

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI



ZARARLI TÜR OLAN *Halyomorpha halys* (STÅL) ÜZERİNDE FARKLI
LEKTİNLERİN BİTKİSEL BİYOPESTİSİT ÖZELLİĞİNİN VE *Mentha piperita* L.
ESANSİYEL YAĞININ TEMAS TOKSİSİTESİ VE KOVUCULUK ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI

ÖZLEM KARADUMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Serap DOĞAN (Tez Danışmanı)
Dr. Öğr. Üyesi Sakin Vural VARLI
Dr. Öğr. Üyesi Ümran ALAN

BALIKESİR, OCAK – 2026

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Zararlı Tür Olan *Halyomorpha halys* (Stal) Üzerinde Farklı Lektinlerin Bitkisel Biyopestisit Özelliğinin ve *Mentha piperita* L. Esansiyel Yağının Temas Toksisitesi ve Kovuculuk Etkisinin Araştırılması**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
 - Yararlandığım esarlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Özlem KARADUMAN

Bu tez çalışması Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı (TÜSEB) tarafından (38409) nolu proje ile ve Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (BAP) tarafından (2024/099) nolu proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

**ZARARLI TÜR OLAN *Halyomorpha halys* (STÅL) ÜZERİNDE FARKLI
LEKTİNLERİN BİTKİSEL BİYOPESTİSİT ÖZELLİĞİNİN VE *Mentha piperita* L.
ESANSİYEL YAĞININ TEMAS TOKSİSİTESİ VE KOVUCULUK ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÖZLEM KARADUMAN
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. SERAP DOĞAN)
BALIKESİR, OCAK - 2026**

Türkçe’de kahverengi kokarca olarak bilinen *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), son yıllarda küresel ölçekte hızla yayılan ve ciddi ekonomik kayıplara yol açan istilacı bir zararlıdır. Yüksek üreme kapasitesi, farklı gelişim evrelerinde bitkilere zarar verebilmesi ve iklim koşullarına dayanıklılığı, bu türün etkisini artırmaktadır. Fındık, elma, armut, şeftali, kayısı gibi meyvelerin yanı sıra sebze ve tahıl ürünlerinde de önemli zararlara neden olmaktadır. Günümüzde kimyasal ve biyoteknik mücadele yöntemleri kısa vadeli çözümler sunsa da pestisitlerin çevre ve hedef dışı organizmalar üzerindeki olumsuz etkileri sürdürülebilir alternatiflerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, lektinler ve uçucu yağlar gibi bitkisel bileşenler çevre dostu biyolojik mücadele ajanları olarak dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, *Ulex europaeus*, *Canavalia ensiformis*, *Wisteria floribunda*, *Phaseolus vulgaris*, *Triticum vulgaris* ve *Phytolacca americana* bitkilerinden elde edilen lektinlerin *H. halys* üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Lektinlerin böcek hemolenfide total oksidasyon seviyesini artırdığı ve sindirim enzimlerinin aktivitesini anlamlı biçimde düşürdüğü belirlenmiştir. Ayrıca, *Mentha piperita* L. uçucu yağının hem kovucu hem de temas toksisitesi açısından etkili olduğu saptanmıştır. Bulgular, bitkisel kaynaklı lektinlerin ve esansiyel yağların, kimyasal pestisitlere alternatif olarak tarımsal zararlılarla biyolojik mücadelede potansiyel taşıdığını göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Biyoaktivite testleri, enzimler, esansiyel yağ, *Halyomorpha halys*, lektin, *Mentha piperita* L., total oksidasyon

Bilim Kod / Kodları: 20610, 20606, 20603

Sayfa Sayısı: 56

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE PLANT-BASED BIOPESTICIDE PROPERTIES OF DIFFERENT LECTINS AND THE CONTACT TOXICITY AND REPELLENT EFFECTS OF *Mentha piperita* L. ESSENTIAL OIL ON THE PEST SPECIES

Halyomorpha halys (STÅL)

MSC THESIS

ÖZLEM KARADUMAN

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

MOLECULAR BIOLOGY AND GENETICS

(SUPERVISOR: PROF. DR. SERAP DOĞAN)

BALIKESİR, JANUARY - 2026

Known as the brown marmorated stink bug in Turkish, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) is an invasive pest species that has rapidly spread worldwide in recent years, causing significant economic losses. Its high reproductive capacity, ability to damage plants in different developmental stages, and tolerance to various climatic conditions increase its impact. In addition to fruits such as hazelnut, apple, pear, peach, and apricot, it also inflicts serious damage on vegetable and cereal crops. Although chemical and biotechnical control methods offer short-term solutions, the adverse environmental effects of pesticides and their harm to non-target organisms highlight the need for sustainable alternatives. In this context, plant-derived compounds such as lectins and essential oils have attracted attention as eco-friendly biological control agents. In this study, the effects of lectins extracted from *Ulex europaeus*, *Canavalia ensiformis*, *Wisteria floribunda*, *Phaseolus vulgaris*, *Triticum vulgare*, and *Phytolacca americana* on *H. halys* were evaluated. The lectins were found to increase total oxidation levels in insect hemolymph while significantly reducing the activity of digestive enzymes. Furthermore, the essential oil obtained from *Mentha piperita* L. exhibited both repellent and contact toxicity effects. The findings indicate that plant-based lectins and essential oils have strong potential as natural alternatives to chemical pesticides in the biological control of agricultural pests.

KEYWORDS: Bioactivity tests, enzymes, essential oil, *Halyomorpha halys*, lectin, *Mentha piperita* L., total oxidation

Science Code / Codes: 20610, 20606, 20603

Page Number: 56

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOLLER VE KISALTMA LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 İstilacı Türler ve <i>Halyomorpha halys</i>	1
1.2 <i>Halyomorpha halys</i> ile Mücadele Yöntemleri.....	6
1.3 Lektinler	8
1.4 Esansiyel Yağlar	10
2. LİTERATÜR ÖZETİ	12
3. GEREÇ VE YÖNTEM	15
3.1 <i>Halyomorpha halys</i> Böceklerinin Teşhisi ve Toplanması.....	15
3.2 <i>Halyomorpha halys</i> Böceklerinin Kültür Ortamlarının Hazırlanması ve Büyütülmesi	15
3.3 <i>In Vivo</i> Deneylerin Tasarımı.....	16
3.4 Hemolenf Sıvısının Elde Edilmesi	17
3.5 Hemolenf Örneklerinde Total Oksidan Seviyesi (TOS) Analizi	17
3.6 Bağırsak Diseksiyonu ve Ekstrakt Hazırlığı.....	17
3.7 Proteaz Aktivitesi	18
3.8 Tripsin Aktivitesi.....	18
3.9 Asit ve Alkalın Fosfataz Aktivitesi	18
3.10 Endoglukanaz Aktivitesi.....	18
3.11 Beta-Glukosidaz Aktivitesi.....	19
3.12 Alfa-Amilaz Aktivitesi	19
3.13 <i>Mentha piperita</i> L.'dan Uçucu Yağ Elde Edilmesi	19
3.14 Biyoaktivite Testleri	20
3.14.1 Temas Toksisitesi	20
3.14.2 İtıcilik (Repellent) Etki Testi.....	20
3.15 İstatistiksel Analiz	21
4. BULGULAR	22
4.1 Proteaz Enzim Aktivite Sonuçları	22
4.2 Tripsin Enzim Aktivite Sonuçları.....	22
4.3 Asit ve Alkalın Fosfataz Enzim Aktivite Sonuçları	22
4.4 Endoglukanaz Enzim Aktivite Sonuçları	23
4.5 Beta-Glukosidaz Enzim Aktivite Sonuçları	23
4.6 Alfa-Amilaz Enzim Aktivite Sonuçları	23
4.7 Total Oksidan Seviyesi (TOS) Test Sonuçları	24
4.8 Repellent (İtici) Etki Test Sonuçları.....	24
4.9 Temas Toksisitesi Test Sonuçları	24
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	26
5.1 Proteaz Enzim Aktivitesi	27
5.2 Tripsin Enzim Aktivitesi	28
5.3 Asit Fosfataz ve Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi.....	29

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5.4 Endoglukanaz Enzim Aktivitesi	31
5.5 Beta-Glukosidaz Enzim Aktivitesi	32
5.6 Alfa-Amilaz Enzim Aktivitesi.....	33
5.7 Total Oksidan Seviyesi (TOS) Testi.....	35
5.8 Repellent (İtici) Etki ve Temas Toksisitesi Testi	36
5.9 Öneriler.....	38
KAYNAKLAR.....	39
EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	56

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: <i>Halyomorpha halys</i> böceğinin morfolojisi.	3
Şekil 3.1: Fındık üzerinde <i>Halyomorpha halys</i> böceği.....	15
Şekil 3.2: Kültür ortamında <i>Halyomorpha halys</i> ergin bireyleri.	16
Şekil 3.3: <i>In vivo</i> deney tasarımı.	16
Şekil 3.4: Total oksidan seviyesi (TOS) deneyi.....	17
Şekil 3.5: Tamponlarda çözünmüş bağırsak ekstraktları.	18
Şekil 3.6: <i>Mentha piperita</i> L. bitkisi ve esansiyel yağı.....	20
Şekil 3.7: Repellent (itici) etki testi deney düzeneği	21
Şekil 5.1: Proteaz aktivite sonuçları.....	28
Şekil 5.2: Tripsin aktivite sonuçları.	29
Şekil 5.3: Alkalen fosfataz aktivite sonuçları.	30
Şekil 5.4: Asit fosfataz aktivite sonuçları.	31
Şekil 5.5: Endoglukanaz aktivite sonuçları.....	32
Şekil 5.6: Beta - glukosidaz aktivite sonuçları.....	33
Şekil 5.7: Alfa - amilaz aktivite sonuçları.....	34
Şekil 5.8: Total oksidan seviyesi (TOS) aktivite sonuçları.....	36
Şekil 5.9: Temas toksisitesi aktivite sonuçları.	37

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.1: Tüm deneylerin genel etki tablosu	25
Tablo 5.1: <i>Mentha piperita</i> L. esansiyel yağının repellent (itici) etkisi	36

SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AFM:	Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope)
BapNA:	Tripsin substratı (N α -Benzoyl-DL-arginine-p-nitroanilide)
BMSB:	Kahverengi Marmorlu Kokarca Böceği (Brown Marmorated Stink Bug)
CE:	Jack bean (<i>Canavalia ensiformis</i>)
DNA:	Deoksiribonükleik asit
DNS:	Dinitrosalisilik asit
Eq.:	Eşdeğer
Et al.:	ve ark. (Latince “ve diğerleri”)
G:	Gram
H₂O₂:	Hidrojen peroksit
H. halys:	<i>Halyomorpha halys</i>
HSP:	Isı şoku proteini (Heat Shock Protein)
L.:	<i>Linnaeus</i> (bitki türü belirten kısaltma)
Mg:	Miligram
mL:	Mililitre
Mm:	Milimetre
µg:	Mikrogram
µg/mL:	Mikrogram/mililitre
µL:	Mikrolitre
µmol:	Mikromol
nm:	Nanometre
pH:	Hidrojen iyonu derişimi ölçüsü
pNP:	p-nitrofenol
PA:	Şekerciboyası (<i>Phytolacca americana</i>)
PR:	Repellentlik yüzdesi
PV:	Barbunya (<i>Phaseolus vulgaris</i>)
Rel Assay:	Analiz kiti markası
ROS:	Reaktif oksijen türleri (Reactive Oxygen Species)
SE:	Standart hata (Standard error)
SEM:	Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope)
TOS:	Total Oksidan Seviyesi
TV:	Buğday (<i>Triticum vulgare</i>)
UE:	Dikenli katırtırnağı (<i>Ulex europaeus</i>)
WF:	Mor salkım (<i>Wisteria floribunda</i>)
°C:	Santigrat derece

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, zararlı tür olan *Halyomorpha halys* (Stål) üzerinde farklı lektinlerin bitkisel biyopestisit özelliği ile *Mentha piperita* L. esansiyel yağının temas toksisitesi ve kovuculuk etkisinin araştırılması amacıyla yürütülmüştür.

Çalışma sürecinde hem bilimsel hem de kişisel olarak bana yol gösteren, bilgi ve deneyimleriyle her aşamada desteğini hissettiren değerli danışmanım Prof. Dr. Serap DOĞAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecinde her zorlukta desteğiyle adeta can kurtaran bir rehber olan Dr. Öğr. Üyesi Begümhan YILMAZ KARDAŞ'a, ayrıca kıymetli katkılarıyla çalışmama değer katan Doç. Dr. Mehmet Emin DİKEN'e teşekkür ederim.

Bu süreçte daima yanımda olan, sabırları ve sevgileriyle en büyük gücüm olan aileme, süreç boyunca desteği ve anlayışıyla bana güç veren Yunus YAVAŞ'a, laboratuvar çalışmalarında birlikte emek verdiğimiz tüm arkadaşlarıma ve adını tek tek anamasam da katkısı bulunan herkese gönülden teşekkür ederim.

Bu çalışma, Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı (TÜSEB) ve Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (BAP) tarafından desteklenmiştir. Bu değerleri destekleri için tüm kurum ve paydaşlara içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Balıkesir, 2026

Özlem KARADUMAN

1. GİRİŞ

İstilacı türlerin ekosistemler, tarımsal üretim ve ekonomik sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri giderek artmakta olup, bu türler arasında *Halyomorpha halys* küresel ölçekte en hızlı yayılan zararlılardan biridir. Kimyasal mücadele yöntemlerinin çevresel riskleri ve sınırlı etkinliği, alternatif biyolojik ve bitkisel temelli çözümlere olan ilgiyi artırmıştır. Bu bağlamda, lektinler ve esansiyel yağlar gibi doğal bileşiklerin zararlı böcekler üzerindeki biyolojik etkilerinin araştırılması, sürdürülebilir mücadele stratejilerine önemli katkılar sunma potansiyeli taşımaktadır.

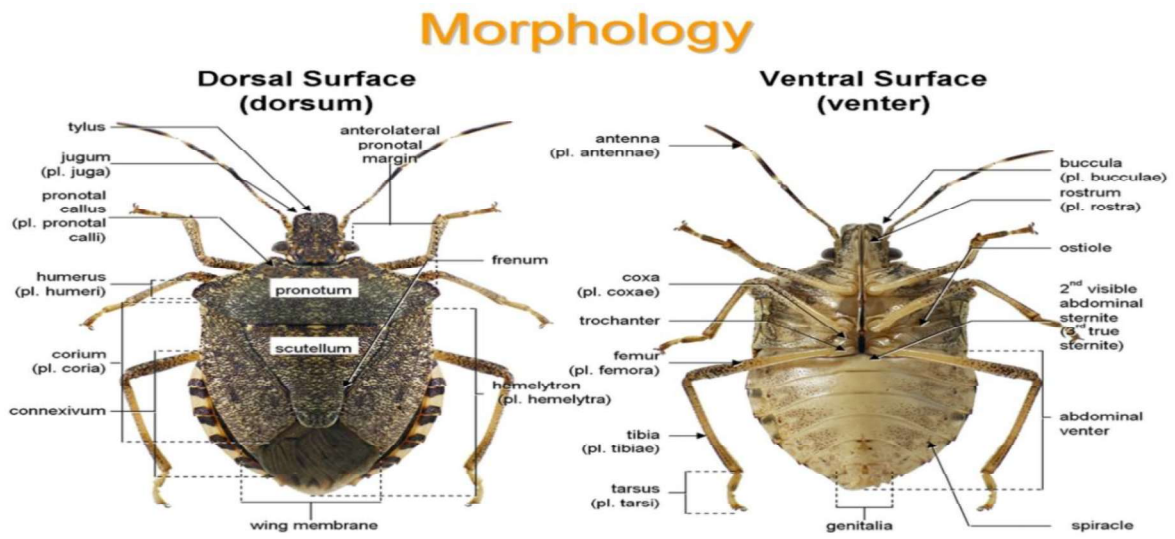
1.1 İstilacı Türler ve *Halyomorpha halys*

Yerli türlerin aksine, yabancı türler belirli bir bölgedeki biyocoğrafik sınırları aşarak yayılabilmelerini, doğrudan ya da dolaylı olarak insan faaliyetleriyle ilişkilendirilen bir varoluş biçimiyle gerçekleştirirler. Bu türlerin bazıları, buldukları çevrede kalıcı popülasyonlar oluşturacak şekilde düzenli olarak çoğalır; bunların bir kısmı ise kısa sürede buldukları alandan uzak mesafelere yayılabilir. Bu yayılım özelliği, istilacı tür kavramının temelini oluşturur (Pyšek ve ark., 2020). Dünya genelinden elde edilen çeşitli bilimsel bulguların meta-analizine dayanan bir araştırma, istilacı türlerin yerli tür çeşitliliği üzerindeki etkilerini incelemiş ve yalnızca tek bir istilacı türün varlığının, tür zenginliğinde %16,6 oranında bir azalmaya neden olabileceğini ortaya koymuştur (Tobin, 2018). Artan tarımsal faaliyet yoğunluğu, uluslararası tarım ürünleri ticareti, küreselleşme ve insan kaynaklı iklim değişikliği gibi faktörler, özellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde istilacı zararlı türlerin çoğalmasına zemin hazırlamaktadır. Bu bağlamda, yabancı istilacı böcek türleri, diğer hayvan gruplarına kıyasla daha fazla sayıda gerçekleşmekte ve en fazla yabancı böcek türü, Kuzey Amerika'da gözlemlenmektedir (Pyšek ve ark., 2020). Bu tür istilalar, dünya çapında sürdürülebilir kalkınma, toplumsal refah ve özellikle insan sağlığı, gıda güvenliği, temiz su kaynakları, dirençli ekosistemler ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından ciddi tehditler oluşturur (Venette ve Hutchison, 2021). Genel olarak bakıldığında, zararlı organizmaların (patojenler, hayvanlar ve yabancı otlar) neden olduğu doğrudan verim kayıpları, küresel tarım üretiminde %20 ila %40 arasında değişen oranlarda azalmaya yol açmaktadır. Bu kayıplar yalnızca ürün miktarını değil, aynı zamanda tüketiciler, kamu sağlığı, toplumlar, doğal çevre, ekonomik yapılar ve çiftçiler üzerindeki etkileriyle de daha geniş bir maliyet yelpazesi oluşturmaktadır (Savary ve ark., 2012). Özellikle zararlı böceklerin istilaları giderek artan bir tehdit olarak karşımıza

çıkılmaktadır. Bazı türler, yakın dönemde tropikal ve subtropikal yeni alanlara yayılmıştır (Nyamukondiwa ve ark., 2022). Ilıman ve subtropikal kuşak arasında yer alan Türkiye de bu istilalardan etkilenmektedir. Dünya genelinde, yaprakla beslenen böceklerin her yıl tarımsal üretime verdikleri zararın %5 ila %30 arasında olduğu tahmin edilmekte; böcek ilacı uygulanmadığında bu oranın %50'ye kadar çıkabileceği belirtilmektedir (Sperdoui ve ark., 2022). Ancak kimyasal mücadele yöntemleri, yalnızca istilacı türleri değil, aynı zamanda faydalı organizmaları ve ekosistem bileşenlerini de olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, mevcut araştırmalar istilacı böcek türlerinin zamanla kullanılan pestisitlere karşı direnç geliştirdiğini göstermektedir (Stratonovitch ve ark., 2014). Bu türler, toksik kimyasallara karşı çeşitli davranışsal, fizyolojik, genetik, biyokimyasal ve metabolik stratejiler kullanarak hayatta kalabilirler. Özellikle detoksifikasyon enzimlerinin sürekli yüksek düzeyde üretilmesi, pestisitlerin etkisiz hale getirilmesine ve dolayısıyla metabolik direnç oluşmasına yol açmaktadır (Siddiqui ve ark., 2023). Bu kimyasal direnç, istilacı türlerin kontrolünü giderek daha karmaşık hale getirmektedir.

