

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**



**FARKLI BİTKİSEL LEKTİN PROTEİNLERİNİN *Tropinota (Epicometis) hirta***  
**(PODA,1761) (COLEOPTERA: CETONIIDAE)**  
**ÜZERİNDE BİYOBOZUNUR İNSEKTİSİT ÖZELLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**ZÜBEYDE NUR YALÇIN**

**DOKTORA TEZİ**

**Jüri Üyeleri :** **Dr. Öğr. Üyesi Sakin Vural VARLI (Tez Danışmanı)**  
**Prof. Dr. Serap DOĞAN (Eş Danışman)**  
**Prof. Dr. Serdar SAK**  
**Prof. Dr. Oğuzhan SARIKAYA**  
**Prof. Dr. Ebubekir GÜNDOĞDU**  
**Doç. Dr. Gonca SAKİN**

**BALIKESİR, MAYIS - 2025**

## ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Farklı Bitkisel Lektin Proteinlerinin *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) Üzerinde Biyobozunur İnsektisit Özelliğinin İncelenmesi**” 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 eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

**Zübeyde Nur YALÇIN**

**Bu doktora tez çalışması TUBİTAK 2211/C Öncelikli Alanlar ‘Biyoteknolojik İlaç Teknolojileri’ başlıklı doktora destek bursuyla desteklenmiştir. Ayrıca bu tez çalışması Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından (BAP) 2022/095 no’lu proje ile desteklenmiştir.**

## ÖZET

### FARKLI BİTKİSEL LEKTİN PROTEİNLERİNİN *Tropinota (Epicometis) hirta* (PODA, 1761) (COLEOPTERA: CETONIIDAE) ÜZERİNDE BİYOBOZUNUR İNSEKTİSİT ÖZELLİĞİNİN İNCELENMESİ

#### DOKTORA TEZİ

ZÜBEYDE NUR YALÇIN

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ SAKİN VURAL VARLI )

(EŞ DANIŞMAN: PROF. DR. SERAP DOĞAN )

BALIKESİR, MAYIS - 2025

*Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae), meyve, sebze ve tahıllara önemli ekonomik zararlar veren polifag bir tarımsal zararlıdır. Arılarla aynı dönemde bulunması nedeniyle kimyasal kontrol yöntemleri önerilmemektedir. Bu çalışma, sentetik insektisite kıyasla biyoinspektisit olarak bitki lektinlerinin etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ergin böcekler, 25 Nisan- 12 Temmuz 2023 ve 26 Mart-06 Haziran 2024 tarihleri arasında Türkiye'nin İvrindi (Balıkesir) ilçesinin çeşitli lokasyonlarından yabancı hardal bitkisi üzerinden elle toplanmıştır. Böcekler, 7 gün süreyle *Wisteria floribunda* (WF), *Phaseolus vulgaris* (PV), *Triticum vulgare* (TV) ve *Phytolacca americana* (PA) lektinlerinin farklı dozları ile (50-300 mg/g) *in vivo* olarak beslenmiştir. Böceklerdeki ölüm oranı lektin dozundaki artışla orantılı şekilde artmıştır. Sonuçlara göre PA300 dozu en öldürücü doz olarak belirlenmiştir. Probit analizine göre LD<sub>50</sub> değerleri belirlenmiştir. Bu değerler; PA: 217.27 mg/g, PV: 253.01 mg/g, TV: 211.85 mg/g ve WF: 188.09 mg/g olarak hesaplanmıştır. Günlük ölüm sonuçlarına göre, PV300 dozu 2.günde böceklerin %5.6'sını öldürerek sindirim sisteminde erken yayılma gösteren lektin dozu olmuştur. Ek olarak böceklerin bağırsak dokularında toplam oksidan seviye (TOS) analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, PA100, TV150 ve TV300 dozlarının uygulandığı gruplarda, negatif kontrol grubuna kıyasla TOS seviyeleri belirgin şekilde yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, uygulanan lektinlerin bu böcek türünde oksidatif stres oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Böceklerin bağırsak dokularında proteaz, tripsin benzeri, asit ve alkalın fosfataz, ekzoglukanaz, endoglukanaz,  $\beta$ -glukosidaz ve  $\alpha$ -amilaz gibi enzim aktiviteleri incelenmiştir. Uygulanan lektinlerin çoğu dozu sindirim enzim aktivitelerini inhibe etmiştir. Uygulanan lektinlerden özellikle TV ve PA lektinleri, TOS ve sindirim enzimleri üzerinde yıkıcı etkilere yol açmıştır. Bulgularımız, lektinlerin *T. hirta* üzerinde kimyasal pestisitlere alternatif olarak biyobozunur insektisit olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Biyoinspektisitler, lektinler, oksidatif stres, sindirim enzimleri, *Tropinota (Epicometis) hirta*

