirtmek için farklı büyük harfler kullanılmıştır. "-": istatistiksel analiz gerçekleştirilemedi.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Defneyaprağı esansiyel yağının kimyasal karakterizasyonu için yapılan GC-MS analizi verilerine göre 40 bileşik tanımlaması yapılmıştır ve ökaliptol (1,8-sineol) (%43,81), α -terpinenil asetat (%11,55), sabinen (%7,13), α -pinen (%5,68), β -pinen (%4,64) ana bileşenler olarak öne çıkmıştır (Tablo 5). Farklı bölgelerde toplanan defneyapraklarından elde edilen esansiyel yağların kimyasal kompozisyonlarına yönelik araştırmalar literatürde bulunmaktadır. Caputo ve arkadaşları (2017) Güney İtalya'dan toplanan defneyaprağından elde edilen esansiyel yağda 55 bileşik tanımlamışlardır. Araştırmacılar, ana bileşenler olarak 1,8-Sineol (%31,9), sabinen (%12,2) ve linaloolü (%10,2) tespit etmişlerdir. Fidan ve arkadaşları (2019) Bulgaristan'da yetişen defneyaprağından elde edilen esansiyel yağın kompozisyonunda 1,8-sineol (%41,0), α -terpinil asetat (%14,4), sabinen (%8,8), metil öjenol (%6,0), β -linalool (%4,9) ve α -terpineol (%3,1) ana bileşenlerini belirlemişlerdir. Nabila ve arkadaşları (2022) Kuzey Batı Cezayir koşullarında yetişen defneyaprağından elde edilen esansiyel yağın kimyasal kompozisyonunda 27 bileşik tanımlamışlardır ve 1,8-sineol (%30,1), α -terpinil asetat (%21,6), metil öjenol (%16,9), sabinen (%5,6), α -pinen (%3,2) ve β -pinen (%2,6) bileşiklerini ana bileşenler olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmadaki bulunan sineol oranı (%43,81) oldukça yüksektir. Ayrıca, diğer Akdeniz Bölgeleri'nden elde edilen defneyaprağı esansiyel yağlarının kimyasal bileşimlerinde ise sineol oranları Türkiye (%44,97), Tunus (%56,0), Kıbrıs (%58,59) ve Fas (%52,43) olarak yine yüksek oranda tespit edilmiştir (Yalçın vd., 2007; Derwich *et al.* 2009; Ekren vd., 2013; Snuossi *et al.* 2016). Bu çalışmada sabinen oranı (%7,13) diğer bazı çalışmalarda bulunan sabinen oranlarından (%6,13, %3,5, %6,13, %1,38, %6,69) yüksek iken bazı çalışmalarda bulunan sabinen oranlarından ise (%12,2) düşüktür (Yalçın vd., 2007; Derwich *et al.* 2009; Snuossi *et al.* 2016; Peris ve Blázquez, 2015; Caputo *et al.* 2017). Bu çalışmalardaki nicel ve nitel bileşimdeki farklılıklar muhtemelen farklı genotiplerden, bitkilerin yetiştirildiği ilgili bölgedeki iklim koşullarından, toprak özellikleri, hasat zamanından, hasat sonra işleme yöntemlerinden ve esansiyel yağ eldesinde kullanılan yöntemlerin farklılıklarından kaynaklanabilmektedir.

Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formuna ait Transmisyon Elektron Mikroskopu (TEM) görüntülerine göre, fiziksel deformasyon olmaksızın pürüzsüz, küre şekilli ve ~100 nm boyutlarındaki nanoemülsiyonlar başarılı bir şekilde elde edilmiştir (Şekil3). Nanoemülsiyonların TEM görüntüsü alınırken kriyo TEM kullanılması en uygun yöntem olmakla birlikte, kriyo TEM'in her laboratuvarda bulunma olasılığı düşüktür. Bu nedenle,

belirli temel bilgileri elde etmek için nanoemülsiyonlar üzerinde seyreltilmiş veya seyreltilmemiş geleneksel bir negatif boyama analizi yapılabilmektedir. Negatif boyama, numunenin boyutunu, şeklini ve iç yapısını görselleştirmek için kullanılabilir. Güçlü bir saçılma gösteren metal iyonları, elektron mikroskobu kontrastını arttırmak için zayıf saçılan yağ damlacıklarını saran şekilsiz bir kalkan oluşturmaktadır. Bu nedenle, parlak alan Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM) görüntülerinde, daha koyu bir arka plana karşı hafif damlacıklar ile yüksek bir ters kontrast görülmektedir. Negatif boyama ile sadece zayıf saçılan numuneler için kontrast sağlanmakla kalınmamaktadır, aynı zamanda kurutma sırasında numune yapısının çökmesine karşı fiziksel destek ve elektron ışını hasarına karşı koruma da sağlanmaktadır. Nanoemülsiyonların görüntülenmesinde fosfotungstik asit veya tuz çözeltileri veya uranil asetat en sık kullanılan boyalardandır (Klang *et al.* 2012). Bu çalışmada uranil asetat kullanılmıştır. Bu şekilde yüzey aktif madde tarafından stabilize edilen nanoemülsiyon damlacıklarının suyu uzaklaştırılmış dış yüzeylerinin TEM ile görüntülenmesi kolaylaştırılmıştır. Ayrıca yapılan zeta ölçümlerine göre ortalama damlacık boyutlarının 93,38-94,83 nm arasında olması TEM görüntülerine göre ifade edilen boyutları desteklemektedir.

Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun yüzeyindeki elektrokinetik potansiyeli belirlemek için ölçülen ζ -potansiyeli ölçümü yapılmıştır. Zeta potansiyel değeri, kolloidal dağılımların stabilitesi ile ilgili olmaktadır ve dağılımdaki bitişik, benzer şekildeki yüklü parçacıklar arasındaki itme derecesini göstermektedir. Yüksek ζ -potansiyel değerleri (hem negatif hem de pozitif), kararlı bir nanoemülsiyon formunu gösteren itici kuvvetlerin çekici kuvvetlerden daha baskın olduğunu gösterebilmektedir. Bu nedenle, yüksek zeta potansiyeline (negatif veya pozitif) sahip kolloidler elektriksel olarak stabilize edilirken, düşük zeta potansiyeline sahip kolloidler pıhtılaşma veya topaklanma eğiliminde olmaktadır (Silva *et al.* 2012; Gurpreet ve Singh, 2018; Che Marzuki *et al.* 2019). Bu çalışmada, Tween 80'in iyonik olmayan yapısından dolayı nanoemülsiyonun ortalama ζ -potansiyelinin sıfıra yakın olması beklenirken, $-10,7 \pm 0,265$ mV olarak tespit edilmiştir (Tablo 4). Genel olarak, $+25$ mV'den büyük veya -25 mV'den düşük zeta potansiyel değerleri tipik olarak yüksek stabilite derecelerine işaret etmektedir (Shi *et al.* 2017; Hashem *et al.* 2018). Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formu ultrasonikasyon yöntemi ile elde edilmiştir. Ultrasonikasyon işlemindeki mekanik stres, nanoemülsiyonun negatif yükünden sorumlu olan serbest hidroksil ve karboksil gruplarının esansiyel yağdan salınmasına ve ara yüzeye taşınmasına neden olarak yüzeydeki negatif yükün artmasına neden olabilmektedir (Noori *et al.* 2018; Yemiş vd., 2022). Ayrıca, nano ölçekli parçacıkların zeta potansiyeli, parçacıkların kaynağı ve farklı yüzey aktif maddelerle muamele, elektrolit konsantrasyonu (iyonik kuvvet), parçacık morfolojisi ve boyutu, çözeltilerin pH'ı ve hidrasyon durumu gibi birçok faktörden etkilenmektedir.

Polidispersite, standart sapmanın ortalama damlacık boyutuna oranı olarak tanımlanmaktadır ve bir formülasyon içinde damlacık boyutu tekdüzeliğini ifade etmektedir (Jadhav *et al.* 2020). PDI değeri 0,2 ile 0,5 arasında olduğunda nanoemülsiyonun dağılımı daha konsantre, dispersiyon etkisi daha iyi ve stabilitesi daha yüksek olarak kabul edilmektedir. Daha yüksek bir PDI değeri, nanoemülsiyonu delaminasyona veya çökelmeye duyarlı hale getirebilen daha dağınık parçacık boyutu dağılımına işaret etmektedir (Sneha ve Kumar, 2022). Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun damlacık boyutunun homojenliği ve stabilitesi hakkında bilgi sağlamak için yapılan ölçümde PDI değeri $0,283 \pm 0,002$ olarak tespit edilmiştir (Tablo 4). Bu değer defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyon formunun iyi bir boyut homojenliğine sahip olduğunu göstermektedir. Sıfıra yakın olan PDI değeri tek dağılımlı bir damlacık popülasyonunu belirtirken, 1'e (bir) yakın olan PDI değeri geniş aralıklı bir damlacık boyutunu ifade etmektedir (Che Marzuki *et al.* 2019). Bu çalışmada elde edilen nanoemülsiyon için 0'a yakın olarak bulunan PDI değeri (0,283) çalışma için kabul edilebilir boyut dağılımlarını göstermektedir. Ayrıca düşük PDI değeri, nanoemülsiyon eldesinde kullanılan ultrasonikasyon yönteminin tekdüze boyutta dağıtılmış bir nanoemülsiyon oluşumundaki etkinliğini de onaylamaktadır.

Elektroforetik hareketlilik, harici olarak uygulanan bir elektrik alandaki hareketine dayalı olarak bir parçacık yüzeyindeki net yükü/potansiyeli ölçmektedir (Ganta *et al.* 2014; Bourbon *et al.* 2018). Yani zeta potansiyeli ile elektroforetik hareketlilik orantılıdır (Al-Sakkaf ve Onaizi, 2023). Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun ortalama elektroforetik hareketliliği $-0,839 \pm 0,0206 \mu\text{mcm/Vs}$ olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Ortalama zeta potansiyeli değeri ($-10,7 \pm 0,265 \text{ mV}$) negatif olarak tespit edildiğinden elektroforetik hareketlilik değerinin negatif olarak bulunması beklenen bir sonuç olmuştur. Ayrıca bu sonuca, çalışmada kullanılan Tween 80 materyalinin lipofilik ve hidrofilik özelliklerinin pozitif ve negatif yükler arasındaki dengeyi sağlaması da katkıda bulunmuştur (Lian *et al.* 2019).

İletkenlik nanoemülsiyonun stabilitesini etkileyen önemli bir parametre olmakla birlikte esansiyel yağ, yüzey aktif madde ve su konsantrasyonları ile bunların bileşimlerine bağlıdır (Kumar ve Mandal, 2018). Yüksek bir iletkenlik su içinde yağ fazını temsil ederken 0'a yakın bir iletkenlik değeri yağ içinde su fazını temsil etmektedir (Rafya *et al.* 2023). Bu çalışmada defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun ortalama iletkenliği $0,0232 \pm 0,00512 \text{ mS/cm}$ olarak tespit edilmiştir (Tablo 4). Sıfıra oldukça yakın olarak tespit edilen bu iletkenlik değeri ($0,0232 \pm 0,00512 \text{ mS/cm}$) nedeniyle nanoemülsiyonun yağ içinde su fazında olduğu kabul edilmiştir.

Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun Şekil 5'te verilen Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) spektrumuna göre $727,0\text{ cm}^{-1}$, $852,4\text{ cm}^{-1}$, $856,3\text{ cm}^{-1}$, $858,2\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyonlar güçlü C-H gerilmeleri ile ilişkilendirilirken $948,8\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon güçlü C=C (alkenler) gerilmeleri ile ilişkilidir. $1101,2\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon güçlü C-O (sekonder alkoller, alifatik eterler) gerilmelerini gösterirken $1245,8\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon orta C-N (amin grubu) ve güçlü C-O (alkil aril eter) gerilmelerini göstermektedir. $1299,8\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon, güçlü C-O (aromatik ester) ve C-N (aromatik amin) gerilmelerini işaret ederken $1348,0\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon güçlü S=O (sulfone, sulfonik asit, sulfonamide, sulfonate) gerilmeleri ve orta O-H (fenol) bağlarını işaret etmektedir. $1459,9\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon orta C-H (alkan metilen) bantlarını, $1575,6\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon orta C=C (siklik alken) gerilmelerini, $1737,6\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon güçlü C=O (aldehit, δ -lakton, ester) gerilmelerini ve $2125,3\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon ise güçlü N=N=N (azit), N=C=N (karbodiimid) ve zayıf C $\equiv$ C (alkin) gerilmelerini göstermektedir. $2370,2\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon O-H (karboksilik asit) gerilmelerini ve C-C bantlarını gösterirken 2376 cm^{-1} 'deki absorpsiyon benzen halkasındaki C=O gerilmelerini göstermektedir. $2856,2\text{ cm}^{-1}$ ve $2925,7\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyonlar orta C-H (alkan), güçlü geniş bantlı N-H (amin tuzları), O-H (karboksilik asit), zayıf geniş bantlı O-H (alkol, molekül içi bağlanmış) gerilmeleri ile ilişkilidir. $3012,4\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon orta C-H (alken), zayıf geniş bantlı O-H (alkol, molekül içi bağlanmış) ve güçlü geniş bantlı O-H (karboksilik asit) gerilmelerinden sorumludur. $3475,3\text{ cm}^{-1}$ ve $3494,6\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyonlar orta N-H (primer amin) ve güçlü geniş bantlı O-H (alkol, molekül içi bağlanmış) gerilmelerini işaret etmektedir. Hojatoleslami ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan defneyaprağı esansiyel nanoemülsiyonunun FTIR analizinde $3461,42\text{ cm}^{-1}$, $2925,62\text{ cm}^{-1}$, $2081,89\text{ cm}^{-1}$, $1733,37\text{ cm}^{-1}$, $1635,57\text{ cm}^{-1}$, $1457,33\text{ cm}^{-1}$, $1352,03\text{ cm}^{-1}$, $1256,44\text{ cm}^{-1}$, $1088,10\text{ cm}^{-1}$ ve $457,51\text{ cm}^{-1}$ 'de absorpsiyonlar tespit edilmiştir. $3461,42\text{ cm}^{-1}$, $2925,62\text{ cm}^{-1}$, $1733,37\text{ cm}^{-1}$, $1457,33\text{ cm}^{-1}$, $1352,03\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyonlar bu çalışmada tespit edilen FTIR absorpsiyonlarına oldukça yakın olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar $3461,42\text{ cm}^{-1}$, $2925,62\text{ cm}^{-1}$, $1733,37\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyonları sırasıyla nanoemülsiyonun üretiminde yer alan alkollü esterlerin (muhtemelen geraniol, spathunol, nerolidol ve α -teripenol ve ayrıca Tween-80) serbest OH titreşimine, alkan grupları (asimetrik-CH₂-), simetrik -CH₃- ve -CH₂-gerilmelerine, karbonil grupları (C=O ester) titreşimleri ile ilişkilendirmişlerdir. Zarenezhad ve arkadaşları (2022) tarafından defneyaprağı esansiyel yağının FTIR analizinde ise OH ilgili olarak 3468 cm^{-1} 'deki karakteristik pik ve -CH titreşim gerilimlerini gösteren 2965 cm^{-1} , 2923 cm^{-1} ve 2880 cm^{-1} absorpsiyonlarındaki bantlar elde edilmiştir. Ayrıca, 1650 cm^{-1} 'deki absorpsiyon bandı aromatik bir maddenin aromatik halkası C=C iskelet titreşimi ile

ilişkilendirilmişken 984 cm⁻¹'deki pik ve 864 cm⁻¹'deki güçlü tepe noktası sırasıyla C-H bükülmesine ve benzen halkaları C-H titreşim absorpsiyonu ile ilişkilendirilmiştir.

İki farklı konsantrasyondaki (500 ppm ve 1000 ppm) defneyaprağı esansiyel yağı ve nanoemülsiyon formları konsantrasyona ve zamana bağımlı olarak *S. granarius*'a karşı insektisit aktiviteye sahip olmuşlardır (Tablo 6). 500 ppm ve 1000 ppm defneyaprağı esansiyel yağları 7 günlük maruziyet sonucunda *S. granarius*'ta sırasıyla %93,33 ve %100 ölüm oranlarına sebep olmuştur. Teke ve Mutlu (2021) tarafından yapılan çalışmada %10'luk defneyaprağı esansiyel yağı 24, 48 ve 72 saatlik maruziyet sonucunda *S. granarius*'ta sırasıyla %9,55, %27,04 ve %59,66 ölüm oranlarına yol açmıştır. Esansiyel yağların insektit aktivitesi, kimyasal bileşimlerinin ana bileşenleri ile yakından ilişkilidir. Bu çalışmada defneyaprağı esansiyel yağının ana bileşenleri olarak ökaliptol (1,8- sineol), α -terpinenil asetat, sabinen, α -pinen, β -pinen tespit edilmiştir. Liang ve arkadaşları (2016) yaptıkları çalışma sonucunda 1,8 sineol'ün *Tribolium castaneum*'a karşı toksik etkide (LC₅₀ 5,47 mg/L hava) bulunduğunu ifade etmişlerdir. Benzer sonuçlar, Guo ve arkadaşları (2016) tarafından 1,8 sineol'ün 24 saatlik maruziyeti sonucunda *T. castaneum*'a karşı toksik etkide (LC₅₀ 5,5 mg/L hava) bulunduğunu gösteren çalışmada da elde edilmiştir. Liu ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan çalışmada 1,8 sineol, sabinen, α -pinen ve β -pinen bileşenlerinin sırasıyla 328 $\pm$ 9, 391 $\pm$ 1,41, 282 $\pm$ 51 ve 778,07 $\pm$ 79,5 μ g/mL hava IC₅₀ değerleri ile *Sitophilus oryzae* L.'ye karşı insektisit aktiviteleri gösterilmiştir. 500 ppm ve 1000 ppm konsantrasyonlarında uygulanan defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyon formları 7 günlük maruziyet sonucunda *S. granarius*'ta sırasıyla %43,33 ve %90 ölüm oranlarına yol açmıştır. Defneyaprağı esansiyel yağların uygulanmasında %100 esansiyel yağ kullanılmıştır. Ancak nanoemülsiyon formlarında %4 esansiyel yağ kullanılmıştır. Bu nedenle, nanoemülsiyon uygulamadaki (500 ve 1000 ppm'de) gerçek esansiyel yağ konsantrasyonu, aynı seviyelerde test edilen saf esansiyel yağ konsantrasyonundan 25 kat daha düşüktür. Bu açıklama, ölüm oranlarındaki varyasyonları vurgulamaktadır ve defneyaprağı esansiyel yağının sürdürülebilirliğini sağlamak için geliştirilen nanoemülsiyon formu ile başarılı olan insektisit aktivitenin dikkate değer olduğunu göstermektedir. Abdel-Aziz ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan çalışmada defneyaprağı esansiyel yağı nanoemülsiyon formlarının (%3 ve %5) *Parlatoria ziziphi*'de (Lucas, 1853) (Hemiptera: Coccothorpha: Diaspididae) ortalama %50,02 ve %55,32 ölüm oranlarına yol açtığı gösterilmiştir. Esansiyel yağların nanoemülsiyon formları geniş yüzey alanı/hacim oranı sayesinde böcek ile olan temas alanını, süresini ve etkisini arttırarak avantaj sağlayabilmektedir (Azmy, 2021). Ayrıca, nanoemülsiyonlar boyut avantajlarından dolayı böcek dokusundan penetrasyon için daha etkin olabilmektedir. Nanoemülsiyonların insektisit aktivitesi yapılan çalışmalarda hücrede oksidatif stresin indüklenmesi, hücrede yaşamsal faaliyetlerde önemli