Bu istilacı böcek türlerinden biri de *Halyomorpha halys* böceğidir. *H. halys*, yaklaşık 82.000 tanımlanmış tür içeren ve hemimetabol böceklerin en çeşitli takımını oluşturan Hemiptera böcek takımı ailesinin bir üyesidir. Tüm hemipteran böcekler delici-emici bir ağız yapısı anatomisine sahiptir. Hemiptera içerisinde beş klad tanımlanır: Sternorrhyncha (pullu böcekler, yaprak bitleri, beyaz sinekler ve psillidler), Fulgoromorpha (bitki zararlıları), Cicadomorpha (yaprak zararlıları, tükürük böcekleri ve ağustos böcekleri), Coleorrhyncha (yosun böcekleri) ve Heteroptera (gerçek böcekler). "Gerçek böcek" olarak *H. halys*, Heteroptera alt takımına ve tüm kokuşmuş böcekleri (kalkan böceklerini) kapsayan Pentatomidae ailesine aittir (Sparks ve ark., 2020). Morfolojik olarak yetişkinleri, uzunluk bakımından 12-17 mm.; humeral açılar boyunca genişlik bakımından ise 7-10 mm arasındadır. Renk ve büyüklük bakımından değişkendirler. Genellikle kahverengimsi cinereous (bakırmısi kahverengi) olmakla birlikte, grimsi ochraceous (toprak sarısı), ochraceous (toprak sarısı), testaceous (kırmızımsı kahverengi) veya castaneous (kestane rengi) renkli, yoğun ve koyu benekli dirler. Baş önde genişçe yuvarlak, yüzeyi yoğun siyah noktalı, yan kenarlar dar refleksi ve hafif sinuat (kırımlı), tylus (başının üst ön tarafında yer alan çıkıntı) ve juga (tylusun iki yanında bulunan kabarıklıklar) neredeyse eşit uzunlukta (tylus belki biraz daha uzun); göz büyük, sapsız; rostrum (emici ağız yapısı) ikinci abdominal segmente ulaşır. Baş, pronotumun (birinci göğüs segmentinin sırt kısmı) ön ve yan kısımları az çok yoğun siyah, kaba noktalıdır;

scutellumun (ikinci göğüs segmentinin sırt kısmı, üçgen şeklinde bir yapı) bazal açıları soluk sarımsı veya sarıdır, noktalı değildir. Hemelytra (ön kanatları) kahverengi benekli, yoğun noktalı, koryumun (ön kanadın sert bölümü) tepesi hafif kırmızımsı renkte, apikal zar sarımsı şeffaf, damarlar koyu kahverengi ile belirgindir. Vücudun alt kısmı ve bacaklar genellikle soluk sarıdır; başın yan kısımları, prosternum (birinci göğüs segmentinin alt bölgesi) ve karın sternumu az çok yoğun beneklerle kaplıdır; benekler siyah ila biraz metalik yeşil renktedir. Bacaklar soluk kırmızımsı sarıdır; seyrek tüylüdür, femurların (böcek bacağına üçüncü segmenti) distal yarısı ve tibiaların (böcek bacağına dördüncü segmenti) çoğu yoğun siyah beneklerle kaplıdır (Hoebeke E. Richard ve Carter Maureen E., 2003).



Şekil 1.1: *Halyomorpha halys* böceğinin morfolojisi (Paiero ve ark., 2013)

Son yıllarda ülkemizin Karadeniz bölgesinde de tarımsal zararlarıyla dikkat çeken kahverengi marmorlu kokarca böceği (BMSB), kökeni Çin, Japonya, Kore ve Tayvan olan istilacı bir türdür. Bu zararlı, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Avrupa’da da hem tarımsal üretim hem de yaşam kalitesi açısından ciddi sorunlara yol açan önemli bir tehdit haline gelmiştir (Fisher ve ark., 2021). Kokarca böceğinin yeni coğrafyalara hızlı bir şekilde yayılmasında, insan kaynaklı faaliyetler ve ticari mal taşımacılığı başlıca rol oynamaktadır (Baek ve ark., 2017).

Oldukça geniş bir konakçı bitki listesine sahip olan bu böcek, meyve ve sebze türleri başta olmak üzere, tarımsal öneme sahip 170’in üzerinde bitki türüyle beslenebilir. Polifag (çok konakçılı) yapısının yanı sıra hem uçarak hem de yürüyerek uzun mesafeler kat edebilme yeteneğine sahiptir. Olgunlaşma dönemi boyunca tarım ürünleri ile yabancı bitkiler arasında

yoğun şekilde hareket eder (Leskey ve Nielsen, 2018). Kokarcanın zararı, nimf ve ergin bireylerin çiçek tomurcuğu, meyve veya sap gibi bitki kısımlarını emmesi ve bu sırada sindirim enzimlerini enjekte ederek bitki özsuğunu tüketmesiyle gerçekleşir (Haye ve ark., 2014). Fitofag özellikteki koku böcekleri, bitkilere zarar verirken, iğne benzeri ağız yapılarını bitkinin yaprak, gövde, çiçek, meyve veya tohum kısımlarına sokarlar. Bu süreçte, “delme ve temizleme” olarak adlandırılan bir beslenme mekanizması kullanılır: delici ağız yapısı (stilet) bitkiye tekrar tekrar batırılarak hücreler parçalanır, sıvılaştırılan hücre içerikleri ise tükürük yardımıyla emici ağız kısmına aktarılır. Bazı durumlarda, minimum düzeyde fiziksel hasar oluştursa da damar dokularıyla da beslenebilirler. Ayrıca, beslenme sırasında salgıladıkları toksik tükürük, bitki dokularında ciddi renk bozulmalarına, doku tahribatına ya da meyve dökülmesine yol açabilir (Tassini ve Mifsud, 2019).

Tarımsal zararın dışında, bu böceğin önemli sorunlarından biri de sonbaharda kışı geçirmek amacıyla insanların yaşam alanlarına ve binalarına topluca girmesidir (Wiman ve ark, 2015). Erişkin bireylerin, evlerde, işyerlerinde ve doğada çürüyen bitki örtüsü altında kışı geçirdiği bilinmektedir. Kışlama alanlarının karanlık olması, bu böceğin tercihleri açısından önemlidir (Bohinc ve ark., 2024).

Toplu halde yaşama eğiliminde olan otçul türlerin kışlayan popülasyonları, çoğunlukla yalnızca ölmüş türdeşlerinin kalıntıları dışında sınırlı ya da hiç besin kaynağına sahip değildir. Bazı türlerde, kışlayan bireyler arasında türdaşlarının leşiyle beslenme (nekrofaji) gözlemlenmiş olsa da *Halyomorpha halys*'te bu davranışa rastlanmamaktadır. Hatta, yeni ölmüş bireylerin varlığı, diğer bireylerin bölgeden uzaklaşmasına neden olabilir. Ancak bu türe özgü olarak kanibalist davranışlar belgelenmiştir. *H. halys*'in, özellikle kendi türüne ait yumurtalara karşı yamyamlık eğilimleri gösterdiği bilinmektedir. Diyapoz dönemine giren bireylerin, azalan metabolik rezervleri ve kuruma gibi hayati risklerle karşı karşıya kalmaları, onların uzun süre yaşamlarını sürdürebilmeleri için ciddi fizyolojik ihtiyaçlar duymalarına neden olur. Bu koşullar altında, besin ve su gereksinimlerinin, tür içi bireylerin tüketilmesi yoluyla karşılandığı düşünülmektedir (Papa ve Negri, 2020). Laboratuvar ortamında yapılan deneylerde, *H. halys* bireylerinin kontrollü üretimi sırasında, nimflerin yumurtalarla beslendiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, erişkin bireyler daha geniş kafeslere yerleştirildiğinde, bu ortamda birçok erişkin bireyin birbirleriyle beslendiği rapor edilmiştir (Medal ve ark., 2012).

Hava sıcaklıklarının yükselmesi ve gün ışığı süresinin uzamasıyla birlikte, kahverengi marmorlu kokarca böceği (*Halyomorpha halys*) erişkin bireyleri, kışlamaya girdikleri evlerden ve insan yaşam alanlarından mart ortasından itibaren çıkış yapar; bu süreç nisan ayına kadar devam eder. Bu dönemde dişilerin üreme açısından henüz olgunlaşmamış olduğu düşünülmektedir (Nielsen ve Hamilton, 2009). Dişiler, gelişmemiş yumurtalıklarla ortaya çıkarlar ve çiftleşmeden önce mutlaka beslenmeleri gerekmektedir. Çiftleştikten sonra dişiler, çoğunlukla yaprakların alt yüzeylerine yaklaşık 28 yumurtadan oluşan açık yeşil renkli yumurta kümeleri bırakırlar (Leskey, Hamilton, ve ark., 2012). Yumurtadan yeni çıkan birinci evre nimfler, bir süre yumurtaların etrafında kalır; dışarı çıkmadan önce yumurta kabuklarıyla beslenir ve daha sonra konukçu bitkilere yönelirler. Geri kalan tüm nimf evreleri ve yetişkinler aktif olarak konukçu bitkilerle beslenmeye devam eder (Pajač Beus ve ark., 2024).

Laboratuvar ortamında yapılan deneylerde, 25 ± 1 °C sıcaklık, 70 ± 5 % bağıl nem ve 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık fotoperiyot koşullarında, yumurtaların ortalama gelişme süresi $6,90\pm 0,05$ gün olarak belirlenmiştir. Nimf evrelerinin tamamlanması ise yaklaşık $38,08\pm 2,49$ gün sürmektedir. İlk nimf evresi ortalama $5,41\pm 0,17$ gün, ikinci evre $9,17\pm 0,15$ gün, üçüncü evre $6,73\pm 0,16$ gün, dördüncü evre $7,46\pm 0,49$ gün ve beşinci evre $9,28\pm 0,32$ gün sürer. Birinci instar nimfler genellikle sarımsı, kahverengi ya da turuncu renkte olup ortalama vücut uzunlukları $1,93\pm 0,03$ mm, genişlikleri ise $1,43\pm 0,02$ mm'dir. İkinci ila beşinci instar evrelerindeki nimfler çoğunlukla siyah renktedir. İkinci evrede göğüs kısmında sarı benekler bulunmaz ve baldır kısımları (tibia) beyaz beneksizdir; ortalama vücut uzunluğu $2,52\pm 0,05$ mm, genişliği $1,73\pm 0,03$ mm'dir. Üçüncü evrede göğüs kısmında sarı benekler görülür ve tibialar beyaz halkalıdır; uzunluk ve genişlik sırasıyla $4,29\pm 0,05$ mm ve $2,93\pm 0,06$ mm'dir. Dördüncü evrede, kanat tomurcukları arka toraks kenarına kadar uzanır ve tibialar yine beyaz halkalıdır; uzunluk $6,46\pm 0,10$ mm, genişlik $4,46\pm 0,08$ mm'dir. Beşinci evrede ise belirgin şekilde gelişmiş kanat tomurcukları 2. ventral segmentin arka sınırına kadar uzanır ve tibialar beyaz halkalıdır; bu evredeki bireylerin ortalama vücut uzunluğu $9,25\pm 0,19$ mm, genişliği ise $6,18\pm 0,16$ mm'dir (Zhan ve ark., 2020). Nimfler, genellikle oval yapıda olup keneye benzer görünüme sahiptir. Renkleri sarımsı kahverengi ve kırmızı-siyah benekli olabilir. Son evre nimfler, yetişkinlere benzer şekilde daha koyu renktedir ve anten ile bacaklarında beyaz halkalar bulunur (Medal ve ark., 2013). Yetişkin bireyler son nimf evresinden sonra ortaya çıkar ve

laboratuvar koşullarında ortalama $17,53 \pm 9,34$ gün, en fazla ise 44 gün kadar yaşamlarını sürdürebilirler (Hristozova ve Harizanova, 2022).

Doğal ortamlarda ise yetişkin bireylerin sayısı yaz ortasında ve sonbahar sonunda artış gösterir; bu da bazı bölgelerde yılda iki neslin gelişebileceğine işaret eder (Kim ve Kim, 2022). *H. halys*'in yaşam döngüsü, gelişim süresi ve yıllık nesil sayısı gibi özellikler, çevresel faktörlerden özellikle sıcaklık ve nemden doğrudan etkilenmektedir (Hess ve ark., 2022). Bu türün farklı iklim koşullarına ve konukçu bitkilere uyum sağlama kapasitesi, yeni bölgelere hızla yayılmasını ve yerleşmesini kolaylaştırmaktadır (Sparks ve ark., 2014). Böceğin fenolojisi, esas olarak sıcaklık ve fotoperiyotla ilişkilidir. Son araştırmalar, *H. halys*'in gelişim süreci, hayatta kalma oranı, yıllık nesil sayısı (voltinizm), popülasyon yoğunluğu ve kışlama davranışının; enlem gibi coğrafi etmenlere göre değişebilen sıcaklık ve gün uzunluğu tarafından belirlendiğini göstermektedir. Türün doğal yaşam alanları olan Kuzey Çin, Japonya ve Kore'de *H. halys* genellikle yılda bir ya da iki nesil geliştirir. ABD'nin kuzey eyaletlerinde (örneğin New Jersey ve New York) yalnızca bir nesil görülürken, güney eyaletlerinde (Batı Virginia, Virginia, Kuzey Carolina ve Kaliforniya) yılda iki nesil gelişebilir. Avrupa'da ise İsviçre'nin kuzeyinde tek nesil görülürken, kuzey İtalya ile batı Gürcistan gibi subtropikal bölgelerde iki nesil oluşabilmektedir (Rot ve ark., 2022).

1.2 *Halyomorpha halys* ile Mücadele Yöntemleri

Bu türle mücadele kapsamında şimdiye dek pek çok yöntem denenmiş olmasına rağmen, henüz kalıcı ve sürdürülebilir bir çözüm geliştirilememiştir. Biyolojik mücadele çerçevesinde, yumurta parazitoidleri, yerel parazitik böcekler ve entomopatojenik mantarlardan yararlanılmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda, yumurta parazitoidi olarak kullanılan *Trissolcus japonicus* ve *Trissolcus mitsukurii* türleri oligofag yapılıdır; yani yalnızca *Halyomorpha halys*'i değil, zaman zaman farklı konakçı türleri de hedef alabilmektedir (Sabbatini-Peverieri et al., 2020). Yerel parazitik türler arasında *Pediobius cassidae* ve *Anastatus bifasciatus* yer almakta, ancak bu türlerin yumurta üzerindeki parazitlenme oranları genel olarak düşüktür ve genellikle %5 ila %10 arasında değişmektedir (Agasyeva ve ark., 2024).

Diğer bir biyolojik mücadele ajanı olarak entomopatojenik mantar *Beauveria bassiana* test edilmiş, fakat farklı çevre koşullarında *H. halys* üzerinde etkili bir kontrol sağlamada

yetersiz kalmıştır. Alternatif yöntemlerden biri olarak mekanik dışlama uygulamaları gerçekleştirilmiş; bu kapsamda çeşitli ağ gözenek boyutlarına sahip malzemeler kullanılmıştır. Küçük ağ açıklıkları, bitkileri kahverengi kokarca böceğinin zararından korumada etkili olsa da bu yöntem faydalı böceklerin erişimini de engelleyerek istenmeyen bir etki yaratmıştır (Dobson, 2015).

Entegre zararlı yönetimi kapsamında tuzak temelli yaklaşımlar da değerlendirilmiş, özellikle *Halyomorpha halys*'in ergin ve nimf evrelerinde iki bileşenli agregasyon feromonu kullanılarak yapılan tuzak uygulamalarının, böceklerin tuzaklara çekilmesini önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir (Leskey ve ark., 2015; Rice ve ark., 2018). Ancak bu yöntemler yüksek düzeyde iş gücü gerektirmesi nedeniyle pratikte uygulanabilirliğini kaybetmiştir. Ayrıca, zararlının yoğun olarak görüldüğü dönemlerde bu stratejiler yetersiz kalmakta; sık ve ek kimyasal uygulamalar gerektiren yöntemlerin iş yükünü artırması ve tutarlı bir başarı sağlamadaki zorlukları, entegre zararlı yönetimi yaklaşımının sürdürülebilirliğini sınırlamaktadır (Leskey ve ark., 2020). Bu konuda, *Halyomorpha halys*'in kontrolü için değerlendirilen agregasyon feromonlu mini yelkenli (MSB) tuzakların etkisi incelenmiş ve tuzakların, toplam meyve zararını azaltmaktan ziyade hasarın mekânsal dağılımını değiştirdiği görülmüştür. Elma bahçesi sınırlarına yerleştirilen tuzaklar, ilk 45 metre içinde meyve hasarını artırmış; ancak bu mesafenin ötesinde hasar oranları azalmıştır. Tuzaklı alanlarda zararın yarısının 26 metre içinde yoğunlaşması, kontrol alanlarına kıyasla (85 m) zararlının sınır şeridinde çekildiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, MSB tuzaklarının tek başına etkili bir kontrol sağlamadığını, ancak zararlıyı belirli bir alanda toplayarak sınır odaklı entegre mücadele uygulamalarını destekleyebileceğini ortaya koymaktadır (Carnio ve ark., 2024). Artvin'de 2021 yılında yürütülen başka bir çalışmada Pherocon® Trece feromonunun funnel, bidon ve yapışkan olmak üzere üç tuzak tipiyle fındık, kivi ve mısır alanlarındaki *Halyomorpha halys* yakalama performansı değerlendirilmiş ve feromon kaynağının kontrol tuzaklara göre oldukça yüksek etkinlik gösterdiği, en fazla yakalamanın ise funnel tip tuzaklarda gerçekleştiği bildirilmiştir. Ancak çalışma yalnızca yakalama verilerine odaklanmış; tuzak kullanımının mahsul verimine etkisi, tuzak materyallerinin bitki sağlığı üzerindeki sonuçları ve feromonla çekilen böcek yoğunluğunun ürünlere yansımaları gibi üretim açısından kritik unsurlar değerlendirilmemiştir. Bu nedenle feromon tuzaklarının biyoteknik olarak etkili olduğu görülse de sahadaki gerçek mahsul etkileri konusunda kesin bir çıkarım yapmak mümkün değildir (Altanlar ve Tuncer, 2023).

1.3 Lektinler

İstilacı türlerle mücadele kapsamında yürütülen bazı araştırmalarda, lektin adı verilen proteinlerden yararlanılmıştır. Lektinler, belirli karbondhidrat moleküllerine geri dönüşümlü ve katalitik olmayan bir şekilde bağlanabilen proteinler olarak tanımlanır. Peumans ve Van Damme'nin yaptığı tanımda ise lektinler, ister mono- ister oligosakkarit yapıda olsun, özel karbondhidratlara bağlanma yeteneğine sahip, katalitik aktivitesi olmayan en az bir bölge içeren proteinler olarak daha geniş kapsamlı biçimde ele alınmıştır (De Hoff ve ark., 2009). Bu protein-karbondhidrat etkileşimleri, bitkilerde hastalıklara karşı direnç oluşumu, simbiyotik ilişkiler ve kendine uyumsuzluk gibi pek çok biyolojik süreçte rol oynar. Bitki lektinleri, karbondhidrat tanıma bölgelerinin yapısal benzerliklerine göre 12 farklı alt aileye ayrılmaktadır. Bu alt aileler şunlardır: *Agaricus bisporus* aglutinin ailesi, amarantinler, sınıf V kitinaz homologları (CRA), siyanovirin ailesi, *Euonymus europaeus* lektini (EUL) ailesi, *Galanthus nivalis* aglutinin (GNA) ailesi, hevein ailesi, jacalin ile ilişkili lektinler (JRL), baklagil lektin ailesi, lizin motifi içeren (LysM) aile, *Nicotiana tabacum* aglutinin (Nictaba) ailesi ve risin B lektin ailesi. Bu aileler içinde yer alan lektin proteinleri, evrimsel olarak benzerlik gösterir ve tanıdıkları karbondhidrat yapısı, amino asit dizilimleri ile bağlanma bölgesinin üç boyutlu yapısına göre tanımlanır. Ancak aynı aileye ait olmalarına rağmen, bu proteinler farklı karbondhidratları tanıyabilir. Bu bağlanma bölgelerinde gözlenen çeşitlilik, homolog lektin proteinlerinin biyolojik rollerinin önceden tahmin edilmesini güçleştirmektedir (Van Holle ve ark., 2017).