Bilim Kod / Kodları : 20309, 20313, 20314, 20317, 20318

Sayfa Sayısı : 130

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF BIODEGRADABLE INSECTICIDE PROPERTIES OF DIFFERENT PLANT LECTIN PROTEINS ON *Tropinota (Epicometis) hirta* (PODA, 1761) (COLEOPTERA: CETONIIDAE)

PH.D THESIS

ZUBEYDE NUR YALCIN

BALIKESIR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

BIOLOGY

(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. SAKIN VURAL VARLI )

(CO-SUPERVISOR: PROF. DR. SERAP DOGAN )

BALIKESİR, MAY - 2025

*Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera:Cetoniidae) is a polyphagous agricultural pest that causes significant economic damage to fruits, vegetables and cereals. Chemical control methods are not recommended because they are found in the same season as bees. This study aims to evaluate the effectiveness of plant lectins as bioinsecticides compared to synthetic insecticides. Adult insects were collected manually from wild mustard plants from various locations in İvrindi (Balıkesir) district of Turkey between 25 April and 12 July 2023 and 26 March and 06 June 2024. Insects were fed in vivo with different doses (50-300 mg/g) of *Wisteria floribunda*(WF), *Phaseolus vulgaris*(PV), *Triticum vulgaris*(TV) and *Phytolacca americana*(PA) lectins for 7 days. Mortality in insects increased proportionally with increasing lectin dose. According to the results, PA300 dose was determined as the most lethal dose. LD<sub>50</sub> values were determined according to probit analysis. These values were calculated as PA:217.27 mg/g, PV:253.01 mg/g, TV:211.85 mg/g and WF:188.09 mg/g. According to daily mortality results, the PV300 dose was the lectin dose that showed early diffusion in the digestive system, killing % 5.6 of the insects on day 2. Total oxidant level (TOS) analysis was performed in the intestinal tissues of insects. According to the findings, TOS levels were significantly higher in the groups where PA100, TV150 and TV300 doses were applied compared to the negative control group. These results reveal that the applied lectins create oxidative stress in this insect species. Additionally, enzyme activities such as protease, trypsin-like, acid and alkaline phosphatase, exoglucanase, endoglucanase,  $\beta$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase were examined in the intestinal tissues of insects. Most doses of lectins administered inhibited digestive enzyme activities. Among the applied lectins, especially TV and PA lectins caused devastating effects on TOS and digestive enzymes. Our findings suggest that lectins can be used as biodegradable insecticides as an alternative to chemical pesticides on *T. hirta*.

**KEYWORDS:** Bioinsecticides, lectins, oxidative stress, digestive enzymes, *Tropinota (Epicometis) hirta*

Science Code / Codes : 20309, 20313, 20314, 20317, 20318

Page Number : 130

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>4</b>
2.1 <i>Tropinota(Epicometis) hirta</i> (Poda, 1761) Sistematik .....	8
2.2 <i>Tropinota(Epicometis) hirta</i> (Poda, 1761)'nin Genel Özellikleri .....	8
2.2.1 Ergin .....	8
2.2.2 Yumurta .....	9
2.2.3 Larva .....	10
2.2.4 Pupa .....	11
2.2.5 Biyolojisi .....	11
2.2.6 Konukçuları .....	11
2.2.7 Zararları .....	15
2.2.8 Faydaları .....	15
2.2.9 Yayılışı .....	16
2.2.10 Mücadele yöntemleri .....	17
2.2.10.1 Kimyasal mücadele .....	17
2.2.10.2 Kültürel mücadele .....	18
2.2.10.3 Mekanik mücadele .....	18
2.2.10.4 Biyoteknik mücadele .....	18
2.2.10.5 Biyolojik mücadele .....	18
2.2.10.6 Doğal düşmanı .....	19
2.3 Böceklerde Sindirim .....	19
2.3.1 Ön bağırsak .....	20
2.3.2 Orta bağırsak .....	20
2.3.2.1 Peritrofik membran .....	21
2.3.3 Arka bağırsak .....	22
2.3.4 Sindirim enzimleri .....	22
2.3.4.1 Proteazlar (E.C.3.4) .....	22
2.3.4.2 $\alpha$ -amilaz (E.C.3.2.1.1) .....	23
2.3.4.3 Selülazlar .....	23
2.3.4.4 Asit (ACP, E.C.3.1.3.2) ve alkalın fosfataz (ALP, E.C.3.1.3.1) .....	24
2.4 Lektinler .....	24
2.4.1 Bitki lektinleri .....	27
2.4.1.1 Yapılarına göre bitki lektini sınıflandırması .....	29
2.4.1.2 Bitki lektinlerinin dizilişine ve üç boyutlu yapısına göre sınıflandırılması .....	30
2.4.2 Çalışmada kullanılan lektinlerin özellikleri .....	33
2.4.2.1 <i>Phaseolus vulgaris</i> lektin .....	33