olan enzimler ve proteinler ile etkileşim sonucu denatürasyon oluşumu gibi mekanizmalara dayandırılmaktadır (Azmy *et al.* 2019; Sharma *et al.* 2020).

Sonuçlar ve Öneriler

- 1- Defneyaprağı esansiyel yağının kimyasal karakterizasyonu için yapılan analizler sonucu ökaliptol (1,8-sineol) (%43,81), α -terpinenil asetat (%11,55), sabinen (%7,13), α -pinen (%5,68), β -pinen (%4,64) ana bileşenler olarak öne çıkmıştır.
- 2- Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM) görüntülerine göre, fiziksel deformasyon olmaksızın pürüzsüz, küre şekilli ve ~100 nm boyutlarındaki nanoemülsiyonlar başarılı bir şekilde elde edilmiştir. Bu verilere göre zeta ölçümlerinde ortalama damlacık boyutlarının 93,38-94,83 nm arasında olması TEM görüntülerinde belirlenen boyutları desteklemektedir.
- 3- Tween 80'in iyonik olmayan yapısından dolayı nanoemülsiyonun ortalama ζ -potansiyelinin sıfıra yakın olması beklenirken, $-10,7 \pm 0,265$ mV olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun damlacık boyutunun homojenliği ve stabilitesi hakkında bilgi sağlamak için yapılan ölçümde PDI değeri $0,283 \pm 0,002$ olarak tespit edilmiştir.
- 4- Defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) spektrumuna göre $727,0\text{ cm}^{-1}$, $852,4\text{ cm}^{-1}$, $856,3\text{ cm}^{-1}$, $858,2\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyonlar güçlü C-H ve $948,8\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon güçlü C=C (alkenler) gerilmeleri ile ilişkilendirilmiştir.
- 5- Defneyaprağı esansiyel yağının önemli tarım zararlısı *S. granarius*'un üzerindeki öldürücü etkisi kanıtlanmıştır. 500 ppm ve 1000 ppm defneyaprağı esansiyel yağları 7 günlük maruziyet sonucunda *S. granarius*'ta sırasıyla %93,33 ve %100 ölüm oranlarına sebep olmuştur.
- 6- Esansiyel yağların nanoemülsiyon formuna dönüştürülebileceği belirlenmiş ve defneyaprağı esansiyel yağının nanoemülsiyon formunun normal esansiyel yağa göre aktivitesi *S. granarius* üzerinde denenmiştir. Nanoemülsiyon uygulamadaki (500 ve 1000 ppm'de) gerçek esansiyel yağ konsantrasyonunun, aynı seviyelerde test edilen saf esansiyel yağ konsantrasyonundan 25 kat daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durumun ölüm oranlarındaki varyasyonlardan kaynaklanmasına rağmen geliştirilen nanoemülsiyon formun doğal insektisit olarak kullanımı önem kazanmıştır.

Yıllardan beri süre gelen tarım zararlılarına karşı kimyasal uygulamalarının ürün kalitesi, toprak verimi ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri bilinmektedir. Özellikle