Başlangıçta “lektin” terimi, belirli karbondhidratları tanıyıp insan kan grubu eritrositlerini seçici biçimde aglütine edebilen bazı proteinleri tanımlamak için kullanılmıştır. Bu adlandırma, Latince'de “seçmek” anlamına gelen *legere* fiilinden türetilmiştir. Bu nedenle, bazı durumlarda “lektin” yerine “aglutinin” teriminin tercih edilmesi daha anlamlı olabilir; çünkü aglutinin, hücreleri veya glikokonjugatları aglütinasyon yoluyla bir araya getirme özelliğine sahip karbondhidrat bağlayıcı proteinleri tanımlar.

Yapısal özelliklerine göre lektinler üç ana grupta incelenir: **merolektinler**, **hololektinler** ve **kimerolektinler**. *Merolektinler*, tek bir karbondhidrat bağlayıcı bölgeye sahip küçük proteinlerdir. Monovalent oldukları için glikokonjugatları çökeltemez veya hücreleri aglütine edemezler. Örnek olarak *hevein* ve bazı orkide türlerine ait mannoz bağlayıcı monomerik proteinler gösterilebilir.

Hololektinler, aynı veya birbirine çok benzeyen birden fazla karbonhidrat bağlayıcı alan içerirler. Bu çoklu bağlanma bölgeleri sayesinde hem glikokonjugatlarla güçlü etkileşim kurabilir hem de hücreleri aglütine edebilirler. Bitkisel lektinlerin büyük çoğunluğu bu sınıfta yer alır.

Kimerolektinler ise karbonhidrat bağlama yetisine sahip bir bölge ile bu işlevden bağımsız farklı bir biyolojik aktivite gösteren bir katalitik bölgenin birleşiminden oluşan füzyon proteinleridir. Sahip oldukları bağlanma bölgesi sayısına göre merolektin veya hololektin özellikleri gösterebilirler. Örneğin, iki karbonhidrat bağlanma bölgesi bulunan tip 2 ribozomal inaktivasyon proteinlerinden *risin*, aglütinasyon yapabilirken, yalnızca bir kitin bağlanma alanı olan sınıf I bitki kitinazları bu özelliği gösteremez (Peumans ve Van Damme, 1995).

Lektin ailesi, biyolojik işlev çeşitliliği açısından oldukça geniştir. Örneğin, doğuştan gelen bağışıklık sisteminde görevli olan kolektinler ve fikolinler, plazma ve mukozal yüzeylerde yer alarak patojenlerin yüzeylerindeki moleküler kalıpları tanır ve bağışıklık yanıtını başlatır (Holmskov ve ark., 2003). Lektinler ayrıca, spesifik şeker yapılarıyla etkileşerek hücre yüzeyindeki glikozilasyon paternlerinin incelenmesinde yaygın olarak kullanılır. Bu özellikleri sayesinde kanser hücrelerinin metastatik potansiyellerinin araştırılmasında ve hücre tiplerinin tanımlanmasında önemli rol oynarlar. Ayrıca, bazı canlılarda embriyolojik gelişim süreçlerinin izlenmesinde karbonhidrat analizi için de kullanılmışlardır (Venable ve ark., 2005).

Bitki lektinleri, belirli kan gruplarının eritrositlerini seçici olarak ayırt etme yeteneğine de sahiptirler. Bu da onların teşhis amaçlı kullanım potansiyelini artırmaktadır (Sharon ve Lis H., 2004). Bununla birlikte bitkilerdeki lektinler, yalnızca tanı aracı değil, aynı zamanda savunma sistemi bileşenidir. Biyotik (patojenler) ve abiyotik (kuraklık, sıcaklık, tuz stresi vb.) stres etmenlerine karşı direnç oluştururlar. Sinyal iletim yollarında görev alarak stres tepkilerini düzenleyebilir, savunma genlerinin ekspresyonunu modüle edebilirler. Ayrıca, stres koşullarında oluşan hatalı katlanmış proteinlerin uzaklaştırılması, DNA hasarının onarımı ve kromatin yapısının düzenlenmesi gibi hücresel adaptasyon süreçlerinde de rol oynarlar (Osman ve ark., 2023).

Pek çok bitki lektini, böcekler karşı yüksek düzeyde biyolojik aktivite sergileyerek potansiyel bir biyoinsektisit olarak dikkat çekmektedir. Her ne kadar birçok lektin yalnızca böcek gelişimini ya da popülasyon artış hızını sınırlı düzeyde etkileyebilse de bazı türler güçlü öldürücü etkilere sahiptir. Böcekler tarafından ağız yoluyla alınan lektinler genellikle sindirim sisteminin spesifik bölgelerine bağlanmaktadır (Michiels ve ark., 2010). Bu sistemin merkezinde yer alan orta bağırsak, sindirimin yanı sıra osmotik dengenin sağlanması (ozmoregülasyon) ve bağışıklık yanıtlarının yürütülmesi gibi temel görevleri üstlenir. Böceklerin orta bağırsağında yer alan çeşitli koruyucu yapılar, lektinler ve bitkisel kökenli proteaz inhibitörleri (PI'lar) gibi biyoaktif bileşiklerin etkilerine karşı savunma oluşturursa da bu bileşikler zaman zaman bağırsak yapısını ve işlevini bozabilmektedir. Lektinlerin orta bağırsak üzerindeki zararlı etkileri arasında; peritrofik matriksin, fırça kenar zar yapısının ve salgı hücrelerinin bütünlüğünün bozulması; hücre ölümünü (apoptoz) tetikleme, oksidatif stresin indüklenmesi, besin maddelerinin emiliminin engellenmesi ve simbiyotik mikroorganizmalar üzerinde olumsuz etkiler yer almaktadır. Ayrıca bazı lektinler bağırsak bariyerini geçerek dolaşım sıvısı olan hemolenfe ulaşabilir, bu da sistemik toksisiteye yol açabilir (Napoleão ve ark., 2019).

1.4 Esansiyel Yağlar

İstilacı böcek türleriyle mücadelede araştırılan bir diğer doğal çözüm alanı ise uçucu yağlardır (esansiyel yağlar). Bu yağlar; çiçek, yaprak, kabuk, kök, meyve, tohum gibi bitkisel yapıların farklı bölümlerinden elde edilen ikincil metabolitlerdir. Uçucu yağlar geleneksel olarak kozmetik, gıda, parfümeri ve halk sağlığı alanlarında kullanılmakla birlikte, biyopestisit olarak da dikkat çekmektedir (Panda ve ark., 2022). Genellikle renksiz ve sıvı formda bulunan bu yağlar suda çözünmez, ancak alkol, eter ve sabit yağlarda çözünürler. Uçucu yağların kimyasal bileşimi ve içerdiği biyoaktif moleküller sayesinde; antimikrobiyal, antifungal, antiviral, antioksidan ve böcek öldürücü özellikler gösterdiği çok sayıda çalışmada rapor edilmiştir (Nath ve ark., 2024). Böcekler üzerinde gösterdikleri etkiler sadece öldürücü (letal) olmakla kalmaz; aynı zamanda davranışsal ve fizyolojik değişiklikleri de tetikler. Bu yağlara maruz kalan böceklerde, hayatta kalmayı ve üremeyi etkileyen stres tepkileri meydana gelir. Örneğin; ısı şoku proteinlerinin (HSP'ler) ve antioksidan enzimlerin üretimi artabilir. Bu tepkiler, oksidatif stresin tetiklediği reaktif oksijen türlerinin (ROS) hücresel yapıya zarar vermesi ile ilişkilidir (Farahani ve Bandani, 2023).

Ayrıca, uçucu yağların böceklerin biyokimyasal profili üzerinde de etkili olduğu saptanmıştır. Protein, yağ ve şeker seviyelerinde meydana gelen değişiklikler, bireylerin genel sağlığı ve hayatta kalma oranları üzerinde belirleyici olabilir (Pimenta ve ark., 2025). Bunun yanında uçucu yağların, böcekleri konakçı bitkilerden uzak tutma kapasitesiyle itici (repellent) etki gösterdiği de bilinmektedir. Bu etki, belirli uçucu bileşiklerin böceklerin konakçıya yaklaşmasını ya da beslenmesini engelleme yeteneğine dayanmaktadır. Kovucu ve öldürücü etkilere sahip yüksek oranda aktif moleküller içeren bitki özleri, sürdürülebilir ve çevre dostu pestisit alternatifleri sunma potansiyeline sahiptir (Etienne ve ark., 2020).

Çeşitli esansiyel yağlar, birçok böcek türü üzerinde repellent, toksik ve büyümeyi baskılayıcı etkiler göstermiştir. Bu doğal ürünlerin özellikle fitofag (bitkiyle beslenen) böcekler, sinek türleri ve ev içi zararlılar gibi çeşitli hedef organizmaların kontrolünde etkili olabileceği bildirilmektedir (Yadav ve ark., 2025).

Bu tez çalışması, farklı bitkilerden elde edilen lektinlerin *Halyomorpha halys* (Stal) (Hemiptera: Pentatomidae) böcekleri üzerindeki biyolojik etkilerini kapsamlı biçimde incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, fındık ağaçlarından toplanan ve uzmanlarca teşhis edilen *H. halys* bireyelerine, dikenli katırtırnağı (*Ulex europaeus*), Jack bean (*Canavalia ensiformis*), mor salkım (*Wisteria floribunda*), barbunya (*Phaseolus vulgaris*), buğday (*Triticum vulgare*) ve şekerböyüsü (*Phytolacca americana*) bitkilerinden izole edilen lektinler uygulanmıştır. Negatif ve pozitif kontrollerle karşılaştırmalı olarak gerçekleştirilen deneylerde, böceklerden alınan hemolenf örneklerinde total oksidan düzeyleri ölçülmüş ve bağırsak enzimleri üzerindeki etkiler detaylı biçimde değerlendirilmiştir. Ayrıca, *Mentha piperita* L. uçucu yağının temas toksisitesi ve kovucu etkisi de araştırılmıştır. Elde edilen bulguların, bitkisel kökenli lektinler ve *Mentha piperita* L.'den elde edilen uçucu yağların çevreye duyarlı, biyolojik olarak parçalanabilir ve sürdürülebilir biyopestisitler olarak kullanılabilme potansiyelini ortaya koyması beklenmektedir. Bu yaklaşım, sadece *H. halys* gibi istilacı zararlılarla mücadelede etkin bir çözüm sunmakla kalmayıp, aynı zamanda tarımsal üretimde verim kayıplarını azaltma ve ekosistem sağlığını koruma açısından da önemli bir katkı sağlayacak, çevre dostu stratejilerin geliştirilmesine ışık tutmaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Yapılan literatür taramasında planlanan araştırma kapsamında çalışılacak dikenli katırtırnağı (*Ulex europaeus*), Jack bean (*Canavalia ensiformis*), mor salkım (*Wisteria floribunda*), barbunya (*Phaseolus vulgaris*), buğday (*Triticum vulgaris*) ve şekeriboyası (*Phytolacca americana*) bitkilerinden izole edilmiş bitki lektinlerinin *Halyomorpha halys* (Stal) (Hemiptera: Pentatomidae) üzerindeki etkileriyle ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Aynı zamanda *Mentha piperita* L. ile yapılan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu ve bu konu ile ilgili herhangi bir çalışmanın olmadığı görülmüştür. Yurt içinde ve yurt dışında lektinlerin farklı böcek türlerinde aktiviteleri ve *H. halys* mücadele kapsamında yapılan çalışmalar incelenmiştir. Czapla ve Lang, 26 bitki lektininin anti-böcek aktivitelerini incelemek için *Ostrinia nubilalis* ve *Diabrotica undecimpunctata* howardi larvaları üzerinde denemeler yapmışlar, bu lektinlerden *Triticum vulgaris*, *Bauhinia purpurea* gibi lektinlerinin larva öldürücü ve gelişimi engelleyici özelliğini açıklamışlardır. Birkaç lektinin böcekte %50 ağırlık kaybına sebep olduğunu, *Phytolacca americana* ve *Ricinus communis* gibi lektinlerin böcek larvaları için toksik özellik gösterdiğini rapor etmişlerdir (Czapla ve Lang, 1990a). Ho ve arkadaşları, *Syzygium aromaticum* (karanfil) tomurcuklarının metanol ve heksan ile hazırlanmış ekstraktlarının *Tribolium castaneum* ve *Sitophilus zeamais* erginlerinde etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Heksan özütleri, *S. zeamais* üzerinde %90'lık ölümle sonuçlanırken *T. castaneum*'da bir etki gözlenmemiştir. 7 ve 21 günlük beslenme deneyinin ardından heksan çözücüsünde hazırlanan ekstraktların *S. zeamais* için daha yüksek oranda ölümlere neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Her iki ekstraktın iki böcek türünde de üremede etkili bir yavaşlamaya sebep olduğu bildirilmiştir (Ho ve ark., 1994). Rahbe ve arkadaşları, 30 lektinin bezelye yaprak biti olan *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Homoptera, Aphididae: Macrosiphini)'a karşı etkilerini gözlemişlerdir. Çalışmasında bir kısım lektinin büyümeyi az olarak etkilediğini, bazılarının konsantrasyonlara bağlı olarak etkisiz kaldığını ortaya koymuşlardır. Ancak en yüksek doz olarak belirttiği 250 g/ml' de ölümlerin olduğunu ve büyüme geriliğini de sağladığını raporlamışlardır (Rahbé ve ark., 1995). Macedo ve arkadaşları, *Talisia esculenta* lektin (TEL)'in *Callosobruchus maculatus* ve *Zabrotes subfasciatus* larvalarına karşı antiböcek aktivitesini test etmiş ve böceklerin yapay diyetine TEL ilave edildiğinde bu böceklerde %90 oranında ölüm olduğunu gözlemlemişlerdir. Araştırma sonucunda Tel'in *C. maculatus*'un gelişiminde önemli bir inhibitör etkisi olduğunu ve *Z. subfasciatus* için de paralel etkiler gösteren ilk bitkisel lektin olduğunu

bildirmişlerdir (Macedo ve ark., 2002). Pavela, *Origanum majorana*, *Ocimum basilicum*, *Cnicus benedictus*, *Marrubium vulgare*, *Hyssopus officinalis*, *Salvia splendens*, *Salvia officinalis* ve *Melissa officinalis* bitkilerinin metanol özlerini *Spodoptera littoralis* larvalarında insektisidal aktiviteyi ölçmek için deneyler yapmıştır. Bütün özlerde larva toksisitesi gözlemlenmiştir. Ekstraktların büyüme endekslerini önemli miktarda etkilediğini bildirmiştir (Pavela, 2004). Pavela, *Leptinotarsa decemlineata* ve *Spodoptera littoralis* larvaları üzerinde bitki ekstraktlarının beslenme durdurma aktivitesini incelemiştir. 75 bitkiden hazırlanan metanol ekstraktların 500 µg/cm² olan en yüksek dozda *L. decemlineata* üzerinde en duyarlı beslenme engelleme aktivitesini bildirmiştir. *S. littoralis* larvalarında ise duyarlılığın daha az olduğunu gözlemlenmiştir (Pavela, 2010). Pavela, 9 bitkiden elde ettiği uçucu yağları, *Meligethes aeneus* (Fabricius) erginleri üzerinde denemiştir. Uçucu yağların hepsi *M. aeneus* erginlerinde ölüm ve kovuculuğa sebep olmuştur. 24 saatlik maruziyette en yüksek öldürücülüğü *Carum carvi*'de gözlemlenmiştir. En az öldürücü etkiyi ise 6 ve 24 saatlik maruziyetlerde *Lavandula angustifolia*'da gözlemlenmiştir. *C. carvi* ve *Thymus vulgaris* en uzun süre kalıcılığa sahip olarak ortalama %63 oranında en yüksek kovuculuğa sahip uçucu yağlar olarak dikkat çekmiştir (Pavela, 2011). Napoleao ve arkadaşları, *Sitophilus zeamais* (mısır biti)'te *Myracrodruon urundeuva* yaprak ekstresi ve MuLL beslenmesi yaparak böceklerin yaşam ve ölüm oranlarını, beslenme düzeylerini ve bağırsaklarından alınan özütlerdeki sindirim enzim aktivitesini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda yaprak özütü ve lektinin erginleri öldürdüğü ve besin kullanımını sınırlayarak *S. zeamais* ile kontrolde önemli bir potansiyel oluşturacağını bildirmişlerdir (Napoleão ve ark., 2013a). Lima ve arkadaşları, *Myracrodruon urundeuva*'nın kabuk, öz odunu ve yaprağını içeren lektin içeren besinlerle beslenen *Nasutitermes corniger* türünde öldürücü etkiyi ve orta bağırsakta oluşacak etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu lektinle beslenen böceklerin bağırsakları incelendiğinde önemli yaralanmalara yol açtığını görmüşlerdir. Ayrıca oksidatif stres ve hücre ölümlerinin gerçekleştiğini bildirmişlerdir (Lima ve ark., 2017a). Ann E Hajek ve arkadaşları, Mantar *C. fioriniae*'nin ve *N. Maddoxi*'nin *H. halys*'i kışlama ve kışlama sonrasında enfekte edip öldürdüğünü bulmuşlardır (Hajek ve ark., 2023). Lee ve arkadaşları, Piretrinler ve piretrinler + kaolin, *H. halys* üzerinde yıkıcı etkilere neden olduğunu ve kurutulmuş kalıntılara 4,5 saatlik maruz kalmanın hemen ardından önemli ölçüde daha yüksek öldürücülük sağladığını test etmişlerdir (Lee ve ark., 2014). Tracy C. Leskey ve arkadaşları insektisitlerin istilacı *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Bu çalışmada, başlangıç etkinliği düşük olan ($E \leq \%10$) insektisitler

için, 10 insektisitten dokuzunun etkinliği 7 günlük dönemden sonra %10'dan fazla arttırdığını bulmuşlardır. Bunlar arasında abamektin, diazinon, kaolin kili ve piriflukinazonun etkinlik değerlerini 7 gün sonra >%50 arttırmıştır. Orta düzeyde başlangıç etkinlik değerlerine sahip insektisitler için (%10 <E 0 <%90), beş insektisit etkinliği 7 günlük periyottan sonra >%10 (= E 7- E 0) artmıştır. Özellikle klorpirifosun etkinliği %33'ten %100'e çıkmıştır. Buna karşılık, esfenvalerat ve tolfenpirad'ın (EC) etkinlik değerleri, 7 günlük dönemden sonra sırasıyla %17 ve %30 oranında azalmıştır. Başlangıç etkinlik değerleri yüksek olan (E0 ≥ %90) insektisitler için, 17 insektisitten yedisi, hem 0. hem de 7. günde tutarlı bir %100 etkinlik değeri göstermiştir (Leskey, Lee, ve ark., 2012). Czapla ve Lang, *Ostrinia nubilalis* (Hübner) ve *Diabrotica undecimpunctata* howardi Barber larvalarında lektinlerin etkilerini incelemek amacıyla 26 bitki lektini ile araştırmalar yapmışlardır. %2 konsantrasyonda böcek besinlerine uygulanan *Triticum vulgare* L., *Ricinus communis* L. ve *Bauhinia purpurea* L. lektinlerinin *O. nubilalis* larvalarına karşı öldürücü özellik gösterdiğini bildirmişlerdir (Czapla ve Lang, 1990b). Junior ve arkadaşları, *Ricinus communis*'ten elde edilen polenin bal arılarında toksik özelliklerini incelemiştir. Arılar içerisinde 0, %2,5, %5 ve %10 dozlarda olan polenlere maruz bırakılmıştır. Son arının ölümüne kadar devam eden deneyde *Ricinus communis* polenlerinin bal arılarına karşı toksik etkileri tespit edilmiştir (Junior ve ark., 2011).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 *Halyomorpha halys* Böceklerinin Teşhisi ve Toplanması