## İÇİNDEKİLER (devam)

2.4.2.2	<i>Phytolacca americana</i> lektin .....	34
2.4.2.3	<i>Wisteria floribunda</i> lektin.....	34
2.4.2.4	<i>Triticum vulgare</i> lektin .....	35
2.4.3	Lektinlerin entomotoksik etkileri .....	35
2.4.4	Lektinlerin diğ er kullanım alanları .....	37
<b>3.</b>	<b>KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>39</b>
3.1	<i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> (Poda, 1761) ile İlgili Literatür.....	39
3.2	Lektin-Böcek Etkileşimi ile İlgili Literatür .....	43
<b>4.</b>	<b>MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>53</b>
4.1	Çalışma Alanının Özellikleri .....	53
4.2	Materyal.....	53
4.2.1	Kullanılan kimyasallar.....	54
4.2.2	Kullanılan tampon çözeltiler .....	54
4.2.3	Kullanılan lektinler .....	55
4.2.4	Kullanılan ekipmanlar .....	55
4.2.5	Kullanılan bitki materyali [ <i>Sinapis arvensis</i> L. (Brassicaceae) (yabani hardal)].....	56
4.3	Metot.....	57
4.3.1	Böceklerin toplanması ve tanımlanması.....	57
4.3.2	<i>In vivo</i> düzeneğ in kurulması.....	63
4.3.3	Böcek bağırsaklarının disekte edilmesi ve bağırsak homojenatının hazırlanması.....	65
4.3.4	Bağırsak örneklerinden total oksidan seviyesinin (tos) analiz edilmesi.....	67
4.3.5	Proteaz enzim aktivitesinin analizi .....	67
4.3.6	Tripsin benzeri enzim aktivitesinin analizi.....	67
4.3.7	Asit fosfataz ve alkalın fosfataz enzim aktivitelerinin analizi.....	68
4.3.8	Ekzoglukanaz ve endoglukanaz enzim aktivitelerinin analizi.....	68
4.3.9	$\beta$ -glukosidaz enzim aktivitesinin analizi .....	69
4.3.10	$\alpha$ -amilaz enzim aktivitesinin analizi .....	69
4.3.11	Taramalı elektron mikroskobu (sem) görüntü eldesi.....	69
4.3.12	Ergin <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> 'da vücut mutlak formal indeks (i.f.a) hesaplanması.....	70
4.3.13	İstatistiksel analiz .....	70
<b>5.</b>	<b>BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>72</b>
5.1	<i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> (Poda, 1761) ile İlgili Morfolojik Bulgular .....	72
5.1.1	Ergin morfolojisi.....	72
5.2	<i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> (Poda, 1761)'da Bitki Lektinlerinin Entomotoksik Bulguları .....	81
5.2.1	Ölüm oranları.....	81
5.2.2	Bağırsak dokularında total oksidan (tos) analizi .....	86
5.2.3	Sindirim enzim aktivitelerinin analizi .....	89
5.2.3.1	Proteaz enzim aktivitesinin analizi .....	89
5.2.3.2	Tripsin benzeri enzim aktivitesinin analizi.....	91
5.2.3.3	Asit fosfataz (ACP) ve alkalın fosfataz (ALP) enzim aktivitelerinin analizleri.....	93
5.2.3.4	Ekzoglukanaz ve endoglukanaz enzim aktivitelerinin analizleri .....	96
5.2.3.5	$\beta$ -glukosidaz enzim aktivitesinin analizi .....	99