kimyasal pestisit kullanımına alternatif geliştirmeye çalışan araştırmacılar için, bitki metabolitlerini içeren esansiyel yağların insektisit etkileri çalışmalara ışık kaynağı olmuştur. Alınan başarılı sonuçlara rağmen esansiyel yağların uygulama ve etkinliğinin arttırılması ve insektisit aktivite potansiyelini geliştirmek için teknolojik gelişmeler de göz önünde bulundurularak nano boyutta uygulama stratejisi üzerine çalışmalar başlamıştır. Bu tez çalışmasında da belirlendiği gibi nanoemülsiyonların uçucu yağlarda çözünürlüğü ve stabiliteyi arttırmasının yanı sıra uçuculuğu azalttığı ve hedef zararlılara karşı insektisit etkinliğini arttırdığı sonuçlarının gelecek çalışmalar için önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Abdel-Aziz, N. F., Salem, H. A. N., El-Bakry, A. M., Sammour, E. A. (2022). Characterization and insecticidal activity of two natural formulation types against the scale insect (*Parlatoria ziziphi*) and their biochemical effects on *Citrus aurantium*. Bulletin of the National Research Centre, 46(1), 1-13.
- Abu-Dahab, R., Kasabri, V., Afifi, F. U. (2014). Evaluation of the volatile oil composition and antiproliferative activity of *Laurus nobilis* L.(Lauraceae) on breast cancer cell line models. Records of Natural Products, 8(2).
- Alejo-Armijo, A., Altarejos, J., Salido, S. (2017). Phytochemicals and biological activities of laurel tree (*Laurus nobilis*). Natural Product Communications, 12(5), 743-757.
- Ali, S. A., Khairy, M., Ibrahim, A. A., Zohry, N. M. (2022). Black seed and rosemary nanoformulations as green insecticides for the granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.)(Coleoptera: Curculionidae). Journal of Food Science, 87(7), 3095-3106.
- Almadiy, A. A., Nenaah, G. E., Albogami, B. Z. (2022). Bioactivity of *Deverra tortuosa* essential oil, its nanoemulsion, and phenylpropanoids against the cowpea weevil, a stored grain pest with eco-toxicological evaluations. Environmental Science and Pollution Research, 29(43), 65112-65127.
- Al-Sakkaf, M. K. and Onaizi, S. A. (2023). Crude oil/water nanoemulsions stabilized by rhamnolipid biosurfactant: Effects of acidity/basicity and salinity on emulsion characteristics, stability, and demulsification. Fuel, 344, 128052.
- Anonim, <https://naturapest.com.tr/service/depolanmis-urun-zararlisi/> (17.08.2023)
- Anonymous, <https://www.flickr.com/photos/30703260@N08/8030326821> (17.06.2023)
- Anzano, A., de Falco, B., Grauso, L., Motti, R., Lanzotti, V. (2022). Laurel, *Laurus nobilis* L.: a review of its botany, traditional uses, phytochemistry and pharmacology. Phytochemistry Reviews, 1-51.
- Azmy, R. M. (2021). Nanoformulated materials from *Citrus Wastes*. Waste Recycling Technologies for Nanomaterials Manufacturing, 649-669.
- Barradas, T. N and de Holanda e Silva, K. G. (2021). Nanoemulsions of essential oils to improve solubility, stability and permeability: a review. Environmental Chemistry Letters, 19(2), 1153-1171.
- Batool, S., Khera, R. A., Hanif, M. A., Ayub, M. A. (2020). Bay leaf. In medicinal plants of South Asia. Elsevier, (pp. 63-74).
- Benziane, Z and Boukir, A. (2009). Chemical composition and antibacterial activity of leaves essential oil of *Laurus nobilis* from Morocco. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4), 3818-3824.
- Boniecki, P., Koszela, K., Świerczyński, K., Skwarcz, J., Zaborowicz, M., Przybył, J. (2020). Neural visual detection of grain weevil (*Sitophilus granarius* L.). Agriculture, 10(1), 25.
- Bourbon, A. I., Gonçalves, R. F., Vicente, A. A., Pinheiro, A. C. (2018). Characterization of particle properties in nanoemulsions. In Nanoemulsions (pp. 519-546). Academic Press.
- Campolo, O., Giunti, G., Russo, A., Palmeri, V., Zappalà, L. (2018). Essential oils in stored product insect pest control. Journal of Food Quality, 2018, 1-18.

- Caputo, L., Nazzaro, F., Souza, L. F., Aliberti, L., De Martino, L., Fratianni, F., Coppola, R., De Feo, V. (2017). *Laurus nobilis*: Composition of essential oil and its biological activities. *Molecules*, 22(6), 930.
- Chahal, K. K., Bansal, R., Kaur, R. (2016). Chemistry and insecticidal potential of bay leaf essential oil against stored grain pest of wheat. *Journal of Applied and Natural Science*, 8(4), 2049-2054.
- Chahal, K. K., Kaur, M., Bhardwaj, U., Singla, N., & Kaur, A. (2017). A review on chemistry and biological activities of *Laurus nobilis* L. essential oil. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 1153-1161.
- Che Marzuki, N. H., Wahab, R. A., Abdul Hamid, M. (2019). An overview of nanoemulsion: Concepts of development and cosmeceutical applications. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 33(1), 779-797.
- Cosimi, S., Rossi, E., Cioni, P. L., 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.
- Demeter, S., Lebbe, O., Hecq, F., Nicolis, S. C., Kenne Kemene, T., Martin, H., Fauconnier, M.L., Hance, T. (2021). Insecticidal activity of 25 essential oils on the stored product pest, *Sitophilus granarius*. *Foods*, 10(2), 200.
- Devrnja, N., Milutinović, M., Savić, J. (2022). When scent becomes a weapon—plant essential oils as potent bioinsecticides. *Sustainability*, 14(11), 6847.
- Dobrosravić, E., Repajić, M., Dragović-Uzelac, V., Elez Garofulić, I. (2022). Isolation of *Laurus nobilis* leaf polyphenols: A review on current techniques and future perspectives. *Foods*, 11(2), 235.
- Durmuş, M., Özoğul, Y., Köşker, A.R., Boğa, E.K., Ceylan, Z., Özoğul, F. (2020) . The function of nanoemulsion on preservation of rainbow trout fillet. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 895–904.
- Ekren, S., Yerlikaya, O., Tokul, H. E., Akpınar, A., Açu, M. (2013). Chemical composition, antimicrobial activity and antioxidant capacity of some medicinal and aromatic plant extracts. *African Journal of Microbiology Research*, 7(5), 383-388.
- Esmaili, F., Sanei-Dehkordi, A., Amoozegar, F., Osanloo, M. (2021). A review on the use of essential oil-based nanoformulations in control of mosquitoes. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(5), 12516-12529.
- Feng, J., Zhang, Q. I., Liu, Q. I., Zhu, Z., McClements, D. J., Jafari, S. M. (2018). Application of nanoemulsions in formulation of pesticides. In *Nanoemulsions* (pp. 379-413). Academic Press.
- Fernandez, C. M. M., da Rosa, M. F., Fernandez, A. C. A. M., Lorenzetti, F. B., Raimundo, K. F., Cortez, D. A. G., ... & Gazim, Z. C. (2018). Larvicidal activity against *Aedes aegypti* of essential oil of *Laurus nobilis* leaves obtained at different seasons. *Journal of Essential Oil Research*, 30(5), 379-387.
- Fidan, H., Stefanova, G., Kostova, I., Stankov, S., Damyanova, S., Stoyanova, A., Zheljazkov, V. D. (2019). Chemical composition and antimicrobial activity of *Laurus nobilis* L. essential oils from Bulgaria. *Molecules*, 24(4), 804.