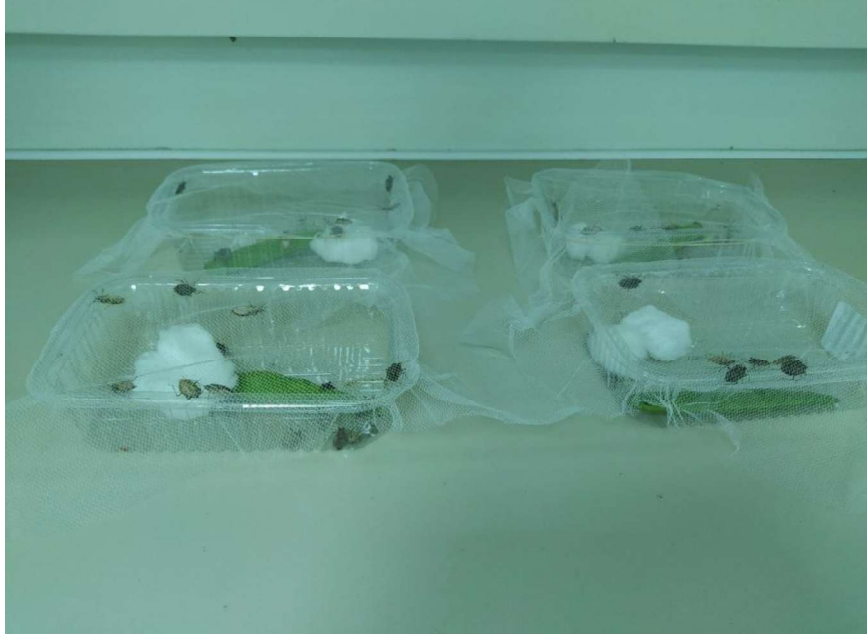
Ergin haldeki *Halyomorpha halys* bireyleri, Düzce ilindeki fındık bahçelerinden generatif dönemde fındık ağaçlarından tarafımızca toplanmıştır. Toplanan böcekler numune kaplarına yerleştirilmiş, beslenmeleri için kap içerisine fındık yaprakları eklenmiştir. Laboratuvar ortamına getirilen böcekler canlı olarak kullanılmıştır. Bu örneklerden 10 tanesi, tür teşhisi yapılmak üzere teşhis anahtarı kullanılarak Balıkesir Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı'nda böcek bilimi alanında uzman Dr. Öğr. Üyesi Sakin Vural VARLI tarafından incelenmiş ve tür doğrulaması sağlanmıştır (Falcon-Brindis ve Villanueva, 2024). Fındık bahçelerinden toplanan *Halyomorpha halys*'in fındık üzerindeki görseli Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1: Fındık üzerinde *Halyomorpha halys* böceği

3.2 *Halyomorpha halys* Böceklerinin Kültür Ortamlarının Hazırlanması ve Büyütülmesi

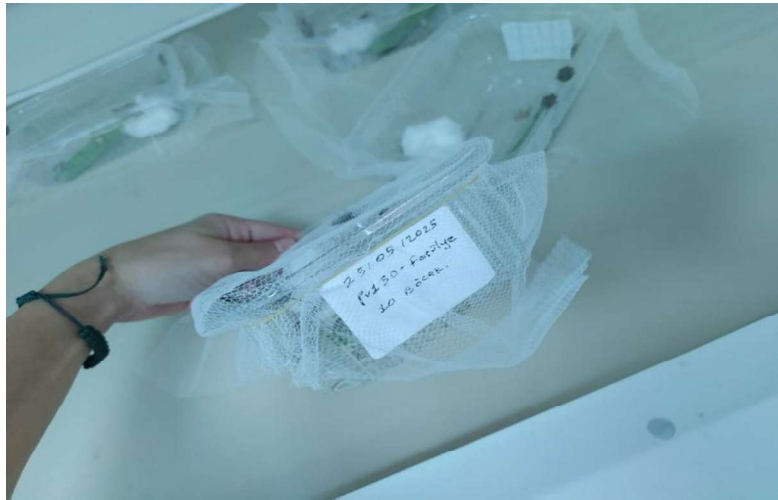
On adet erişkin *H. halys*, havalandırmaya izin verecek şekilde tül ile kapatılmış, 1000 cc kapasiteli plastik ambalaj kaplarında, $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Her kaba, diğer böceklerle kontamine olmamış taze fasulye eklenmiştir (Junior ve ark., 2011). *H. halys* ergin bireyleri ile oluşturulmuş kültür ortamı Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2: Kültür ortamında *Halyomorpha halys* ergin bireyleri

3.3 *In Vivo* Deneylerin Tasarımı

H. halys kültürlerine, sırasıyla dikenli katırtırnağı (*Ulex europaeus*), Jack bean (*Canavalia ensiformis*), mor salkım (*Wisteria floribunda*), barbunya (*Phaseolus vulgaris*), buğday (*Triticum vulgaris*) ve şekerciboyası (*Phytolacca americana*) bitkilerinden izole edilen lektinler 50, 100 ve 150 mg/g dozlarında uygulanmıştır. Negatif kontrol grubuna yalnızca standart besin verilmiş; pozitif kontrol grubuna ise 800 mg/L + 12.8 g/L gamma-sihalotrin içeren insektisit (Sanctum®) eklenmiş besin uygulanmıştır. Deneyler, $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 7 gün boyunca yürütülmüş ve süre sonunda böceklerdeki ölüm oranı (%) hesaplanmıştır. *In vivo* deney tasarımına ait görsel Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3: *In vivo* deney tasarımı

3.4 Hemolenf Sıvısının Elde Edilmesi

Yedinci günün sonunda, $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de inkübe edilen böceklerden hemolenf izole edilmiştir. Bağırsak diseksiyonu sırasında hemolenf sıvıları da alınmış ve serum fizyolojik ile homojenize edilmiştir. Homojenatlar, $10.000\text{ g}'de\ 4^{\circ}\text{C}'de\ 10$ dakika santrifüjlenmiş ve süpernatantlar total oksidan (TOS) analizlerinde kullanılmıştır (Napoleão ve ark., 2013).

3.5 Hemolenf Örneklerinde Total Oksidan Seviyesi (TOS) Analizi

Pestisitlerin çeşitli hayvanlarda oksidatif strese neden olduğu bilinmektedir (Carrel ve ark., 1990). Bu çalışmada, farklı lektinlerle 7 gün etkileşime giren *H. halys* bireylerinden elde edilen hemolenf örneklerinde total oksidan seviyesi (TOS) belirlenmiştir (Chakrabarti ve ark., 2015; Erdem, 2021; Franco ve ark., 2016). Analizlerde Rel Assay (Türkiye) kitleri kullanılmıştır. Ölçüm prensibi, asidik ortamda Fe^{2+} 'nin oksidatif türlerle Fe^{3+} 'e dönüşmesi ve ksilenol turuncu ile $530\text{ nm}'de$ renk değişimi izlenmesine dayanmaktadır. Sonuçlar, $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ eşdeğeri/L olarak ifade edilmiştir. Total oksidan seviyesi deneyinden bir örnek Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Total oksidan seviyesi (TOS) deneyi

3.6 Bağırsak Diseksiyonu ve Ekstrakt Hazırlığı

Her gruptan 10 erişkin *H. halys*, 7 gün sonunda $-20^{\circ}\text{C}'de\ 10$ dakika bekletilerek immobilize edilmiştir. Böceklerin bağırsakları disekte edilerek, uygun tampon çözeltiler

(Tris, asetat, sodyum fosfat) ile homojenize edilmiştir. Homojenatlar, 9000 g'de 4°C'de 15 dakika santrifüjlenmiş ve süpernatantlar enzim analizlerinde kullanılmıştır (Napoleão ve ark., 2013). Deneyleerde kullanılan homojenatlar Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5: Tamponlarda çözülmüş bağırsak ekstraktları

3.7 Proteaz Aktivitesi

Tris tamponundaki bağırsak ekstraktları, %0,6 (w/v) azokazein içeren sodyum fosfat tamponu (pH 7.5) ile 37°C'de 3 saat inkübe edilmiştir. Reaksiyon, %10 trikloroasetik asit eklenerek sonlandırılmış, santrifüj sonrası 366 nm'de absorbans ölçülmüştür. Bir birim aktivite, absorbans artışının 0.01 olduğu enzim miktarıdır.

3.8 Tripsin Aktivitesi

Tripsin aktivitesi, BapNA substratı ile 96 kuyucuklu mikropalakalarda belirlenmiştir. Enzim ve substrat 30 dakika 37°C'de inkübe edilmiştir. Absorbans, 405 nm'de ölçülmüştür. Bir birim aktivite, dakikada 1 µmol BapNA hidrolizleyen enzim miktarı olarak tanımlanmıştır.

3.9 Asit ve Alkalen Fosfataz Aktivitesi

Bağırsak özütü, pH 4.0'da asetat tamponu (asit fosfataz) veya pH 8.0'daki Tris-HCl tamponu (alkalen fosfataz) ile karıştırılmış ve *p*-nitrofenil fosfat substratı eklenmiştir. 15 dakika 37°C'de inkübasyon sonrası reaksiyon NaOH ile durdurulmuş, absorbans 410 nm'de ölçülmüştür. Aktivite, *p*-nitrofenol üretimi üzerinden hesaplanmıştır.

3.10 Endoglukanaz Aktivitesi

Asetat tamponundaki bağırsak özütü, %1 (w/v) karboksimetilselüloz ile 50°C'de 10 dakika inkübe edilmiştir. Reaksiyon DNS reaktifi ile durdurulmuş, 100°C'de 6 dakika ısıtılıp

soğutulmuştur. 540 nm'de absorbans ölçülmüş, sonuçlar glikoz standardına göre hesaplanmıştır.

3.11 Beta-Glukosidaz Aktivitesi

Asetat tamponundaki bağırsak özütü, %0,1 (w/v) *p*-nitrofenil- β -D-glukopiranozit ile 50°C'de 10 dakika inkübe edilmiştir. Reaksiyon sodyum bikarbonat ile sonlandırılmış, absorbans 410 nm'de ölçülmüştür. pNP miktarı üzerinden enzim aktivitesi hesaplanmıştır.

3.12 Alfa-Amilaz Aktivitesi

Bağırsak özütü, %1 (w/v) nişasta çözeltisi ile 50°C'de 10 dakika inkübe edilmiş, DNS reaktifi ile reaksiyon sonlandırılmıştır. Numuneler 100°C'de 6 dakika ısıtılmış ve 540 nm'de absorbans ölçülmüştür. Glikoz standardı kullanılarak enzim aktivitesi belirlenmiştir.

3.13 *Mentha piperita* L.'den Uçucu Yağ Elde Edilmesi

Mentha piperita L. bitkisi BAÜN Botanik Bahçesi'nden tarafımızca toplanmış olup üç defa distile su ile yıkanmış ve uygun şartlarda kurutulmuştur. İyice kurutulmuş olan bitkiden uçucu yağ elde etme işlemi, su buharı distilasyonu (hidrodistilasyon) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde, soğutucu ile temas halinde olan bir cam balon içerisinde, bitki materyali ve saf su birkaç saat boyunca kaynatılmıştır. Su buharı ile taşınan uçucu bileşikler, soğutucuda yoğunlaştırılarak toplanmış ve sudan ayrıştırılmıştır. Bu yöntem, özellikle aromatik bitkilerden esansiyel yağların elde edilmesinde yaygın olarak kullanılan geleneksel bir tekniktir. Bu çalışmada, 10 gramlık *Mentha piperita* L. bitki örneği, Sokslet düzeneğinde 100 mL saf su ile 3–5 saat kaynatılmıştır. Uçucu bileşikler soğutucu bölümde toplanmış, işlem sonunda su buharı uzaklaştırılarak uçucu yağlar analiz kaplarına aktarılmıştır. Elde edilen esansiyel bileşikler, analiz zamanına kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir (Linskens H. F. ve Jackson J. F., 2002). Tarafımızca toplanmış olan ve hidrodistilasyon yöntemi ile esansiyel yağı elde edilen *Mentha piperita* L. bitkisine ait görseller Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6: *Mentha piperita* L. bitkisi ve esansiyel yağı. a) *Mentha piperita* L. bitkisi. b) *Mentha piperita* L. bitkisine ait esansiyel yağ görseli

3.14 Biyoaktivite Testleri

3.14.1 Temas toksisitesi

Mentha piperita L. uçucu yağının seri seyreltmeleri n-heksan içerisinde hazırlanmıştır. Her bir böcek üzerine 0,5 mL'lik uçucu yağ çözeltisi, uygun enjektör kullanılarak, ergin ve larva dönemindeki *H. halys* bireylerinin dorsal toraks bölgesine uygulanmıştır. Kontrol grubu, yalnızca n-heksan ile işlem görmüştür. Her bir konsantrasyon ve kontrol grubu için 5 böcek kullanılmış, deneyler altı tekrar ile yürütülmüştür. Uygulama sonrası böcekler, kültür ortamı içeren cam şişelere (her biri 5 böcek) aktarılmış ve $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta, $70\pm 80\%$ bağıl nemde inkübe edilmiştir. Ölüm oranları, uygulamayı takip eden yedi gün boyunca günlük olarak gözlemlenmiştir. Temas toksisitesi, mg esansiyel yağ / mg böcek canlı ağırlığı cinsinden hesaplanmıştır (Liu ve Ho, 1999).

3.14.2 İticilik (repellent) etki testi

İticilik etkisi testinde, McDonald ve arkadaşlarının (1970) ve Talukder ve Howse (1993, 1995) tarafından geliştirilen yöntem modifiye edilerek protokol uygulanmıştır. Whatman No. 40 marka filtre kağıdından 8 cm çapında diskler hazırlanmış, her disk ortadan ikiye kesilmiştir. Bir yarım diske 750 μL uçucu yağ, diğer yarım diske kontrol amaçlı n-heksan damlatılmış ve her iki yarım disk, yapışkan bant ile uç uca birleştirilerek iç yüzeyi Fluon ile kaplanmış Petri kutularına yerleştirilmiştir. Dış uyaran etkilerini azaltmak amacıyla, disklerin yönleri her tekrarda değiştirilmiştir. Her Petri kutusunun ortasına, her bir türden 20 adet ergin böcek bırakılmış ve üzerine hava geçişli delikli kapak yerleştirilmiştir. Her

konsantrasyon üç kez test edilmiştir. Böceklerin diskin her bir yarısına dağılımı, uygulamadan 1 saat sonra ve ardından her saat başı olmak üzere toplam 5 saat boyunca kaydedilmiştir. Elde edilen veriler, Talukder ve Howse (1993, 1995) formülü olan $PR = 2(C - 50)$ kullanılarak yüzde iticilik değerine dönüştürülmüştür. Burada C, diskin işlenmemiş yarısında yer alan böcek yüzdesini ifade etmektedir. Pozitif PR değerleri iticiliği, negatif PR değerleri ise çekiciliği göstermektedir (Talukder ve Howse, 1993, 1995). Elde edilen yüzde verilerin istatistiksel değerlendirmesi Excel (TTEST) ile yapılmıştır. Repellent (itici) etki testine ait deney düzeneği Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7: Repellent (itici) etki testi deney düzeneği

3.15 İstatistiksel Analiz

Tüm deneyler en az üç tekrar ile gerçekleştirilmiştir. Veriler Microsoft Excel programı kullanılarak analiz edilmiş, ortalama ve standart hata ($\pm SE$) değerleri hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

Halyomorpha halys böcek türlerinin bağırsak homojenatlarındaki proteaz, tripsin, asit fosfataz, alkalın fosfataz, endoglukonaz, beta glukosidaz ve alfa amilaz enzimleri üzerine dikenli katırtırnağı (*Ulex europaeus*), Jack bean (*Canavalia ensiformis*), mor salkım (*Wisteria floribunda*), barbunya (*Phaseolus vulgaris*), buğday (*Triticum vulgaris*) ve şekeriboyası (*Phytolacca americana*) bitkilerinden izole edilmiş bitki lektinlerinin etkileri, temas toksisitesi ve repellent etkisi Tablo 4.1’de sunulmuştur.

4.1 Proteaz Enzim Aktivite Sonuçları

Lektinler ile muamele edilmiş böceklerin bağırsak homojenatlarındaki proteaz enzim aktivite sonuçları Şekil 5.1’de verilmiştir. Sonuçlara göre tüm lektinler proteaz enzim aktivitesini negatif kontrole göre düşürmüştür. CE 100, PA 50, PA 100, PA 150, WF 50, WF 100, WF 150, PV 50, PV 100, PV 150, TV 50, TV 100, TV 150, UE 50, UE 100, UE 150 ve pozitif kontrol örnekleri ise istatistiksel olarak anlamlı düşüğe neden olmuştur ($p<0,05$, Şekil 5.1). CE 50 ve CE 150 örnekleri de negatif kontrole göre çok düşük seviyede enzim aktivitesine sebep olmuştur.

4.2 Tiripsin Enzim Aktivite Sonuçları

Lektinler ile muamele edilmiş böceklerin bağırsak homojenatlarındaki tripsin enzim aktivite sonuçları Şekil 5.2’de verilmiştir. Sonuçlara göre tüm lektinler tripsin enzim aktivitesini negatif kontrole göre düşürmüştür. CE 50, CE 150, PA 50, PA 100, PA 150, WF 50, WF 100, WF 150, PV 50, PV 100, PV 150, TV 50, TV 150 ve UE 50 örnekleri ise istatistiksel olarak anlamlı düşüğe neden olmuştur ($p<0,05$, Şekil 5.2). CE 100, TV 100, UE 100, UE 150 ve pozitif kontrol örnekleri de negatif kontrole göre çok düşük seviyede enzim aktivitesine sebep olmuştur.

4.3 Alkalın Fosfataz ve Asit Fosfataz Enzim Aktivite Sonuçları

Lektinler ile muamele edilmiş böceklerin bağırsak homojenatlarındaki alkalın fosfataz enzim aktivite sonuçları Şekil 5.3’te verilmiştir. Sonuçlara göre tüm lektinler alkalın fosfataz enzim aktivitesini negatif kontrole göre düşürmüştür, pozitif kontrol de dahil tüm lektin örnekleri ise istatistiksel olarak anlamlı düşüğe neden olmuştur ($p<0,05$, Şekil 5.3).

Lektinler ile muamele edilmiş böceklerin bağırsak homojenatlarındaki asit fosfataz enzim aktivite sonuçları Şekil 5.4’te verilmiştir. Sonuçlara göre tüm lektinler asit fosfataz enzim

aktivitesini negatif kontrole göre düşürmüştür. PA 50, PA 100, PA 150, WF 50, WF 100, WF 150, PV 50, PV 100, PV 150, TV 50, TV 100, TV 150, UE 50, UE 100, UE 150 ve pozitif kontrol örnekleri ise istatistiksel olarak anlamlı düşüşe neden olmuştur ($p<0,05$, Şekil 5.4). CE 50, CE 100 ve CE 150 örnekleri de negatif kontrole göre çok düşük seviyede enzim aktivitesine sebep olmuştur.

4.4 Endoglukonaz Enzim Aktivite Sonuçları

Lektinler ile muamele edilmiş böceklerin bağırsak homojenatlarındaki endoglukanaz enzim aktivite sonuçları Şekil 5.5'te verilmiştir. Sonuçlara göre tüm lektinler endoglukanaz enzim aktivitesini negatif kontrole göre düşürmüştür. CE 50, CE 100, CE 150, PA 50, PA 100, PA 150, WF 50, WF 100, WF 150, PV 50, PV 100, PV 150, TV 50, TV 100, TV 150, UE 50, UE 150 ve pozitif kontrol örnekleri ise istatistiksel olarak anlamlı düşüşe neden olmuştur ($p<0,05$, Şekil 5.5). UE 100 örneği de negatif kontrole göre çok düşük seviyede enzim aktivitesine sebep olmuştur.

4.5 Beta Glukosidaz Enzim Aktivite Sonuçları

Lektinler ile muamele edilmiş böceklerin bağırsak homojenatlarındaki beta glukosidaz enzim aktivite sonuçları Şekil 5.6'da verilmiştir. Sonuçlara göre tüm lektinler beta glukosidaz enzim aktivitesini negatif kontrole göre düşürmüştür. CE 50, CE 100, CE 150, PA 50, PA 100, PA 150, WF 50, WF 100, WF 150, PV 50, PV 100, PV 150, TV 50, TV 100, UE 50, UE 100, UE 150 ve pozitif kontrol örnekleri ise istatistiksel olarak anlamlı düşüşe neden olmuştur ($p<0,05$, Şekil 5.6). TV 150 örneği de negatif kontrole göre çok düşük seviyede enzim aktivitesine sebep olmuştur.

4.6 Alfa Amilaz Enzim Aktivite Sonuçları

Lektinler ile muamele edilmiş böceklerin bağırsak homojenatlarındaki alfa amilaz enzim aktivite sonuçları Şekil 5.7'de verilmiştir. Sonuçlara göre tüm lektinler alfa amilaz enzim aktivitesini negatif kontrole göre düşürmüştür, PA 100 ve PA 150 örnekleri ise istatistiksel olarak anlamlı düşüşe neden olmuştur ($p<0,05$, Şekil 5.7). Pozitif kontrol de negatif kontrole göre çok düşük seviyede enzim aktivitesine sebep olmuştur.

4.7 Total Oksidan Seviyesi (TOS) Test Sonuçları

H. halys böceğinin hemolenf homojenatları üzerine dikenli katırtırnağı (*Ulex europaeus*), Jack bean (*Canavalia ensiformis*), mor salkım (*Wisteria floribunda*), barbunya (*Phaseolus vulgaris*), buğday (*Triticum vulgaris*) ve şekeriboyası (*Phytolacca americana*) bitkilerinden izole edilmiş bitki lektinlerinin etkileriyle oluşan total oksidan seviyeleri Şekil 5.8'de verilmiştir. Sonuçlara göre tüm lektinler total oksidan seviyesini negatif kontrole göre yükseltmiştir, CE 50, CE 100, PA 50, PA 100, PA 150, PV 50, TV 100 ve TV 150 örnekleri ise istatistiksel olarak anlamlı yükseltmeye neden olmuştur ($p<0,05$, Şekil 5.8). Pozitif kontrol de negatif kontrole göre çok yüksek seviyede total oksidan seviyesine sebep olmuştur.

4.8 Repellent (İtici) Etki Test Sonuçları

H. halys böceklerinin *Mentha piperita* L. esansiyel yağının seri seyreltilmiş dozlarına maruziyeti sonucu itici etkisi Tablo 5.1'de sunulmuştur.

Yüzde iticilik (PR) değerlerine göre, pozitif değerler iticiliği, negatif değerler ise çekiciliği ifade etmektedir. *Mentha piperita* L. bitkisine ait esansiyel yağın beş farklı dozuna maruz bırakılan böceklerde, her dozda negatif kontrole kıyasla anlamlı bir itici etki gözlemlenmiştir. Uygulanan tüm dozlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($*p<0,05$).

4.9 Temas Toksisitesi Test Sonuçları

H. halys böceklerinin *Mentha piperita* L. esansiyel yağının seyreltilmiş dozuna (1×10^{-1}) maruziyeti sonucu temas toksisitesi Şekil 5.9'da sunulmuştur.

Mentha piperita L. bitkisine ait esansiyel yağın en yüksek seyreltme oranı (1×10^{-1}) ile temas eden böceklerde, negatif kontrole kıyasla yüksek ölüm oranları gözlemlenmiş ve bu durum yüksek toksisiteyi işaret etmiştir. Zaman içinde ölüm oranlarındaki artış, kullanılan esansiyel yağın temas toksisitesinin pozitif kontrolden dahi yüksek olduğunu göstermiştir. Yapılan tüm tekrarlar ile pozitif ve negatif kontroller arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Yapılan tüm deneylerin genel etki tablosu, Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Tüm deneylerin genel etki tablosu (*p<0,05.)

Enzim	Genel Etki	Anlamlı Etkiler
Proteaz	Tüm lektinler aktiviteyi azalttı	CE100, PA50-150, WF50-150, PV50-150, TV50-150, UE50-150, Poz.K.
Tripsin	Tüm lektinler aktiviteyi azalttı	CE50, CE150, PA50-150, WF50-150, PV50-150, TV50, TV150, UE50, Poz.K.
Alkalen Fosfataz	Tüm gruplarda anlamlı düşüş	Tüm gruplar + Poz.K.
Asit Fosfataz	Tüm gruplarda azalma	PA50-150, WF50-150, PV50-150, TV50-150, UE50-150, Poz.K.
Endoglukonaz	Tüm gruplarda baskılanma	CE50-150, PA50-150, WF50-150, PV50-150, TV50-150, UE50, UE150, Poz.K.
Beta Glukosidaz	Tüm gruplarda azalma	CE50-150, PA50-150, WF50-150, PV50-150, TV50-100, UE50-150, Poz.K.
Alfa Amilaz	Tüm gruplarda düşüş	PA100, PA150, Poz.K.
TOS	Tüm gruplarda artış	CE50, CE100, PA50-150, PV50, TV100-150, Poz.K.
Repellent Etki	Tüm dozlarda negatif kontrole göre anlamlı itici etki	Tüm dozlar anlamlı (*p<0,05)
Temas Toksisitesi	En yüksek doz (1×10^{-1}) yüksek mortalite; pozitif kontrolden dahi güçlü	1×10^{-1} dozu, pozitif kontrolden daha yüksek toksisite (*p<0,05)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı bitkisel kaynaklardan elde edilen lektin ekstraktlarının *Halyomorpha halys* (kahverengi kokarca) böcekleri üzerindeki potansiyel biyopestisit etkileri araştırılmıştır. Literatürde de belirtildiği gibi, bitki lektinleri biyolojik olarak parçalanabilen böcek öldürücü ajanlar olarak, hedef böceğin sindirim sisteminde morfolojik hasara yol açmakta ve beslenme davranışını etkileyen enzim aktivitelerinin inhibisyonuna veya uyarılmasına neden olmaktadır. Bu kapsamda, altı farklı bitkiden izole edilen lektinler böceklere *in vivo* olarak uygulanmış ve sindirim sistemi enzimleri (proteaz, tripsin, asit fosfataz, alkalın fosfataz, alfa amilaz, beta glukosidaz) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca bu etkilerin belirlenmesinde hemolenf üzerinden total oksidan seviyesi (TOS) analizleri de kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, tüm lektinlerin çalışmada incelenen enzimlerin aktivitesi üzerinde, negatif kontrole kıyasla anlamlı ve çarpıcı bir düşüşe neden olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle tüm lektinlerin alkalın fosfataz enzimi üzerinde anlamlı düzeyde ($p < 0,05$) inhibitör etki gösterdiği belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, *Phytolacca americana* (şekerciboyası) lektininin tüm enzimlerde anlamlı ($p < 0,05$) düşümlere neden olduğu saptanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda, çalışmada kullanılan bitki lektinlerinin *H. halys* zararlısının bağırsaklarında spesifik glikoz yapılarına bağlanarak sindirim mekanizmalarını bozduğu ve bu etkilerle çalışmanın temel hipotezini desteklediği söylenebilir. TOS analizleri de tüm lektinlerin negatif kontrole göre total oksidan seviyesini artırdığını göstermiştir. En anlamlı ($p < 0,05$) sonuçlar ise *Canavalia ensiformis* (Jack bean), *Phytolacca americana* (şekerciboyası), *Phaseolus vulgaris* (barbunya) ve *Triticum vulgare* (buğday) lektinlerinden elde edilmiştir. En yüksek total oksidan seviyesine sahip doz oranı ise *Triticum vulgare* (buğday) lektinine ait TV100 doz oranıdır. Bu sonuçlar, sindirim mekanizmasının bozulmasıyla birlikte böceklerde reaktif oksijen türlerinin (ROS) arttığını ve bunun da hücrel stres seviyesini yansıttığını göstermektedir.

Bunun yanı sıra, çalışmada *Mentha piperita* L. bitkisinden elde edilen esansiyel yağın böcek kovucu etkisi ve temas toksisitesi de değerlendirilmiştir. Literatürde de belirtildiği üzere, esansiyel yağlar doğal kaynaklı olup, hem repellent (itici) hem de temas yoluyla toksik etkilere sahip bileşikler içermektedir (Sayed ve ark., 2022a). Repellent (itici) etkiler açısından, *Mentha piperita* L. esansiyel yağı ile gerçekleştirilen kovucu etki deneyinde, seri seyreltilmiş beş dozun tamamı negatif kontrole kıyasla istatistiksel olarak anlamlı

repellent etki göstermiştir ($p<0,05$). Yüzde iticilik (PR) değerlerine göre tüm dozlar pozitif sonuçlar vermiştir. Bu bulgular, *M. piperita* L. esansiyel yağının *H. halys* böcekleri üzerinde yüksek kovucu etkiye sahip olduğunu ve bu tür zararlılarla mücadelede doğal bir alternatif olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. *Mentha piperita* L. esansiyel yağının 1×10^{-1} seyreltilmiş dozu ile gerçekleştirilen temas toksisitesi deneyinde, deneme grubu bireylerinin mortalite oranlarında gün geçtikçe belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Deneyin ilk günü ortalama toksisite değeri oldukça düşük olup 0.066 iken, bu değer 7. gün sonunda 0.967'ye ulaşmıştır. Bu da zamanla bileşiğin etkisinin arttığını göstermektedir. Bu artış, esansiyel yağ bileşenlerinin temas maruziyeti süresince hedef böcek dokularında birikerek, enzim sistemlerinde ve hücrel defans mekanizmalarında bozulmaya yol açması nedeniyle görülebilir. Örneğin, böceklere uzun süre maruz bırakıldığında *Mentha* türü yağların detoksifikasyon enzimlerinde (örneğin esterez ve GST) aktivite artışına ve asetilkolinesteraz (AChE) gibi sinir sistemi enzimlerinin inhibisyonuna yol açtığı gösterilmiştir (Gebauer ve ark., 2024). Bu veriler ışığında, 1×10^{-1} dozundaki *Mentha piperita* L. esansiyel yağının, deneme süresi boyunca toksik etki gösterdiği ve bu etkinin zamanla arttığı görülmektedir. Elde edilen ortalama toksisite değerleri, maddenin hedef organizma üzerinde gecikmeli ancak belirgin bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Pozitif kontrole yaklaşan değerler, bu doz seviyesinin oldukça etkili olduğunu göstermekte; negatif kontrolden ise anlamlı şekilde farklılaşmaktadır. Sonuç olarak, *Mentha piperita* L. esansiyel yağı, 1×10^{-1} seyreltilmiş dozda bile temas yoluyla belirgin toksik etki göstermekte ve potansiyel biyopestisit adayı olarak değerlendirilebileceğini düşündürmektedir.

5.1 Proteaz Enzim Aktivitesi

Elde edilen sonuçlar, tüm lektinlerin proteaz enzim aktivitesini negatif kontrole kıyasla azalttığını ortaya koymuştur (Şekil 5.1). Deneylerde kullanılan lektinlerin büyük bir kısmı, pozitif kontrol grubuna göre proteaz enzim aktivitesinde daha yüksek düzeyde inhibisyon meydana getirmiştir. Bulgularımız, proteaz enzim aktivitesini azaltmada en etkili dozların PA 50 ve UE 150 ($p<0,05$) olduğunu, en düşük etkinin ise CE 150 dozunda gözlemlendiğini göstermektedir.

Bu inhibisyonun, literatürde tanımlanan birkaç temel mekanizma ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Lektinlerin böcek orta bağırsak epitelindeki glikokonjugat yapılarla

bağlanarak sindirim enzimi üretimini ve salgılanmasını bozduğu, ayrıca proteazların aktif bölgelerine yakın glikoprotein yapılara bağlanarak enzimin substratı tanınmasını engelleyebildiği bilinmektedir. Bunun yanında, bağırsak epitel hücrelerine bağlanmaları yoluyla besin emilimi ve enzim sekresyonunu düzenleyen sinyal yollarında bozulmalara neden olarak proteaz aktivitesinde dolaylı azalmaya yol açtıkları da bildirilmektedir (M. Macedo ve ark., 2015).

Benzer şekilde, Agra-Neto A.C. ve çalışma arkadaşları tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, *Moringa oleifera* tohumlarından elde edilen WSMoL ve cMoL lektinlerinin, organofosfatlara duyarlı ve dirençli *Aedes aegypti* larvalarında sindirim enzimlerinden proteaz üzerinde inhibitör etki gösterdiği bildirilmiştir (Agra-Neto ve ark., 2014). Ayrıca Mervat H.A. Metayi ve arkadaşları, baklagil türleri *Glycine max* (GML) ve *Phaseolus vulgaris* (PhVL)'den izole edilen lektinlerin dikenli pamuk kurdu (*Earias insulana* Boisd.) larvalarının bağırsak enzimleri üzerindeki etkilerini incelemiş ve test edilen lektinlerin, benzer konsantrasyonlarda hazırlanan diyetlerle beslenen SBW larvalarında toplam proteaz enzim aktivitesini anlamlı düzeyde inhibe ettiğini belirlemişlerdir (Metayi ve ark., 2024).



Şekil 5.1: Proteaz aktivite sonuçları (*p<0,05)

5.2 Tripsin Enzim Aktivitesi

Lektinlerle muamele edilen böceklerin bağırsak homojenatlarında ölçülen tripsin enzim aktivite sonuçları Şekil 5.2'de sunulmuştur. Bulgular, tüm lektinlerin tripsin enzim aktivitesini negatif kontrol grubuna kıyasla azalttığını göstermektedir. Elde edilen verilere göre tripsin enzim aktivitesini baskılamada en yüksek etkiye sahip dozun CE 50 (p<0,05), en düşük etkinliğin ise UE 150 dozu olduğu belirlenmiştir. Proteazlar, böceklerin büyüme,

gelişim ve yaşam süreçleri için gerekli proteinlerin sentezinde kullanılan amino asitlerin biyoyararlanımını sağlamak açısından hayati öneme sahiptir (Carlini ve Grossi-de-Sá, 2002). Sindirim enzimlerinin aktivitesi, bu proteinlerin glikozil kısımları ya da enzim moleküllerinin farklı bölgeleriyle gerçekleşen etkileşimler sonucunda bitkisel lektinler tarafından değiştirilebilir (Paiva PMG ve ark., 2013). Lima ve çalışma arkadaşları, *Myracrodruon urundeuva*'nın kabuk ve yapraklarından elde ettikleri termitisit lektinlerin (*MuBL* ve *MuLL*) *Nasutitermes corniger* işçileri üzerindeki etkilerini araştırmış ve bu lektinlerin böcek bağırsağında yer alan proteaz ve tripsin benzeri enzimlerin aktivitesini inhibe ettiğini raporlamışlardır (Lima ve ark., 2018). Benzer şekilde, Khoobdel ve arkadaşları *Polygonum persicaria* L.'den (PPA) izole ettikleri bir lektini, pirinç böceği *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) üzerinde test etmiş ve PPA içeren diyetlerle beslenen bireylerde tripsin dahil üzere çeşitli sindirim enzimlerinin aktivitesinde anlamlı inhibisyon meydana geldiğini bildirmişlerdir (Khoobdel ve ark., 2022). Bu bulgularla paralel olarak, çalışmamızda kullanılan lektinlerin bir proteaz olan tripsin enzim aktivitesinde gözlenen baskılayıcı etkisinin, *H. halys* bireylerinde büyüme, gelişme ve yaşam için kritik öneme sahip proteazların yetersizliği sonucunda gelişimsel gerileme ve fizyolojik bozulmalara yol açtığı düşünülmektedir.



Şekil 5.2: Tripsin aktivite sonuçları (* $p < 0,05$)

5.3 Alkalen Fosfataz ve Asit Fosfataz Enzim Aktivitesi

Lektinlerle muamele edilen böceklerin bağırsak homojenatlarındaki alkalen fosfataz enzim aktivitesi sonuçları Şekil 5.3'te sunulmuştur. Bulgular, tüm lektinlerin alkalen fosfataz enzim aktivitesini negatif kontrole göre azalttığını, ayrıca pozitif kontrol dahil tüm lektin örneklerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşüşe neden olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$, Şekil 3). Elde edilen sonuçlara göre alkalen fosfataz enzim aktivitesini azaltmada

en yüksek etkiyi PV 150 ve TV 100 dozları ($p<0,05$) göstermiştir; en düşük etkinlik ise CE 100 dozunda ($p<0,05$) belirlenmiştir.



Şekil 5.3: Alkalen fosfataz aktivite sonuçları (* $p<0,05$)

Lektin uygulaması yapılan böceklerin bağırsak homojenatlarındaki asit fosfataz enzim aktivite sonuçları ise Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Verilere göre, tüm lektinlerin asit fosfataz enzim aktivitesini negatif kontrol grubuna kıyasla düşürdüğü saptanmıştır. Bu düşüşler arasında en yüksek inhibisyon etkisinin WF 100 dozunda ($p<0,05$), en düşük etkinliğin ise CE 150 dozunda ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Bu inhibisyonun mekanizması, literatürde öne sürüldüğü üzere, lektinlerin böcek orta bağırsak epitelindeki glikokonjugat yapılarına bağlanarak fosfataz enzimlerinin aktif bölgelerine erişimini engellemesi ve enzimlerin salgılanmasını bozmasıyla açıklanabilir. Ayrıca lektinlerin bağırsak epiteline bağlanarak besin emilimini ve enzim sekresyonunu düzenleyen sinyal yollarını bozması, alkalen ve asit fosfataz aktivitesinin azalmasına yol açabilir (Lagarda-Diaz ve ark., 2017). Bu durum, böceklerin besinleri etkin biçimde dönüştürememesi ve beslenme yetersizliği sonucu fizyolojik bozulma ve ölüme neden olabilmektedir.

Arash ve çalışma arkadaşları, *Polygonum persicaria*'dan elde edilen bir lektinin *Pieris brassicae* larvaları üzerindeki entomotoksik etkilerini araştırdıkları çalışmada, larvaların sindirim enzimlerinden asit fosfataz ve alkalen fosfataz aktivitelerinde özellikle yüksek doz uygulamalarında belirgin bir inhibisyon etkisi gözlemlemişlerdir (Zibae ve ark., 2014). Benzer biçimde, Yalçın ve arkadaşları *Tropinota (Epicometis) hirta* (Coleoptera:

Cetoniidae) üzerinde yürüttükleri bir araştırmada, farklı lektinlerin ve dozlarının asit fosfataz ve alkalen fosfataz dahil çeşitli sindirim enzimleri üzerinde inhibitör etki gösterdiğini bildirmişlerdir (Yalçın ve ark., 2025). Bu bulgular, çalışmamızın sonuçlarını da destekler niteliktedir. Elde edilen veriler doğrultusunda, böceklerin bu enzimleri etkili biçimde kullanamaması sonucunda besinleri dönüştüremedikleri, dolayısıyla beslenme yetersizliği nedeniyle ölümlerle sonuçlanan fizyolojik bozulmaların ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Beta Glukosidaz Aktivitesi



Şekil 5.4: Asit fosfataz aktivite sonuçları (*p<0,05)

5.4 Endoglukanaz Enzim Aktivitesi

Lektinlerle muamele edilen böceklerin bağırsak homojenatlarındaki endoglukanaz enzim aktivite sonuçları Şekil 5.5'te gösterilmiştir. Elde edilen bulgular, tüm lektinlerin endoglukanaz enzim aktivitesini negatif kontrol grubuna kıyasla azalttığını ortaya koymuştur. Sonuçlarımız, endoglukanaz enzim aktivitesini azaltmada en yüksek etkinliğe sahip dozun TV 100 ($p < 0,05$), en düşük etkinliğin ise UE 100 dozu olduğunu göstermektedir. Bu sonuçları destekleyen bir çalışmada, Santos ve çalışma arkadaşları *Alphitobius diaperinus* larva ve erginlerinin *Microgramma vacciniifolia* rizomlarından elde edilen tuzlu ekstrakt (SE), lektin açısından zengin fraksiyon (FR) ve izole edilmiş lektin (MvRL)'e karşı duyarlılığını değerlendirmiş; sonuç olarak tüm preparatların endoglukanaz aktivitesini yüksek oranda inhibe ettiğini bildirmişlerdir (Santos ve ark., 2023). Benzer şekilde, Napoleão ve arkadaşları da *Myracrodruon urundeuva*'nın yaprak ekstresi ve lektinini (MuLL) içeren diyetlerle depo zararlısı *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) üzerinde yürüttükleri çalışmada, MuLL'un endoglukanaz ve

alkalen fosfataz aktivitelerini anlamlı düzeyde azalttığını ($P<0,05$) ortaya koymuşlardır (Napoleão ve ark., 2013b).