- Ganta, S., Talekar, M., Singh, A., Coleman, T. P., Amiji, M. M. (2014). Nanoemulsions in translational research opportunities and challenges in targeted cancer therapy. *AAPS PharmSciTech*, 15, 694-708.
- Gharsan, F. N., Kamel, W. M., Alghamdi, T. S., Alghamdi, A. A., Althagafi, A. O., Aljassim, F. J., Al-Ghamdi, S. N. (2022). Toxicity of citronella essential oil and its nanoemulsion against the sawtoothed grain beetle *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae). *Industrial Crops and Products*, 184, 115024.
- Giunti, G., Palermo, D., Laudani, F., Algeri, G. M., Campolo, O., & Palmeri, V. (2019). Repellence and acute toxicity of a nano-emulsion of sweet orange essential oil toward two major stored grain insect pests. *Industrial Crops and Products*, 142, 111869.
- Gugliuzzo, A., Francardi, V., Simoni, S., Roversi, P. F., Ferrati, M., Spinozzi, E., Perinelli, D.R., Bonacucina, G., Maggi, F., Tortorici, S., Garzia, G.T., Biondi, A., Rizzo, R. (2023). Role of plant essential oil nanoemulsions on host colonization by the invasive ambrosia beetle *Xylosandrus compactus*. *Industrial Crops and Products*, 195, 116437.
- Guo, S., Geng, Z., Zhang, W., Liang, J., Wang, C., Deng, Z., and Du, S. (2016). The chemical composition of essential oils from *Cinnamomum camphora* and their insecticidal activity against the stored product pests. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(11), 1836.
- Gupta, P., Preet, S., Singh, N. (2022). Preparation of *Thymus vulgaris* (L.) essential oil nanoemulsion and its chitosan encapsulation for controlling mosquito vectors. *Scientific Reports*, 12(1), 1-14.
- Gurpreet, K., and Singh, S. K. (2018). Review of nanoemulsion formulation and characterization techniques. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 80(5), 781-789.
- Hanif, M. A., Nisar, S., Khan, G. S., Mushtaq, Z., Zubair, M. (2019). Essential Oils. *Essential Oil Research*, 3–17.
- Haouel-Hamdi, S., Hamedou, M. B., Bachrouch, O., Boushah, E., Zarrouh, Y., Sriti, J., Messaoud, C., Hammami, M., Abderraba, M., Limam, F., Mediouni-Ben Jemâa, J. (2020). Susceptibility of *Tribolium castaneum* to *Laurus nobilis* essential oil and assessment on semolina quality. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40, 667–675.
- Hashem, A. S., Awadalla, S. S., Zayed, G. M., Maggi, F., Benelli, G. (2018). Pimpinella anisum essential oil nanoemulsions against *Tribolium castaneum* insecticidal activity and mode of action. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(19), 18802-18812.
- Hojatoleslami, M., Ahari, H., Larijani, K., Sharifan, A. (2022). Preservation effect of *Lippia citriodora* and *Laurus nobilis* nanoemulsions incorporated with polylactic acid composite film for rainbow trout fillet packaging. *Journal of Food Science and Technology*, Campinas, 42, e83921-e83934.
- Isman, M. B. (2020). Bioinsecticides based on plant essential oils: A short overview. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 75(7-8), 179-182.
- Isman, M. B. (2020). Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides. *Phytochemistry Reviews*, 19, 235–241.
- Jadhav, R. P., Koli, V. W., Kamble, A. B., Bhutkar, M. A. (2020). A review on nanoemulsion. *Asian Journal of Research in Pharmaceutical Science*, 10(2), 103-108.
- Jemâa, J. M. B., Tersim, N., Toudert, K. T., Khouja, M. L. (2012). Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition. *Journal of Stored Products Research*, 48, 97-104.

- Jesser, E., Yeguerman, C., Urrutia, R. I., Murray, A. P., Domini, C., Werdin-González, J. O., 2023. Development and characterization of Nanoemulsions loaded with essential oil and β -cypermethrin and their bioefficacy on insect pest of economic and medical importance. *Pest Management Science*.
- Kar, S., Gupta, P., Gupta, J. (2018). Essential oils: Biological activity beyond aromatherapy. *Natural Product Sciences*, 24(3), 139-147.
- Kıvrak, Ş., Göktürk, T., Kıvrak, İ. (2017). Assessment of volatile oil composition, phenolics and antioxidant activity of bay (*Laurus nobilis*) leaf and usage in cosmetic applications. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(2), 148-161.
- Klang, V., Matsko, N. B., Valenta, C., Hofer, F. (2012). Electron microscopy of nanoemulsions: an essential tool for characterisation and stability assessment. *Micron*, 43(2-3), 85-103.
- Kumar, N., and Mandal, A. (2018). Surfactant stabilized oil-in-water nanoemulsion: stability, interfacial tension, and rheology study for enhanced oil recovery application. *Energy & Fuels*, 32(6), 6452-6466.
- Lian, H., Peng, Y., Shi, J., Wang, Q. (2019). Effect of emulsifier hydrophilic-lipophilic balance (HLB) on the release of thyme essential oil from chitosan films. *Food Hydrocolloids*, 97, 105213.
- Liang, J. Y., Guo, S. S., You, C. X., Zhang, W. J., Wang, C. F., Geng, Z. F., Deng, Z.W., Du, S.S., Zhang, J. (2016). Chemical constituents and insecticidal activities of *Ajania fruticulosa* essential oil. *Chemistry & Biodiversity*, 13(8), 1053-1057.
- Lima, L. A., Ferreira-Sá, P. S., Garcia Jr, M. D., Pereira, V. L. P., Carvalho, J. C. T., Rocha, L., Fernandes, C. P., Souto, R. N. P., Araujo, R. S., Botas, G., Cruz, R. A. (2021). Nano-emulsions of the essential oil of *Baccharis reticularia* and its constituents as eco-friendly repellents against *Tribolium castaneum*. *Industrial Crops and Products*, 162, 113282.
- Liu, T. T., Chao, L. K. P., Hong, K. S., Huang, Y. J., Yang, T. S. (2019). Composition and insecticidal activity of essential oil of *Bacopa caroliniana* and interactive effects of individual compounds on the activity. *Insects*, 11(1), 23.
- Lobato Rodrigues, A. B., Martins, R. L., Rabelo, É. D. M., Tomazi, R., Santos, L. L., Brandão, L. B., Faustion, C. G., Farias, A. L. F., Santos, C. B. R. D., Cantuaria, P. D. C., Galardo, A. K. R., Almeida, S. S. M. D. S., 2021. Development of nano-emulsions based on Ayapana triplinervis essential oil for the control of *Aedes aegypti* larvae. *Plos One*, 16(7), e0254225.
- M Azmy, R., E El Gohary, E. G., M Mahmoud, D., AM Salem, D., A Abdou, M., S Salama, M. (2019). Assessment of larvicidal activity of nanoemulsion from Citrus sinensis essential oil on *Culex pipiens* L.(Diptera: Culicidae). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 23(3), 61-67.
- Mediouni-Ben Jemâa, J., Tersim, N., and Khouja, M.L. (2011). Composition and repellent efficacy of essential oil from *Laurus nobilis* against adults of the cigarette beetle *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae). *Tunisian Journal of Plant Protection*, 6, 29-41.
- Mediouni-Ben Jemâa, J., Tersim, N., Toudert, K.T., Khouja, M.L. (2012). Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition. *Journal of Stored Products Research*. 48, 97-104.