Şekil 5.5: Endoglukanaz aktivite sonuçları (* $p<0,05$)

5.5 Beta-Glukosidaz Enzim Aktivitesi

Lektinlerle muamele edilen böceklerin bağırsak homojenatlarındaki β -glukosidaz enzim aktivite sonuçları Şekil 5.6'da sunulmuştur. Bulgular, tüm lektinlerin β -glukosidaz enzim aktivitesini negatif kontrol grubuna kıyasla azalttığını göstermektedir. Sonuçlarımız, β -glukosidaz enzim aktivitesini azaltmada en yüksek etkinliğe sahip dozun PV 100 ($p<0,05$), en düşük etkinliğin ise TV 150 dozu olduğunu ortaya koymuştur. Sprawka ve arkadaşları, araştırmamızla benzer şekilde, glikoz-mannoz bağlayıcı lektin Konkanavalin A'nın (Con A) diyetle alınmasının kuş kirazı-yulaf yaprak biti (*Rhopalosiphum padi* L.)'nin protein sindiriminde görevli enzimler üzerindeki etkilerini incelemiş ve bu lektinin *R. padi*'nin sindirim enzimlerinden biri olan β -glukosidaz üzerinde doza bağlı bir inhibisyon oluşturduğunu bildirmişlerdir (Sprawka ve ark., 2014). Ayrıca Pereira de Albuquerque ve arkadaşları, *Microgramma vacciniifolia* (MvRL) kök lektininin *Nasutitermes corniger*'in (Isoptera: Termitidae) hayatta kalma oranı ve sindirim enzimleri üzerindeki etkilerini araştırmış, β -glukosidaz aktivitesinin MvRL tarafından baskılandığını belirtmişlerdir (Pereira de Albuquerque ve ark., 2012).

β -glukosidaz, böcek metabolizması ile böcek-bitki etkileşimlerinde kritik rol oynayan bir enzim olup, çeşitli karbonhidratları hidrolize ederek emilebilir monosakkaritlerin açığa çıkmasını sağlar (Terra ve ark., 1996). Bu bulgular ışığında, β -glukosidaz aktivitesinin inhibisyonunun böceğin çevresiyle olan etkileşimini sınırladığı, karbonhidrat

metabolizmasını bozarak enerji dengesini etkilediği ve dolayısıyla böceğin yaşam koşullarını olumsuz yönde etkileyip zamanla ölüme yol açabileceği sonucuna varılabilir.



Şekil 5.6: Beta-glukosidaz aktivite sonuçları (*p<0,05)

5.6 Alfa Amilaz Enzim Aktivitesi

Lektinlerle muamele edilen böceklerin bağırsak homojenatlarındaki alfa amilaz enzim aktivite sonuçları Şekil 5.7’de gösterilmiştir. Bulgular, tüm lektinlerin alfa amilaz enzim aktivitesini negatif kontrol grubuna kıyasla azalttığını ortaya koymaktadır. Veriler, alfa amilaz aktivitesini azaltmada en yüksek etkinliğe sahip dozun PA 150 (p<0,05), en düşük etkinliğin ise UE 100 dozu olduğunu göstermektedir. Pozitif kontrol ise negatif kontrole kıyasla çok düşük seviyede enzim aktivitesi göstermiştir.

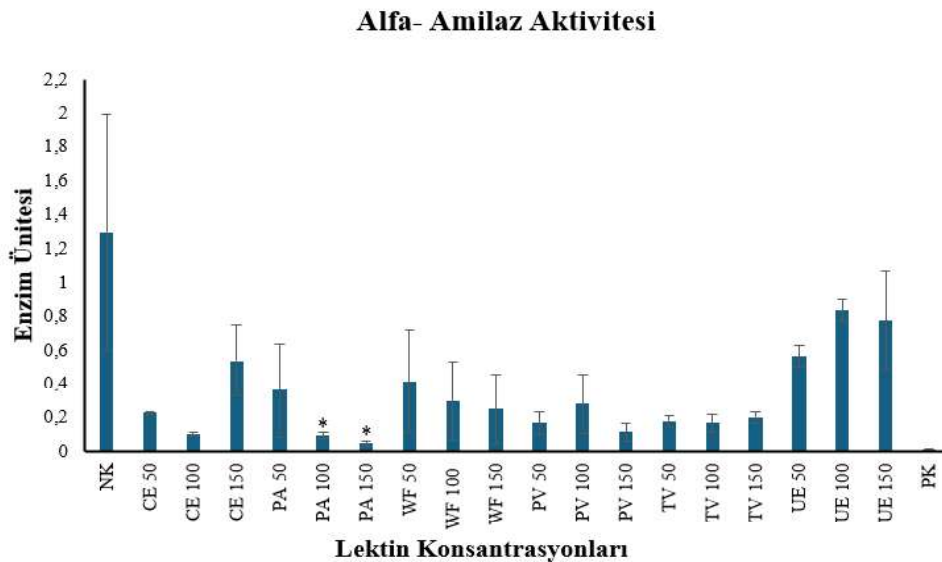
Ramzi ve arkadaşları, *Citrullus colocynthis* tohumlarından elde ettikleri lektin (CCA, *C. colocynthis* Agglutinin)’in farklı konsantrasyonlarını *Ectomyelois ceratoniae* larvalarının yapay diyetine ekleyerek sindirim fizyolojisi üzerindeki etkilerini incelemiş ve farklı CCA konsantrasyonlarıyla beslenen larvalarda α -amilaz aktivitesinde istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş gözlemlemişlerdir (Ramzi ve ark., 2013). Benzer şekilde, Naghdi ve Bandani, *Galanthus nivalis* aglutinin (GNA, kardelen lektini)’nin şeker pancarı tırtılı (*Spodoptera exigua* Hb., Lepidoptera: Noctuidae) üzerindeki etkilerini incelemiş ve lektin içeren diyetin böceğin α -amilaz aktivitesini önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir (Naghdi ve Bandani, 2013).

Bu inhibisyonun mekanizması, literatürdeki çalışmalarda lektinlerin böceklerin bağırsak epitel hücrelerindeki glikokonjugat reseptörlerine bağlanması, dolayısıyla sindirim

enzimlerinin (özellikle α -amilaz) salgılanmasını ve fonksiyonunu bozması şeklinde açıklanmaktadır. Örneğin, PF2 lektininin *Zabrotes subfasciatus* larvası midgutundaki α -amilaz enzimine spesifik bağlanma yaptığı ve bu bağlanmanın enzim aktivitesini doğrudan engellediği bildirilmiştir (Lagarda-Diaz ve ark., 2014). Ayrıca, diğer lektinlerin midgut epitel hücresi yüzeyindeki glikoproteinlere (örneğin peritrofik matris ve epitelyal hücre yüzey glikanlarına) bağlanarak besin emilimi, hücre bütünlüğü ve hücre sinyal yolları üzerinde olumsuz etki yarattığı, böylece enzimlerin normal işlevselliğinin bozulduğu da gösterilmiştir (Napoleão ve ark., 2019b).

Öte yandan, Lima ve arkadaşları, *Myracrodruon urundeuva*'nın kabuğu (MuBL) ve yapraklarından (MuLL) elde ettikleri termitisit lektinlerle *Nasutitermes corniger* işçilerinin bağırsaklarında bağlanma hedeflerini incelerken, her iki lektinin de alfa amilaz aktivitesini artırdığını göstermiş ve bu durumun böceğin besin sindirimi ve emilimini etkilediğini belirtmişlerdir (Lima ve ark., 2018).

Bu bulgular, lektinlerin yalnızca inhibisyon yoluyla değil, aynı zamanda aktivasyon mekanizmaları aracılığıyla da böceklerin sindirim ve biyokimyasal süreçlerini bozabileceğini ortaya koymaktadır. Bu tür bozulmalar, böceklerin hayati fonksiyonlarını olumsuz etkileyerek yaşamlarını tehdit edebilir.



Şekil 5.7: Alfa-amilaz aktivite sonuçları (*p<0,05)

Farklı çalışmalardan elde edilen bulgular, lektinlerin böceklerin şeker, protein ve fosfor metabolizmasında görevli enzimler üzerinde hem inhibe edici hem de aktive edici etkiler

gösterebildiğini ve bunun açlığa bağlı olarak homeostazın bozulmasına, dolayısıyla ölüme yol açabileceğini ortaya koymaktadır. Bizim çalışmamızda da kullanılan lektinlerin *H. halys*'ın bağırsak dokularında hasar ve oksidatif stres oluşturduğu gözlemlenmiş; bunun, böceklerin yaşam kalitesini düşürerek kısa sürede popülasyon yoğunluğunun azalmasına yol açabileceği düşünülmektedir.

5.7 Total Oksidan Seviyesi (TOS) Testi

Lektinlerle muamele edilen böceklerin hemolenf homojenatlarındaki total oksidan seviyesi (TOS) sonuçları Şekil 5.8'de sunulmuştur. Bulgular, tüm lektinlerin TOS'u negatif kontrol grubuna kıyasla artırdığını göstermektedir. Veriler, total oksidan seviyesini yükseltmede en yüksek etkinliğe sahip dozun TV 100 ($p < 0,05$), en düşük etkinliğin ise WF 150 dozu olduğunu ortaya koymaktadır. Pozitif kontrol ise negatif kontrole kıyasla çok yüksek TOS artışına sebep olmuştur.

Khoobdel ve arkadaşları, pirinç böceği *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) üzerinde *Polygonum persicaria* L.'den (PPA) ekstrakte ettikleri lektini test etmiş ve PPA'nın sindirim enzimlerini baskıladığını, eş zamanlı olarak oksidatif strese işaret eden biyokimyasal belirteçlerin (enzimler ve lipid peroksidasyon ürünü MDA) yükseldiğini bildirmişlerdir (Khoobdel ve ark., 2022). Benzer şekilde, Lima ve arkadaşları, *Myracrodruon urundeuva*'nın kabuk (MuBL) ve yapraklarından (MuLL) elde edilen lektinlerin *Nasutitermes corniger* işçileri üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarda, her iki lektinin de sindirim enzimlerini etkileyerek oksidatif hasarı tetiklediğini raporlamışlardır (Lima ve ark., 2017b, 2018).

Prooksidan olarak bilinen reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumu normal aerobik yaşamın bir özelliğidir ve kararlı bir durum, enzimatik veya enzimatik olmayan antioksidanlar tarafından dengelenir. "Oksidatif stres", bu denge bozulduğunda, prooksidanlar lehine oluşan dengesizlikten kaynaklanır (Sies, 1991). Aşırı ROS, hücre zarının akışkanlığını bozarak lipid peroksidasyonu ve apoptoza yol açabilir; proteinlerde oksidatif hasar, amino asit modifikasyonları ve peptit kırılmaları ile enzim aktivitelerinin kaybına neden olabilir. Ayrıca ROS oluşumu DNA'da mutasyonlar, baz delesyonları ve tek zincirli kırılmalar şeklinde hasara yol açabilir (Yang ve ark., 2010).

Bu bağlamda, TOS ile belirlenen artan oksidatif stres, böceklerde ölümcül hücrel olayları tetikleyebilir. İnsektisitler, serbest radikallerin üretimini artırarak ve antioksidan

aktivitelerde değişikliklere yol aarak oksidatif stresi indükleyebilir (Dubovskiy ve ark., 2008). Çalışmamızda gözlenen yüksek oksidatif stres, farklı çalışmalarla da desteklenmekte olup, bu durum, kullanılan lektinlerin potansiyel insektisit olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.



Şekil 5.8: Total oksidan seviyesi (TOS) sonuçları (*p<0,05)

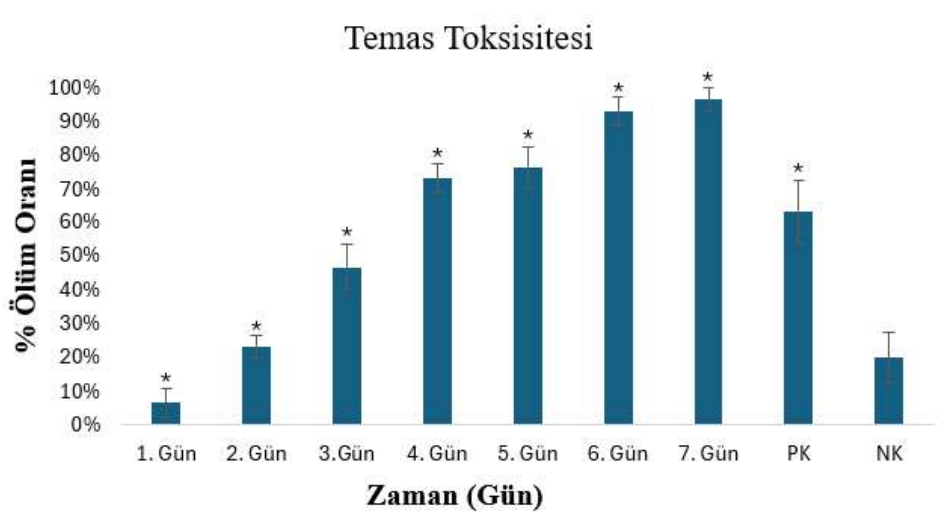
5.8 Repellent (İtici) Etki ve Temas Toksikitesi Testleri

H. halys böceklerinin *Mentha piperita* L. esansiyel yağının seri seyreltilmiş dozlarına maruziyeti sonucu elde edilen itici etkiler Tablo 5.1’de sunulmuştur. Yüzde iticilik (PR) değerleri pozitif olduğunda iticiliği, negatif olduğunda ise çekiciliği göstermektedir. *Mentha piperita* L. esansiyel yağının beş farklı dozu ile muamele edilen böceklerde, tüm dozlarda negatif kontrole kıyasla anlamlı bir itici etki gözlenmiştir; uygulanan dozların tümü istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Tablo 5.1: *Mentha piperita* L. esansiyel yağının repellent (itici) etkisi (Ortalama ± Standart hata) (*p<0,05)

DOZ	1*10 ⁻¹	1*10 ⁻²	1*10 ⁻³	1*10 ⁻⁴	1*10 ⁻⁵	P.K.	N.K.
1. SAAT	86,7±13,33*	46,7 ± 13,33*	46,7 ± 13,33*	60 ± 0*	33,33±13,33*	60 ± 23,10*	-33,33±13,33*
2. SAAT	86,7±13,33*	46,7±13,33*	20 ± 0*	46,7 ± 13,33*	33,33±13,33*	73,33±13,33*	-53,33 ± 6,67*
3. SAAT	73,33±13,33*	46,7 ± 13,33*	33,33±13,33*	33,33±13,33*	33,33±13,33*	73,33±13,33*	-33,33±13,33*
4. SAAT	60 ± 0*	60 ± 0*	46,7 ± 13,33*	33,33±13,33*	33,33±13,33*	60 ± 0*	-26,67 ± 6,67*
5. SAAT	73,33±13,33*	73,33±13,33*	73,33±13,33*	46,7 ± 13,33*	33,33±13,33*	73,33±13,33*	-26,67 ± 6,67*

Böceklerin *Mentha piperita* L. esansiyel yağının seyreltilmiş dozuna (1×10^{-1}) maruziyeti sonucu temas toksisitesi Şekil 5.9’da gösterilmiştir. En yüksek seyreltme oranı (1×10^{-1}) ile muamele edilen böceklerde, negatif kontrole kıyasla yüksek ölüm oranları gözlenmiş ve bu durum esansiyel yağın yüksek toksisiteye sahip olduğunu göstermiştir. Zamanla artan ölüm oranları, kullanılan esansiyel yağın temas toksisitesinin pozitif kontrolden dahi yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Tüm tekrarlar ve kontroller arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 5.9: *Mentha piperita* L. esansiyel yağının temas toksisitesi * $p < 0,05$

Benzer çalışmalar da esansiyel yağların hem kovucu hem toksik etkilerini desteklemektedir. Zhang ve arkadaşları, *Toddalia asiatica* esansiyel yağlarının *Tribolium castaneum* ve *Lasioderma serricornis* üzerindeki etkilerini değerlendirerek her iki türde yüksek insektisit ve repellent etkinlik saptamışlardır (Zhang ve ark., 2024). Sayed ve arkadaşları, *Mentha piperita*, *Mentha longifolia*, *Salvia officinalis* ve *Salvia rosmarinus* türlerinden elde edilen esansiyel yağların *Aphis punicae* üzerindeki etkilerini incelemiş, özellikle *Salvia* türlerinin güçlü kovucu etkiler gösterdiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, *M. piperita* ve *M. longifolia* yağlarının *A. punicae* ve *C. undecimpunctata* larvaları üzerinde yüksek temas toksisitesine sahip olduğu da gösterilmiştir (Sayed ve ark., 2022b). Khan ise altı farklı bitkinin uçucu yağlarını *Musca domestica* üzerinde test etmiş ve *T. peruviana* ile *A. indica* yağlarının toksik, itici ve yumurtlamayı engelleyici etkiler açısından en etkili bileşikler olduğunu ortaya koymuştur (Khan, 2021).

Bizim çalışmamızda da *Mentha piperita* L. esansiyel yağının yüksek kovucu ve toksik etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, bu esansiyel yağın doğal insektisit

formülasyonlarında potansiyel olarak etkili bir kullanım alanına sahip olabileceği düşünülmektedir. Literatürde *H. halys* üzerine benzer bir çalışma bulunmamaktadır; bu bulguların, gelecekteki çalışmalara yol gösterici olacağı ve yeni biyoinsektisit kaynakları için öncü olacağı öngörülmektedir.

5.9 Öneriler

Lektinlerin böcek öldürücü etkileri, literatürdeki diğer çalışmalar tarafından da desteklenmektedir. Ayrıca, bitki kaynaklı lektinlerin sindirim enzimleri üzerindeki inhibitör etkisi, böceklerin gelişim ve üreme kapasitelerinin sınırlandırılmasına yol açmaktadır. Bu alandaki araştırmaların daha kapsamlı ve derinlemesine yürütülebilmesi için gelecekte yapılacak çalışmalarda bazı noktalara odaklanılması faydalı olacaktır.

Öncelikle, lektinlerin ticari teminine olan bağımlılığı azaltmak amacıyla, yerel bitki türlerinden saflaştırma yöntemlerinin geliştirilmesi önemlidir. Böylelikle daha geniş bir lektin çeşitliliği kullanılabilir ve maliyet etkin çalışmalara olanak sağlanabilir. Ayrıca, lektinler ve esansiyel yağların etkilerinin yalnızca laboratuvar ortamında değil, doğal saha koşullarında da test edilmesi, bu bileşiklerin çevresel etkileri ve pratikteki uygulanabilirliği açısından kritik bir adım olacaktır. Saha çalışmaları aynı zamanda hedef dışı organizmalar üzerindeki potansiyel etkilerin belirlenmesine de katkı sağlayacaktır.

Esansiyel yağların kimyasal bileşimlerinin analitik yöntemlerle belirlenmesi, biyolojik etkinin hangi bileşenlerden kaynaklandığının ortaya konulması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu tür bilgiler, gelecekte geliştirilecek bitkisel bazlı biyopestisit formülasyonlarının etkinliğini artırmak ve güvenliğini sağlamak için temel oluşturabilir. Ayrıca, lektin ve esansiyel yağların *H. halys*'in farklı gelişim evreleri üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, zararlı ile mücadelede hangi aşamanın daha etkili olduğunu belirlemeye yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Agasyeva, I. S., Ismailov, V. Ya., Petrishcheva, M., & Nastasiy, A. S.** 2024. Use of Biological Agents to Control the Number of *Halyomorpha halys* (Stål). *Advancements in Life Sciences*, 11(3), 696. <https://doi.org/10.62940/als.v11i3.3265>
- Agra-Neto, A. C., Napoleão, T. H., Pontual, E. V., de Lima Santos, N. D., de Andrade Luz, L., de Oliveira, C. M. F., de Melo-Santos, M. A. V., Coelho, L. C. B. B., do Amaral Ferraz Navarro, D. M., & Paiva, P. M. G.** 2014. Effect of *Moringa oleifera* Lectins on Survival and Enzyme Activities of *Aedes aegypti* Larvae Susceptible and Resistant To Organophosphate. *Parasitology Research*, 113(1), 175–184. <https://doi.org/10.1007/s00436-013-3640-8>
- Altanlar, E., ve Tuncer, C.** 2023. Kahverengi kokarca [*Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae)]'nin Feromon Tuzaklarının Etkinliğinin Belirlenmesi. *Anadolu Journal Of Agricultural Sciences*. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1266702>
- Baek, S., Hwang, A., Kim, H., Lee, H., & Lee, J.-H.** 2017. Temperature-dependent Development and Oviposition Models of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2), 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.02.009>
- Bohinc, T., Batistič, L., & Trdan, S.** 2024. Seasonal Dynamics of the Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys* [Stål]) in an Urban Landscape. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 74(1). <https://doi.org/10.1080/09064710.2024.2396983>
- Carlini, C. R., & Grossi-de-Sá, M. F.** 2002. Plant Toxic Proteins with Insecticidal Properties. A Review on Their Potentialities as Bioinsecticides. *Toxicon*, 40(11), 1515–1539. [https://doi.org/10.1016/S0041-0101\(02\)00240-4](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(02)00240-4)
- Carnio, V., Favaro, R., Preti, M., & Angeli, S.** 2024. Impact of Aggregation Pheromone Traps on Spatial Distribution of *Halyomorpha halys* Damage in Apple Orchards. *Insects*, 15(10), 791. <https://doi.org/10.3390/insects15100791>
- Carrel, J. E., Wood, J. M., Yang, Z., McCairel, M. H., & Hindman, E. E.** 1990. Diet, Body Water, and Hemolymph Content in The Blister Beetle *Lytta polita* (Coleoptera: Meloidae). *Environmental Entomology*, 19(5), 1283–1288. <https://doi.org/10.1093/ee/19.5.1283>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chakrabarti, P., Rana, S., Sarkar, S., Smith, B., & Basu, P.** 2015. Pesticide-induced Oxidative Stress in Laboratory and Field Populations of Native Honey Bees Along Intensive Agricultural Landscapes in Two Eastern Indian States. *Apidologie*, 46(1), 107–129. <https://doi.org/10.1007/s13592-014-0308-z>
- Czapla, T. H., & Lang, B. A.** 1990a. Effect of Plant Lectins on the Larval Development of European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) and Southern Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 83(6), 2480–2485. <https://doi.org/10.1093/jee/83.6.2480>
- Czapla, T. H., & Lang, B. A.** 1990b. Effect of Plant Lectins on the Larval Development of European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) and Southern Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 83(6), 2480–2485. <https://doi.org/10.1093/jee/83.6.2480>
- De Hoff, P. L., Brill, L. M., & Hirsch, A. M.** 2009. Plant Lectins: the Ties That Bind in Root Symbiosis and Plant Defense. *Molecular Genetics and Genomics*, 282(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s00438-009-0460-8>
- Dobson, R.** 2015. *Mechanical Exclusion and Biological Control Strategies For the Invasive Brown Marmorated Stink Bug, Halyomorpha halys (Hemiptera: Pentatomidae)* [Master's Thesis]. Institute of Science.
- Dubovskiy, I. M., Martemyanov, V. V., Vorontsova, Y. L., Rantala, M. J., Gryzanova, E. V., & Glupov, V. V.** 2008. Effect of Bacterial Infection on Antioxidant Activity and Lipid Peroxidation in the Midgut of *Galleria mellonella* L. Larvae (Lepidoptera, Pyralidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 148(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2008.02.003>
- Erdem, M.** 2021. The Assessment of Oxidative Stress Biomarkers in Different Serum and Plasma Specimens. *Erciyes Medical Journal*, 43(6), 541-7. <https://doi.org/10.14744/etd.2021.75983>
- Etienne, T. vama, Christian, D. J., & Augustion, A. amissa.** 2020. Repellent Effect of Some Essential Oil from Ivorian Ethnomedicinal Plant Against Malaria Vector, *Anopheles gambiae* (Giles, 1902). *International Journal of Mosquito Research*, 7(1), 16–24.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Falcon-Brindis A., Villanueva R. T.** (2024). Checklist and Key to Species of Stink Bugs (Hemiptera, Heteroptera, Pentatomidae) of Kentucky United States of America. *ZooKeys*, 1213: 75–93. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1213.122843>
- Farahani, S., & Bandani, A. R.** 2023. Plant Essential Oils Induce Expression of Heat Shock Proteins and Antioxidant Enzyme Activity in Carob Moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae). *European Journal of Entomology*, 120, 161–169. <https://doi.org/10.14411/eje.2023.021>
- Fisher, J. J., Rijal, J. P., & Zalom, F. G.** 2021. Temperature and Humidity Interact to Influence Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae), Survival. *Environmental Entomology*, 50(2), 390–398. <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa146>
- Franco, L., Romero, D., García-Navarro, J. A., Teles, M., & Tvarijonaviciute, A.** (2016). Esterase Activity (EA), Total Oxidant Status (TOS) and Total Antioxidant Capacity (TAC) in Gills of *Mytilus galloprovincialis* Exposed to Pollutants: Analytical Validation and Effects Evaluation by Single and Mixed Heavy Metal Exposure. *Marine Pollution Bulletin*, 102(1), 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.12.010>
- Gebauer, S., Pompermayer, K., de Oliveira, D. G. P., Pinto, F. G. da S., Rosset, J., Bandeira, D. M., Silva, G. T. de S. e, de Oliveira, M. S., Silva, G. H., Alves, L. F. A., Carvalho, G. A., de Oliveira, D. F., & Alves, D. S.** 2024. *Mentha spp. essential oils: Toxicity to Alphitobius diaperinus, activity against poultry pathogenic bacteria, and Beauveria bassiana compatibility.* <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3990360/v1>
- H. A. Metayi, M., S. El-Tahawe, H., & M. Khorchid, A.** 2024. Entomotoxic Properties of White Kidney Bean and Soybean Lectins and their Effects against Two Digestive Enzymes of the Spiny Bollworm, *Earias insulana* (Boisd.). *Alexandria Science Exchange Journal*, 45(1), 27–34. <https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2024.337001>
- Hajek, A. E., Brandt, S. N., González, J. B., & Bergh, J. C.** (2023). Entomopathogens Infecting Brown Marmorated Stink Bugs Before, During, and After Overwintering. *Journal of Insect Science*, 23(3). <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead033>
- Haye, T., Abdallah, S., Garipey, T., & Wyniger, D.** 2014. Phenology, Life Table Analysis and Temperature Requirements of the Invasive Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys*, in Europe. *Journal of Pest Science*, 87(3), 407–418. <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0560-z>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hess, B., Zimmermann, O., Baufeld, P., Reißig, A., Lutsch, B., & Schrader, G.** 2022. Current Distribution and Spatial Spread Patterns of *Halyomorpha halys* in Germany. *EPP0 Bulletin*, 52(1), 164–174. <https://doi.org/10.1111/epp.12828>
- Ho, S. H., Cheng, L. P. L., Sim, K. Y., & Tan, H. T. W.** 1994. Potential of Cloves (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. and Perry) as a Grain Protectant Against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Postharvest Biology and Technology*, 4(1–2), 179–183. [https://doi.org/10.1016/0925-5214\(94\)90019-1](https://doi.org/10.1016/0925-5214(94)90019-1)
- Hoebeke E. Richard, & Carter Maureen E.** 2003. *Halyomorpha Halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): A Polyphagous Plant Pest From Asia Newly Detected In North America. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 51, 225–237.
- Holmskov, U., Thiel, S., & Jensenius, J. C.** 2003. Collectins and Ficolins: Humoral Lectins of the Innate Immune Defense. *Annual Review of Immunology*, 21(1), 547–578. <https://doi.org/10.1146/annurev.immunol.21.120601.140954>
- Hristozova, M., & Harizanova, A.** 2022. Laboratory Study of the Lifecycle Parameters of the Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys* Stål.) – An Alien Pest Established in Bulgaria. *Agricultural Sciences*, 14(32), 23–30. <https://doi.org/10.22620/agrisci.2022.32.004>
- Junior, E. M. de A., Fernandes, I. M. dos S., Santos, C. S., Mesquita, L. X. de, Pereira, R. A., Maracajá, P. B., & Soto-Blanco, B.** 2011. Toxicity of Castor Bean (*Ricinus communis*) Pollen to Honeybees. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141(1–2), 221–223. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.010>
- Khan, H. A. A.** 2021. Toxicity, Repellent and Oviposition Deterrent Effects of Select Essential Oils Against the House Fly *Musca domestica*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24(1), 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2020.10.002>
- Khoobdel, M., Rahimi, V., Ebadollahi, A., & Krutmuang, P.** 2022. Evaluation of the Potential of a Lectin Extracted from *Polygonum persicaria* L. as a Biorational Agent against *Sitophilus oryzae* L. *Molecules*, 27(3), 793. <https://doi.org/10.3390/molecules27030793>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kim, S. Bin, & Kim, D.-S.** 2022. Annual Life Cycle Pattern of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Organic Cultured ‘Shiranui’ ((*Citrus unshiu* x *C. sinensis*) x *C. reticulata*) in Non-Heated Greenhouse. *Journal of Asian Agriculture and Biotechnology*, 38(2), 1–11. <https://doi.org/10.51711/JAAB.2022.38.2.1>
- Lagarda-Diaz, I., Geiser, D., Guzman-Partida, A. M., Winzerling, J., & Vazquez-Moreno, L.** 2014. Recognition and Binding of the PF2 Lectin to α -Amylase From *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) Larval Midgut. *Journal of Insect Science*, 14(1). <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu066>
- Lagarda-Diaz, I., Guzman-Partida, A., & Vazquez-Moreno, L.** 2017. Legume Lectins: Proteins with Diverse Applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(6), 1242. <https://doi.org/10.3390/ijms18061242>
- Lee, D.-H., Short, B. D., Nielsen, A. L., & Leskey, T. C.** 2014. Impact of Organic Insecticides on the Survivorship and Mobility of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) in the Laboratory. *Florida Entomologist*, 97(2), 414–421. <https://doi.org/10.1653/024.097.0211>
- Leskey, T. C., Agnello, A., Bergh, J. C., Dively, G. P., Hamilton, G. C., Jentsch, P., Khrimian, A., Krawczyk, G., Kuhar, T. P., Lee, D.-H., Morrison, W. R., Polk, D. F., Rodriguez-Saona, C., Shearer, P. W., Short, B. D., Shrewsbury, P. M., Walgenbach, J. F., Weber, D. C., Welty, C., ... Zaman, F.** 2015. Attraction of the Invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) to Traps Baited with Semiochemical Stimuli Across the United States. *Environmental Entomology*, 44(3), 746–756. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv049>
- Leskey, T. C., Hamilton, G. C., Nielsen, A. L., Polk, D. F., Rodriguez-Saona, C., Bergh, J. C., Herbert, D. A., Kuhar, T. P., Pfeiffer, D., Dively, G. P., Hooks, C. R. R., Raupp, M. J., Shrewsbury, P. M., Krawczyk, G., Shearer, P. W., Whalen, J., Koplinka-Loehr, C., Myers, E., Inkley, D., ... Wright, S. E.** 2012. Pest Status of the Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks on Pest Management*, 23(5), 218–226. <https://doi.org/10.1564/23oct07>
- Leskey, T. C., Lee, D.-H., Short, B. D., & Wright, S. E.** 2012. Impact of Insecticides on the Invasive & It; I & gt; *Halyomorpha halys* & It;I & gt; (Hemiptera: Pentatomidae): Analysis of Insecticide Lethality. *Journal of Economic Entomology*, 105(5), 1726–1735. <https://doi.org/10.1603/EC12096>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Leskey, T. C., & Nielsen, A. L.** 2018. Impact of the Invasive Brown Marmorated Stink Bug in North America and Europe: History, Biology, Ecology, and Management. *Annual Review of Entomology*, 63(1), 599–618. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043226>
- Leskey, T. C., Short, B. D., & Ludwick, D.** 2020. Comparison and Refinement of Integrated Pest Management Tactics for *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) Management in Apple Orchards. *Journal of Economic Entomology*, 113(4), 1725–1734. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa067>
- Lima, T. A., Dornelles, L. P., Oliveira, A. P. S., Guedes, C. C., Souza, S. O., Sá, R. A., Zingali, R. B., Napoleão, T. H., & Paiva, P. M.** 2018. Binding Targets of Termiticidal Lectins from the Bark and Leaf of *Myracrodruon urundeuva* in the Gut of *Nasutitermes corniger* Workers. *Pest Management Science*, 74(7), 1593–1599. <https://doi.org/10.1002/ps.4847>
- Lima, T. A., Fernandes, K. M., Oliveira, A. P. S., Dornelles, L. P., Martins, G. F., Napoleão, T. H., & Paiva, P. M.** 2017a. Termiticidal Lectins from *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) Cause Midgut Damage When Ingested by *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae) Workers. *Pest Management Science*, 73(5), 991–998. <https://doi.org/10.1002/ps.4415>
- Lima, T. A., Fernandes, K. M., Oliveira, A. P. S., Dornelles, L. P., Martins, G. F., Napoleão, T. H., & Paiva, P. M.** 2017b. Termiticidal Lectins from *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) Cause Midgut Damage When Ingested by *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae) Workers. *Pest Management Science*, 73(5), 991–998. <https://doi.org/10.1002/ps.4415>
- Linskens H. F., & Jackson J. F.** 2002. *Molecular methods of plant analysis*.
- Liu, Z. L., & Ho, S. H.** 1999. Bioactivity of the Essential Oil Extracted from *Evodia rutaecarpa* Hook f. et Thomas against the Grain Storage Insects, *Sitophilus zeamais* Motsch. and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*, 35(4), 317–328. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(99\)00015-6](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(99)00015-6)
- Macedo, M. L. R., Freire, M. das G. M., Novello, J. C., & Marangoni, S.** 2002. Talisia Esculenta Lectin and Larval Development of *Callosobruchus maculatus* and *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)- General Subjects*, 1571(2), 83–88. [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(02\)00155-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(02)00155-1)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Macedo, M., Oliveira, C., & Oliveira, C.** 2015. Insecticidal Activity of Plant Lectins and Potential Application in Crop Protection. *Molecules*, 20(2), 2014–2033. <https://doi.org/10.3390/molecules20022014>
- Medal, J., Smith, T., & Cruz, A. S.** 2013. Biology of the Brown Marmorated Stink Bug *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in the Laboratory. *Florida Entomologist*, 96(3), 1209–1212. <https://doi.org/10.1653/024.096.0370>
- Medal, J., Smith, T., Fox, A., Cruz, A. S., Poplin, A., & Hodges, A.** 2012. Rearing the Brown Marmorated Stink Bug *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae). *Florida Entomologist*, 95(3), 800–802. <https://doi.org/10.1653/024.095.0339>
- Michiels, K., Van Damme, E. J., & Smagghe, G.** 2010. Plant-insect Interactions: What Can We Learn from Plant Lectins?. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 73(4), 193–212. <https://doi.org/10.1002/arch.20351>
- Naghdi, M., & Bandani, A. R.** 2013. The Effect of GNA Lectin on the α -amylase Activity of the Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* Hb. (Lepidoptera: Noctuidae). *Archives Of Phytopathology And Plant Protection*, 46(11), 1270–1277. <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.764054>
- Napoleão, T. H., Albuquerque, L. P., Santos, N. D., Nova, I. C., Lima, T. A., Paiva, P. M., & Pontual, E. V.** 2019a. Insect Midgut Structures and Molecules as Targets of Plant-derived Protease Inhibitors and Lectins. *Pest Management Science*, 75(5), 1212–1222. <https://doi.org/10.1002/ps.5233>
- Napoleão, T. H., Albuquerque, L. P., Santos, N. D., Nova, I. C., Lima, T. A., Paiva, P. M., & Pontual, E. V.** 2019b. Insect Midgut Structures and Molecules as Targets of Plant-derived Protease Inhibitors and Lectins. *Pest Management Science*, 75(5), 1212–1222. <https://doi.org/10.1002/ps.5233>
- Napoleão, T. H., Belmonte, B. do R., Pontual, E. V., de Albuquerque, L. P., Sá, R. A., Paiva, L. M., Breitenbach Barroso Coelho, L. C., & Paiva, P. M. G.** 2013a. Deleterious Effects of Myracrodruon urundeuva Leaf Extract and Lectin on the Maize Weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 54, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.04.002>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Napoleão, T. H., Belmonte, B. do R., Pontual, E. V., de Albuquerque, L. P., Sá, R. A., Paiva, L. M., Breitenbach Barroso Coelho, L. C., & Paiva, P. M. G.** 2013b. Deleterious Effects of Myracrodruon urundeuva Leaf Extract and Lectin on the Maize Weevil, Sitophilus zeamais (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 54, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.04.002>
- Nath, P. C., Dey, P., Paul, T., Shil, S., Sarkar, S., Rustagi, S., Bhattacharya, D., Vora, K., & Roy, R.** 2024. Essential Oils and Their Critical Implications in Human Use. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 60, 103258. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103258>
- Nielsen, A. L., & Hamilton, G. C.** 2009. Life History of the Invasive Species *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Northeastern United States. *Annals of the Entomological Society of America*, 102(4), 608–616. <https://doi.org/10.1603/008.102.0405>
- Nyamukondiwa, C., Machekano, H., Chidawanyika, F., Mutamiswa, R., Ma, G., & Ma, C.-S.** 2022. Geographic Dispersion of Invasive Crop Pests: the Role of Basal, Plastic Climate Stress Tolerance and Other Complementary Traits in the Tropics. *Current Opinion in Insect Science*, 50, 100878. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100878>
- Osman, M. E. M., Osman, R. S. H., Gharthey-Kwansah, G., & Konozy, E. H. E.** 2023. Plant Lectins: Implications in Tolerance and Resistance. In *Annual Plant Reviews online* (pp. 31–55). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0804>
- Paiero, S. M., Marshall, S. A., McPherson, J. E., & Ma, M.-S.** 2013. Stink Bugs (Pentatomidae) and Parent Bugs (Acanthosomatidae) of Ontario and Adjacent Areas: A Key to Species and a Review of the Fauna. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 24.
- Paiva PMG, Pontual EV, Napoleão TH, & Coelho LCBB.** 2013. *Lectins and Trypsin Inhibitors from Plants: Biochemical Characteristics and Adverse Effects on Insect Larvae.*
- Pajač Beus, M., Lemić, D., Skendžić, S., Čirjak, D., & Pajač Živković, I.** 2024. The Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae)- A Major Challenge for Global Plant Production. *Agriculture*, 14(8), 1322. <https://doi.org/10.3390/agriculture14081322>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Panda, S., Sahoo, S., Tripathy, K., Singh, Y. D., Sarma, M. K., Babu, P. J., & Singh, M. C.** 2022. Essential Oils and Their Pharmacotherapeutics Applications in Human Diseases. *Advances in Traditional Medicine*, 22(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s13596-020-00477-z>
- Papa, G., & Negri, I.** 2020. Cannibalism in the Brown Marmorated Stink Bug *Halyomorpha halys* (Stål). *Insects*, 11(9), 643. <https://doi.org/10.3390/insects11090643>
- Pavela, R.** 2004. Insecticidal Activity of Certain Medicinal Plants. *Fitoterapia*, 75(7–8), 745–749. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2004.08.005>
- Pavela, R.** 2010. Antifeedant Activity of Plant Extracts on *Leptinotarsa decemlineata* Say. and *Spodoptera littoralis* Bois. larvae. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 213–219. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.04.010>
- Pavela, R.** 2011. Insecticidal and Repellent Activity of Selected Essential Oils Against of the Pollen Beetle, *Meligethes aeneus* (Fabricius) Adults. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 888–892. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.02.014>
- Pereira de Albuquerque, L., Maria de Sá Santana, G., Pontual, E. V., Napoleão, T. H., Breitenbach Barroso Coelho, L. C., & Paiva, P. M. G.** 2012. Effect of *Microgramma vacciniifolia* Rhizome Lectin on Survival and Digestive Enzymes of *Nasutitermes corniger* (Isoptera, Termitidae). *International Biodeterioration & Biodegradation*, 75, 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.06.030>
- Peumans, W. J., & Van Damme, EJM.** 1995. Lectins as Plant Defense Proteins. *Plant Physiology*, 109(2), 347–352. <https://doi.org/10.1104/pp.109.2.347>
- Pimenta, T. A., Silva, A. B. da, Farias, L. R. A., Cruz, G. S., Teixeira, V. W., Teixeira, Á. A. C., Silva, N. de L., & Trindade, R. C. P.** 2025. Bioactivity, biochemical mechanisms, and olfactory effects of the essential oil from *Syzygium aromaticum* and its major compound eugenol on *Sitophilus zeamais* L. (Coleoptera: Curculionidae). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5738778/v1>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Pyšek, P., Hulme, P. E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T. M., Carlton, J. T., Dawson, W., Essl, F., Foxcroft, L. C., Genovesi, P., Jeschke, J. M., Kühn, I., Liebhold, A. M., Mandrak, N. E., Meyerson, L. A., Pauchard, A., Pergl, J., Roy, H. E., Seebens, H., & Richardson, D. M. 2020. Scientists' Warning on Invasive Alien Species. *Biological Reviews*, 95(6), 1511–1534. <https://doi.org/10.1111/brv.12627>
- Rahbé, Y., Sauvion, N., Febvay, G., Peumans, W. J., & Gatehouse, A. M. R. 1995. Toxicity of Lectins and Processing of Ingested Proteins in the Pea Aphid *Acyrtosiphon pisum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 76(2), 143–155. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1995.tb01956.x>
- Ramzi, S., Sahragard, A., Sendi, J. J., & Aalami, A. 2013. Effects of an Extracted Lectin from *Citrullus colocynthis* L. (Cucurbitaceae) on Survival, Digestion and Energy Reserves of *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Frontiers in Physiology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00328>
- Rice, K. B., Bedoukian, R. H., Hamilton, G. C., Jentsch, P., Khimian, A., MacLean, P., Morrison, W. R., Short, B. D., Shrewsbury, P., Weber, D. C., Wiman, N., & Leskey, T. C. 2018. Enhanced Response of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) to Its Aggregation Pheromone with Ethyl Decatrienoate. *Journal of Economic Entomology*, 111(1), 495–499. <https://doi.org/10.1093/jee/tox316>
- Rot, M., Maistrello, L., Costi, E., & Trdan, S. 2022. Biological Parameters, Phenology and Temperature Requirements of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in the Sub-Mediterranean Climate of Western Slovenia. *Insects*, 13(10), 956. <https://doi.org/10.3390/insects13100956>
- Sabbatini-Peverieri, G., Dieckhoff, C., Giovannini, L., Marianelli, L., Roversi, P. F., & Hoelmer, K. 2020. Rearing *Trissolcus japonicus* and *Trissolcus mitsukurii* for Biological Control of *Halyomorpha halys*. *Insects*, 11(11), 787. <https://doi.org/10.3390/insects11110787>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Santos, N. D. de L., Albuquerque, L. P. de, de Amorim, M. M. R., de Oliveira Silva, J. N., Procópio, T. F., Santos, P. É. M. dos, Paiva, P. M. G., Barros, M. R., Napoleão, T. H., & Pontual, E. V.** 2023. Effects of Lectin Preparations from *Microgramma vacciniifolia* Rhizomes on the Survival, Digestive Enzymes, and Acetylcholinesterase Activity of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Macromol*, 3(3), 451–462. <https://doi.org/10.3390/macromol3030027>
- Savary, S., Ficke, A., Aubertot, J.-N., & Hollier, C.** 2012. Crop Losses Due to Diseases and Their Implications for Global Food Production Losses and Food Security. *Food Security*, 4(4), 519–537. <https://doi.org/10.1007/s12571-012-0200-5>
- Sayed, S., Soliman, M. M., Al-Otaibi, S., Hassan, M. M., Elarrnauty, S.-A., Abozeid, S. M., & El-Shehawi, A. M.** 2022a. Toxicity, Deterrent and Repellent Activities of Four Essential Oils on *Aphis punicae* (Hemiptera: Aphididae). *Plants*, 11(3), 463. <https://doi.org/10.3390/plants11030463>
- Sayed, S., Soliman, M. M., Al-Otaibi, S., Hassan, M. M., Elarrnauty, S.-A., Abozeid, S. M., & El-Shehawi, A. M.** 2022b. Toxicity, Deterrent and Repellent Activities of Four Essential Oils on *Aphis punicae* (Hemiptera: Aphididae). *Plants*, 11(3), 463. <https://doi.org/10.3390/plants11030463>
- Sharon, N., & Lis H.** 2004. History of Lectins: from Hemagglutinins to Biological Recognition Molecules. *Glycobiology*, 14(11), 53R-62R. <https://doi.org/10.1093/glycob/cwh122>
- Siddiqui, J. A., Fan, R., Naz, H., Bamisile, B. S., Hafeez, M., Ghani, M. I., Wei, Y., Xu, Y., & Chen, X.** 2023. Insights into Insecticide-Resistance Mechanisms in Invasive Species: Challenges and Control Strategies. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1112278>
- Sies, H.** 1991. Oxidative Stress: From Basic Research to Clinical Application. *The American Journal of Medicine*, 91(3), S31–S38. [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(91\)90281-2](https://doi.org/10.1016/0002-9343(91)90281-2)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sparks, M. E., Bansal, R., Benoit, J. B., Blackburn, M. B., Chao, H., Chen, M., Cheng, S., Childers, C., Dinh, H., Doddapaneni, H. V., Dugan, S., Elpidina, E. N., Farrow, D. W., Friedrich, M., Gibbs, R. A., Hall, B., Han, Y., Hardy, R. W., Holmes, C. J., ... Gundersen-Rindal, D. E.** 2020. Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys* (Stål), Genome: Putative Underpinnings of Polyphagy, Insecticide Resistance Potential and Biology of a Top Worldwide Pest. *BMC Genomics*, 21(1), 227. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-6510-7>
- Sparks, M. E., Shelby, K. S., Kuhar, D., & Gundersen-Rindal, D. E.** 2014. Transcriptome of the Invasive Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). *PLoS ONE*, 9(11), e111646. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111646>
- Sperdoui, I., Andreadis, S., Adamakis, I.-D., Moustaka, J., Koutsogeorgiou, E., & Moustakas, M.** 2022. Reactive Oxygen Species Initiate Defence Responses of Potato Photosystem II to Sap-Sucking Insect Feeding. *Insects*, 13(5), 409. <https://doi.org/10.3390/insects13050409>
- Sprawka, I., Goławska, S., Goławski, A., Chrzanowski, G., Czerniewicz, P., & Sytykiewicz, H.** 2014. Entomotoxic Action of Jackbean Lectin (Con A) in Bird Cherry-Oat Aphid Through the Effect on Insect Enzymes. *Journal of Plant Interactions*, 9(1), 425–433. <https://doi.org/10.1080/17429145.2013.848947>
- Stratonovitch, P., Elias, J., Denholm, I., Slater, R., & Semenov, M. A.** 2014. An Individual-Based Model of the Evolution of Pesticide Resistance in Heterogeneous Environments: Control of *Meligethes aeneus* Population in Oilseed Rape Crops. *PLoS ONE*, 9(12), e115631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115631>
- Talukder, F. A., & Howse, P. E.** 1993. Deterrent and Insecticidal Effects of Extracts of *Pithecellobium polystachya* (Meliaceae), against *Tribolium castaneum* in Storage. *Journal of Chemical Ecology*, 19(11), 2463–2471. <https://doi.org/10.1007/BF00980683>
- Talukder, F. A., & Howse, P. E.** 1995. Evaluation of *Pithecellobium polystachya* as a Source Of Repellents, Antifeedants, Toxicants and Protectants in Storage Against *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*, 31(1), 55–61. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(94\)00036-S](https://doi.org/10.1016/0022-474X(94)00036-S)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tassini, C., & Mifsud, D.** 2019. The Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) in Malta. *EPPO Bulletin*, 49(1), 132–136. <https://doi.org/10.1111/epp.12557>
- Terra, W. R., Ferreira, C., Jordão, B. P., & Dillon, R. J.** 1996. Digestive Enzymes. In: Lehane, M.J., Billingsley, P.F. (eds) *Biology of the Insect Midgut*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1519-0_6
- Tobin, P. C.** 2018. Managing Invasive Species. *F1000Research*, 7, 1686. <https://doi.org/10.12688/f1000research.15414.1>
- Van Holle, S., De Schutter, K., Eggermont, L., Tsaneva, M., Dang, L., & Van Damme, E.** 2017. Comparative Study of Lectin Domains in Model Species: New Insights into Evolutionary Dynamics. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(6), 1136. <https://doi.org/10.3390/ijms18061136>
- Venable, A., Mitalipova, M., Lyons, I., Jones, K., Shin, S., Pierce, M., & Stice, S.** 2005. Lectin Binding Profiles of SSEA-4 Enriched, Pluripotent Human Embryonic Stem Cell Surfaces. *BMC Developmental Biology*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.1186/1471-213X-5-15>
- Venette, R. C., & Hutchison, W. D.** 2021. Invasive Insect Species: Global Challenges, Strategies & Opportunities. *Frontiers in Insect Science*, 1. <https://doi.org/10.3389/finsc.2021.650520>
- Wiman, N. G., Walton, V. M., Shearer, P. W., Rondon, S. I., & Lee, J. C.** 2015. Factors Affecting Flight Capacity of Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Pest Science*, 88(1), 37–47. <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0582-6>
- Yadav, D. K., Rathee, S., Sharma, V., & Patil, U. K.** 2025. A Comprehensive Review on Insect Repellent Agents: Medicinal Plants and Synthetic Compounds. *Anti-Inflammatory & Anti-Allergy Agents in Medicinal Chemistry*, 24(2), 84–102. <https://doi.org/10.2174/0118715230322355240903072704>
- Yalçın, Z. N., Yılmaz Kardas, B., Doğan, S., & Varlı, S. V.** 2025. Investigation of Biodegradable Insecticidal Properties of Different Plant Lectins on Tropinota (Epicometis) hirta (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae). *Turkish Journal of Entomology*, 48(4), 383–398. <https://doi.org/10.16970/entoted.1538480>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yang, L.-H., Huang, H., & Wang, J.-J.** 2010. Antioxidant Responses of Citrus Red Mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), Exposed to Thermal Stress. *Journal of Insect Physiology*, 56(12), 1871–1876. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.08.006>
- Zhan, H., Chen, J., Mi, Q., Li, W., Zhang, F., & Zhang, J.** 2020. Development, Fecundity and Nymph Morphology, of the Brown Marmorated Stink Bug *Halyomorpha halys* (Stål). *应用昆虫学报 Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(2), 392–399.
- Zhang, Y., Liu, A., Wang, J., Qi, Y., Wang, D., & Du, S.** 2024. Contact Toxicity and Repellent Effects of Essential Oils from *Toddalia asiatica* Against Two Stored-Product Insects. *Chemistry & Biodiversity*, 21(11). <https://doi.org/10.1002/cbdv.202400818>
- Zibae, A., Alborzi, Z., Karimi-Malati, A., & Salimi, M.** 2014. Effects of a Lectin from *Polygonum Persicaria* L. on *Pieris Brassicae* L. (Lepidoptera: Pieridae). *Journal of Plant Protection Research*, 54(3), 250–257. <https://doi.org/10.2478/jppr-2014-0038>