- Menossi, M., Ollier, R. P., Casalongué, C. A., Alvarez, V. A. (2021). Essential oil-loaded bio-nanomaterials for sustainable agricultural applications. *Journal of Chemical Technology*, 96(8), 2109-2122.
- Mishra S., Keswani C., Abhilash P. C., Fraceto L. F., Singh H. B. (2017). Integrated approach of agri-nanotechnology: challenges and future trends. *Front Plant Science*, 8, 471
- Mossa, A. T. H., Abdelfattah, N. A. H., Mohafrash, S. M. M. (2017). Nanoemulsion of Camphor (*Eucalyptus globulus*) Essential Oil, Formulation, Characterization and Insecticidal Activity against Wheat Weevil, *Sitophilus granarius*. *Asian Journal of Crop Science*, 9 (3), 50-62.
- Mustafa, I. F., and Hussein, M. Z. (2020). Synthesis and technology of nanoemulsion-based pesticide formulation. *Nanomaterials*, 10(8), 1608.
- Nabila, B., Piras, A., Fouzia, B., Falconieri, D., Kheira, G., Fedoul, F. F., Majda, S. R. (2022). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Laurus nobilis* leaves. *Natural Product Research*, 36(4), 989-993.
- Noori, S., Zeynali, F., Almasi, H. (2018). Antimicrobial and antioxidant efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (*Zingiber officinale*) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets. *Food Control*, 84, 312-320.
- Oladipupo, S. O., Hu, X. P., Appel, A. G. (2022). Essential oils in urban insect management—A review. *Journal of Economic Entomology*, 115(5), 1375-1408.
- Ozogul, Y., El Abed, N., Özogul, F. (2022). Antimicrobial effect of *laurel* essential oil nanoemulsion on food-borne pathogens and fish spoilage bacteria. *Food Chemistry*, 368, 130831.
- Ozogul, Y., Yuvka, İ., Ucar, Y., Durmus, M., Kösker, A. R., Öz, M., Ozogul, F., (2017). Evaluation of effects of nanoemulsion based on herb essential oils (rosemary, laurel, thyme and sage) on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during ice storage. *LWT*, 75, 677-684.
- Paparella, A., Nawade, B., Shaltiel-Harpaz, L., and Ibdah, M. (2022). A review of the botany, volatile composition, biochemical and molecular aspects, and traditional uses of *Laurus nobilis*. *Plants*, 11(9), 1209.
- Pavela R. (2009). Larvicidal property of essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Industrial Crops and Products*, 30, 311–315.
- Pavela, R. (2015). Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: a review. *Industrial Crops and Products*, 76, 174-187.
- Pavela, R., and Benelli, G. (2016). Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. *Trends in Plant Science*, 21(12), 1000-1007.
- Pavoni, L., Benelli, G., Maggi, F., Bonacucina, G. (2019). Green nanoemulsion interventions for biopesticide formulations. In *Nano-biopesticides today and future perspectives*. Academic Press. 133-160.
- Pavoni, L., Perinelli, D. R., Bonacucina, G., Cespi, M., Palmieri, G. F. (2020). An overview of micro-and nanoemulsions as vehicles for essential oils: Formulation, preparation and stability. *Nanomaterials*, 10(1), 135.
- Peris, I., and Blázquez, M. A. (2015). Comparative GC-MS analysis of bay leaf (*Laurus nobilis* L.) essential oils in commercial samples. *International Journal of Food Properties*, 18(4), 757-762.

- Plarre, R. (2013). An attempt to reconstruct the natural and cultural history of the granary weevil, *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Erciyes Journal of Education*, 107(1), 1-11.
- Plata-Rueda, A., Campos, J. M., da Silva Rolim, G., Martínez, L. C., Dos Santos, M. H., Fernandes, F. L., Serrão, J. E., Zanuncio, J. C. (2018). Terpenoid constituents of cinnamon and clove essential oils cause toxic effects and behavior repellency response on granary weevil, *Sitophilus granarius*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 156, 263-270.
- Plata-Rueda, A., Rolim, G. D. S., Wilcken, C. F., Zanuncio, J. C., Serrão, J. E., Martínez, L. C. (2020). Acute toxicity and sublethal effects of lemongrass essential oil and their components against the granary weevil, *Sitophilus Granarius*. *Insects*, 11(6), 379.
- Plata-Rueda, A., Santos, M. H. D., Serrão, J. E., Martínez, L. C. (2022). Chemical composition and insecticidal properties of *Origanum vulgare* (Lamiaceae) essential oil against the stored product beetle, *Sitophilus granarius*. *Agronomy*, 12(9), 2204.
- Polat Yemiş, G., Sezer, E., ve Sıçramaz, H. (2022). Inhibitory effect of sodium alginate nanoemulsion coating containing myrtle essential oil (*Myrtus communis* L.) on *Listeria monocytogenes* in Kasar cheese. *Molecules*, 27(21), 7298.
- Polatoğlu, K., Karakoç, Ö. C., Yücel, Y. Y., Gücel, S., Demirci, B., Demirci, F., Başer, K. H. C. (2017). Insecticidal activity of *Salvia veneris* Hedge. Essential oil against coleopteran stored product insects and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera). *Industrial Crops and Products*, 97, 93-100.
- Rafya, M., Hafidi, A., Zehhar, N., and Benkhalti, F. (2023). Optimization of three-component essential oil-loaded nanoemulsions in combination using D-optimal mixture design. *South African Journal of Botany*, 159, 472-481.
- Reno, F., Demeter, S., Degand, H., Nicolis, S. C., Lebbe, O., Martin, H., Deneubourg, J. L., Fauconnier, M. L., Morsomme, P., Hance, T. (2022). The modes of action of *Mentha arvensis* essential oil on the granary weevil *Sitophilus granarius* revealed by a label-free quantitative proteomic analysis. *Journal of Pest Science*, 95(1), 381-395.
- Rotundo, G., Paventi, G., Barberio, A., De Cristofaro, A., Notardonato, I., Russo, M. V., and Germinara, G. S. (2019). Biological activity of *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter extracts against adult *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera, Curculionidae) and identification of active compounds. *Scientific Reports*, 9(1), 1-12.
- Rozman, V., Kalinovic, I., Korunic, Z. (2007). Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 43, 349-355.
- Ru, Q., Hu, Q., Dai, C., Zhang, X., and Wang, Y. (2022). Formulation of *Laurus nobilis* essential oil nanoemulsion system and its application in fresh-cut muskmelons. *Coatings*, 12(2), 159.
- Sabbour, M. M., and El-Aziz, S. E. A. (2016). Efficacy of three essential oils and their nano-particles against *Sitophilus granarius* under laboratory and store conditions. *Journal of Entomological Research*, 40(3), 229-234.
- Said-Al Ahl, H. A., Hikil, W. M., Tkachenko, K. G. (2017). Essential oils with potential as insecticidal agents: A review. *International Journal of Environmental Planning and Management*, 3, 23-33.
- Salehi, T., Karimi, J., Hasanshahi, G., Askarianzadeh, A., Abbasipour, H., Garjan, A. S. (2014). The effect of essential oils from *Laurus nobilis* and *Myrtus communis* on the adults of

- mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae). Journal of Essential Oil Bearing Plants, 17 (4), 553-561.
- Sellami, I. H., Wannes, W. A., Bettaieb, I., Berrima, S., Chahed, T., Marzouk, B., Limam, F., (2011). Qualitative and quantitative changes in the essential oil of *Laurus nobilis* L. leaves as affected by different drying methods. Food Chemistry, 126(2), 691-697.
- Shafaie, F., Aramideh, S., Valizadegan, O., Safaralizadeh, M. H., Hosseini-Gharalari, A. (2019). Efficacy of Herbal Essential Oils against Cowpea Weevil, *Callosobruchus maculatus* Fabricus, and Wheat Weevil, *Sitophilus granarius* L. Oriental Journal of Chemistry, 35(3), 1174.35(3), 1174-1181.
- Sharma, K., Babaei, A., Oberoi, K., Aayush, K., Sharma, R., Sharma, S. (2022). Essential oil nanoemulsion edible coating in food industry: A review. Food and Bioprocess Technology, 15(11), 2375-2395.
- Sharma, S., Loach, N., Gupta, S., Mohan, L. (2020). Phyto-nanoemulsion: An emerging nano-insecticidal formulation. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 14, 100331.
- Sırıken, B., Yavuz, C., Güler, A. (2018). Antibacterial Activity of *Laurus nobilis*: A review of literature. Medical Science and Discovery, 5(11), 374-379.
- Silva, H. D., Cerqueira, M. Â., Vicente, A. A. (2012). Nanoemulsions for food applications: development and characterization. Food and Bioprocess Technology, 5, 854-867.
- Singletary, K. (2021). Bay leaf: Potential health benefits. Nutrition Today, 56(4), 202-208.
- Sneha, K and Kumar, A. (2022). Nanoemulsions: Techniques for the preparation and the recent advances in their food applications. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 76, 102914.
- Snuossi, M., Trabelsi, N., Ben Taleb, S., Dehmeni, A., Flamini, G., De Feo, V. (2016). *Laurus nobilis*, *Zingiber officinale* and *Anethum graveolens* essential oils: Composition, antioxidant and antibacterial activities against bacteria isolated from fish and shellfish. Molecules, 21(10), 1414.
- Teke, M. A and Mutlu, Ç. (2021). Insecticidal and behavioral effects of some plant essential oils against *Sitophilus granarius* L. and *Tribolium castaneum* (Herbst). Journal of Plant Diseases and Protection, 128(1), 109-119.
- Tunç, M. T and Koca, I. (2021). Optimization of ohmic heating assisted hydrodistillation of cinnamon and bay leaf essential oil. Journal of Food Process Engineering, 44(3), e13635.
- Verdian-Rizi, M. (2009). Chemical composition and larvicidal activity of the essential oil of *Laurus nobilis* L. from Iran. Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences, 5(1), 47-50.
- Wang, Y., Zhang, L. T., Feng, Y. X., Zhang, D., Guo, S. S., Pang, X., Geng, Z.F., Xi, C., Du, S.S. (2019). Comparative evaluation of the chemical composition and bioactivities of essential oils from four spice plants (Lauraceae) against stored-product insects. Industrial Crops and Products, 140, 111640.
- Yalçın, H., Anık, M., Şanda, M. A., Çakır, A. (2007). Gas chromatography/mass spectrometry analysis of *Laurus nobilis* essential oil composition of northern Cyprus. Journal of Medicinal Food, 10(4), 715-719.
- Yılmaz, B and Deniz, İ. (2017). The effects of cultivation area and altitude variation on the composition of essential oil of *Laurus nobilis* L. grown in eastern, Western and Central Karadeniz Region. International Journal of Secondary Metabolite, 4(3,1), 187-194.

Zarenezhad, E., Ranjbar, N., Firooziyan, S., Ghorkhanian, M., Osanloo, M. (2022). Promising larvicidal effects of chitosan nanoparticles containing *Laurus nobilis* and *Trachyspermum ammi* essential oils against *Anopheles stephensi*. International Journal of Tropical Insect Science, 42(1), 895-904.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Cihan SİRKE
Doğum Tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-Mail:	
Eğitim	
Lise:	Erzurum Mecidiye Anadolu Lisesi (2007)
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü (2014)
Yüksek Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı (Devam Ediyor)
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	Orta
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
	Ziraat Mühendisleri Odası
Tezden Üretilmiş Yayınlar	