EKLER

EKLER

EK A: Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (BAP) (2024/099) Numaralı Araştırma Projesi Fon Desteği



PROJE NO: 2024/099

MADDE 1: Balıkesir Üniversitesi tarafından desteklenmesine karar verilen 2024/099 no' lu, "Zararlı Tür Olan *Halyomorpha Halys* (Stal) Üzerinde Farklı Lektinlerin Bitkisel Biyopestisit Özelliğinin ve *Cyclotrichium Longiflorum* Esansiyel Yağının Temas Toksisitesi ve Kovuculuk Etkisinin Araştırılması" isimli projenin, Bilimsel Araştırma Projeleri Yönergesiyle belirlenen esaslar dahilinde yürütülmesi ve sonuçlandırılması amacıyla Balıkesir Üniversitesi Rektör Yardımcısı **Prof. Dr. Cevdet AVCIKURT** ile proje yürütücüsü **Prof. Dr. Serap DOĞAN** arasında aşağıda belirlenen koşullarla işbu sözleşme imzalanmıştır.

MADDE 2: Proje yürütücüsü, projenin Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönergesi ve bu sözleşme hükümlerinde öngörülen amaç, kapsam, süre ve diğer hususlara uygun olarak yürütülmesi ve sonuçlandırılmasından sorumludur.

MADDE 3: Desteklenmesi kabul edilen projenin amaç, kapsam, süre, program, yardımcı araştırmacılar ve bütçesinde yapılacak değişiklikler, Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunun kararıyla mümkündür.

MADDE 4: Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında alınan demirbaşlar bölüm ayniyat mutemetlerine zimmetlenir. Adı geçen demirbaş ürününün proje bitim tarihinden itibaren 1 (bir) ay içerisinde iade edilmesinden proje yürütücüsü sorumlu olup, iade işleminin belirlenen süre içerisinde yapılmamasının sonucunda proje yürütücüsü ürün bedelini karşılayacağını kabul eder.

MADDE 5: Proje yürütücüsü, aşağıdaki tarihlerde ara ve sonuç raporlarını istenilmeden teslim etmek zorundadır :

- 1.Ara Rapor - 21-05-2024 - 20-11-2024
- 2.Ara Rapor - 21-11-2024 - 20-05-2025
- Sonuç Raporu - 21-05-2025 - 20-11-2025

Ayrıca istenildiğinde proje ile ilgili ayrıntılı bilgileri ve kayıtları Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna vermekle yükümlüdür. Ara Raporlarının, kabul edilebilir mazeret bildirmeksizin bu sözleşme ile belirlenen tarihlerde teslim edilmemesi halinde proje yürütücüsüne ödeme yapılmaz bu durumda Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu projeyi iptal edebileceği gibi proje yürütücüsünün değiştirilmesine de karar verebilir.

Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından desteklenen projeler Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunun ve / veya bu komisyonun belirleyeceği proje izleyicileri tarafından yerinde incelenebilir; proje yürütücüsü izleyicilere istenilen her türlü belgeyi vermekle yükümlüdür.

MADDE 6: Proje yürütücüsü, sonuçlanan projenin tüm yönlerini ve sonuçlarını kapsayan Kesin raporunu sözleşme tarihinin sona ermesinden itibaren dört ay içinde Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nce hazırlanmış olan "**Kesin Raporu**" formatına uygun olarak Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine vermekle yükümlüdür.**Kesin Raporun kabul edilen sürede sunulmaması veya kabul edilebilir bir mazeret bildirilmemesi halinde proje iptal edilir.**

Bilimsel Araştırmalar ciltlenmiş olarak sunulan "**Kesin Raporu**" Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından incelendikten sonra kabul edilebilir veya gerekli düzeltmelerin yapılması istenebilir. Yapılan değişikliklerden sonra **Kesin Raporu** yeniden değerlendirilir. Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından Kesin Raporda yapılması istenilen değişiklikler için tanınan süre azami proje süresinin kullanılmış olması halinde 2 ayı geçemez.

MADDE 7: Proje yürütücüsünün gerçekçi gerekçeler sunması koşuluyla, projeye en fazla toplam bütçesinin %50'si kadar ek ödenek ve / veya 1 yıla kadar ek süre verilmesi komisyon tarafından değerlendirilebilir.

MADDE 8: Proje yürütücüsü, tamamlanan proje ile ilgili veri, kayıt ve dokümanları en az 10 yıl saklamak zorundadır.


MADDE 9: Proje yürütücüsü, proje ile ilgili verileri ve bulguları, yayınladığı her türlü yazı, makale ve sunduğu bildirimlerde "Balıkesir Üniversitesi tarafından desteklenmiştir." ibaresini belirtmek zorundadır.

MADDE 10: Proje ile ilgili çalışmaların sürdürülmesinde, işyeri ve proje personeli yönünden çalışmanın gerektirdiği her türlü güvenlik önlemlerinin alınmasından proje yürütücüsü sorumludur.

MADDE 11: Bilimsel Araştırma Birimi Komisyonunca desteklenmek suretiyle ele alınan bu projenin sonucunda 17.7.1963 tarih ve 278 sayılı Kanununun 2/a maddesine göre bir iktira meydana gelirse bu iktira aynı kanunun 21. maddesi uyarınca Bilimsel Araştırma Birimi Komisyonuna ait olacaktır. Ancak Bilimsel Araştırma Birimi Komisyonunun bu iktiradan dolayı usulüne uygun olarak istihsal edeceği patenti satma yahut kiralama yolu ile elde edeceği bedel veya kiranın %30'u iktirayı yapan veya yapanlara verilecektir.

MADDE 12: Projenin elde edilen bilimsel sonuçların telif hakkı Balıkesir Üniversitesine aittir.

Ek B: Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı (TÜSEB) (38409) Numaralı Araştırma Projesi Fon Desteği



TÜSEB PDB
PROJE YÖNETİMİ VE
DESTEK DAİRESİ BAŞKANLIĞI

1. SÖZLEŞMENİN TARAFLARI

Bu sözleşme; proje yürütücüsü kurum/kuruluş, proje yürütücüsü ile projeyi destekleyen kurum olarak, Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı (bundan sonra TÜSEB olarak anılacaktır) arasında aşağıda belirtilen şartlar dahilinde akdedilmiştir.

2. TARAFLARA İLİŞKİN BİLGİLER

a) Proje Yürütücüsü Kurum/Kuruluş

Kurum/Kuruluş Adı : **Balıkesir Üniversitesi**

Adresi : **Balıkesir Üniversitesi-Balıkesir**

Vergi Dairesi ve Kimlik Numarası* : **Kurtoreli Vergi Dairesi 1370338625**

(*) : Buota fideli formundaki proje durumu ve yürütücüsü vergi dairesi ve kimlik numarası.

b) Proje Yürütücüsü

Adı Soyadı : **Serap DOĞAN**

Adresi : **Balıkesir Üniversitesi FEF MBG Bölümü**

T.C. Kimlik No : **37178288374**

E-posta : **serapdogan7979@gmail.com**

Tel : **266 612 12 15** Dahili : **13303**

GSM : **05075244085**

c) Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı

Adresi : **Koşuyolu Mahallesi, Koşuyolu Caddesi, No: 71/1, Kadıköy/İSTANBUL**

Tel : **0 (216) 547 26 00**

E-posta : **thys@tuseb.gov.tr**

3. SÖZLEŞMENİN AMACI VE KAPSAMI

Bu sözleşme, TÜSEB tarafından desteklenmesi kabul edilen ve aşağıda bilgileri verilen projenin konusuna, amacına, çalışma programını, bütçe planı ile TÜSEB kaynağı kullanılarak yapılacak harcamaların gerçekleştirilmesinde uyulacak kuralları, sözleşmenin idari ve mali diğer hükümlerini ve proje yürütücüsü, proje yürütücüsü kurum/kuruluşlar, TÜSEB ile diğer tarafların hak ve sorumluluklarını belirler.

Çağrı Kodu - Çağrı Adı : **2023-A4-04-A Grubu Acil AR-GE Proje Destek Programı**

Proje Numarası* : **38409**

Proje Başlığı : **Zararlı Tür Olan Halyomorpha Halys (Stal) Üzerinde Farklı Lektinlerin Etkinliği Biyosensör Üzerindeki ve Cyclotrichium Longiflorum Esansiyel Yağının Temas Toksikitesi ve Kovuculuk Etkisinin Araştırılması**

(*) : Proje başlığı ile ilişkili alanlar için her bir çağrıdaki proje numarası jantıdır.

TÜSEB Proje Destek Sözleşmesinin tam metni tarafımdadır ve gerekli görüldüğünde ilgili kurumlara sunulacaktır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Özlem KARADUMAN
Doğum tarihi ve yeri : 26/06/2000-Doğanhisar
E-posta : ozlemkaraduman.mb@gmail.com

Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Balıkesir Üniversitesi/ Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü	2023-Devam
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/Moleküler Biyoloji ve Genetik	2019-2023
Lise	Akşehir Tornacı Erol Cumbul TOKİ Mesleki ve Anadolu Lisesi/Sağlık Bakım Teknisyeni	2014-2018

Yayın Listesi

Karaduman, Ö., Doğan, S., Yılmaz Kardeş, B., Diken, M. E., & Varlı, S. V. (2025). Investigation of the effects of some plant lectin proteins on the digestive enzymes of the agricultural pest *Halyomorpha halys* (Stål) beetles. *Poster presentation, 6th International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2025), 25–27 June 2025, Ankara, Türkiye. Published Conference Proceedings, p. 1457. ISBN: 978-605-72134-5-7 [Tezden türetilmiştir].*