## İÇİNDEKİLER (devam)

5.2.3.6 $\alpha$ -amilaz enzim aktivitesinin belirlenmesi.....	101
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>104</b>
<b>7. KAYNAKLAR .....</b>	<b>106</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>129</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Literatürden <i>Tropinota</i> Mulsant (1842) cinsine ait tür ve alt türler.....	7
Şekil 2.2: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> ve bırakılmamış yumurtaları (ölçek: 1 mm).....	10
Şekil 2.3: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> , manas tipi larva.....	10
Şekil 2.4: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> literatürdeki Türkiye’de dağılımı (google earth). 17	
Şekil 2.5: Böceklerde sindirimin bölümleri .....	19
Şekil 2.6: Lektinolojinin tarihçesi. ....	25
Şekil 2.7: Bitkilerde lektin bulunduran kısımlar .....	28
Şekil 2.8: Bitki lektin ailesi ve özgülükleri (Gal: Galaktoz, GalNAc: N - asetilgalaktozamin, GlcNAc: N –asetilglukozamin) .....	30
Şekil 2.9: Literatürden lektinlerin entomotoksik etkilerinin gösterimi.....	36
Şekil 4.1: İvrindi ilçesinin Balıkesir ilinde konumu. ....	53
Şekil 4.2: Besin mamalarına eklenen lektinler a) <i>Phaseolus vulgaris</i> , b) <i>Phytolacca americana</i> , c) <i>Triticum vulgaris</i> , d) <i>Wisteria floribunda</i> . ....	55
Şekil 4.3: <i>Sinapis arvensis</i> L. çiçek ve yaprak üzerinde her bir dalda bulunan <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> .....	57
Şekil 4.4: Çalışmanın yapıldığı alanlar (google earth).....	58
Şekil 4.5: Çalışma alanında böceklerin elle toplanması, a) Çetmi Alanı (4), b) Çetmi Alanı (1), c) ergin <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> . ....	60
Şekil 4.6: Çalışmanın yapıldığı arazilerden görünüm a) İvrindi yol ayrımı (7), b) Ilıca mevki (3). ....	61
Şekil 4.7: Toplanan <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> ’ların plastik kaplarla laboratuvara getirilmesi. ....	61
Şekil 4.8: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> teşhisinde kullanılan Nikon SMZ 1500 model stereomikroskop. ....	62
Şekil 4.9: a) Koleksiyona alınan <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> , b) tür teşhisi için eppendorf tüplere ayrılan böcekler. ....	63
Şekil 4.10: Böceklere verilecek yapay diyetin hazırlığı. ....	64
Şekil 4.11: Böceklerin beslenmesi için hazırlanan deney düzeneği .....	65
Şekil 4.12: Böcek bağırsaklarının diseksiyon aşaması a) elitranın çıkarılması, b) bağırsak görünümü, c) bağırsağın yağ tabakadan temizlenmesi, d) bağırsak disektisi..	66
Şekil 4.13: Diseksiyonu yapılan <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> ’nın bağırsak görünümü ve kısımları. ....	66
Şekil 5.1: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> dorsal görünüm (ölçek: 1 mm) .....	72
Şekil 5.2: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> ventral görünüm (ölçek: 1 mm).....	73
Şekil 5.3: Erkek <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> lamellate anten yapısı (ölçek: 1 mm) .....	74
Şekil 5.4: Dişi <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> lamellate tip anten (elektron mikroskop görüntüsü).....	74
Şekil 5.5: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> , baş dorsal ve ventral görünüm (ölçek: 1 mm) ....	75
Şekil 5.6: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> , baş kısımları (elektron mikroskop görüntüsü).....	75
Şekil 5.7: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> , pronotum ve scutellum görünümü (ölçek: 1mm)..	76
Şekil 5.8: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> , uç kısma kadar noktalı scutellum (ölçek: 1 mm)	76
Şekil 5.9: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> , arka kanat (ölçek: 1 mm) .....	77
Şekil 5.10: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> , erkek birey a) ön bacak, b) orta bacak, c) arka bacak yapıları (ölçek: 1 mm).....	78

## ŞEKİL LİSTESİ (devam)

Şekil 5.11: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> , erkek elitra dorsal görünüm (ölçek: 1 mm). ....	79
Şekil 5.12: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> , a) dişi abdomen, b) erkek abdomen (ölçek: 1 mm).....	79
Şekil 5.13: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> , paramerler a) dorsal görünüm, b) lateral görünüm tegmen (ölçek: 1 mm).....	80
Şekil 5.14: <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> , lateral görünümde aedeagus (elektron mikroskop görüntüsü).....	80
Şekil 5.15: Her lektin dozu kendi içerisindeki dozlarla ve NK, PK gruplarıyla grafikte gösterilmiştir. a) <i>Triticum vulgare</i> lektin, b) <i>Phytolacca americana</i> lektin, c) <i>Phaseolus vulgaris</i> lektin, d) <i>Wisteria floribunda</i> lektin.....	85
Şekil 5.16: Proteaz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder. ....	90
Şekil 5.17: Tripsin enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder. ....	92
Şekil 5.18: Asit fosfataz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder.....	94
Şekil 5.19: Alkali fosfataz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder.....	95
Şekil 5.20: Ekzoglukanaz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder.....	97
Şekil 5.21: Endoglukanaz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder.....	98
Şekil 5.22: Beta-glukosidaz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder.....	100
Şekil 5.23: Alfa-amilaz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder.....	101

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Literatürden <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> 'nın konukçu olduğu bitkiler.....	12
<b>Tablo 4.1:</b> Deneylerde kullanılan kimyasal malzemeler ve kullanıldığı deneyler.....	54
<b>Tablo 4.2:</b> Deneylerde kullanılan tampon çözeltiler ve içerikleri.....	54
<b>Tablo 4.3:</b> Çalışmada kullanılan lektinler, yaygın isimleri ve spesifikliğı.....	55
<b>Tablo 4.4:</b> Laboratuvar çalışmalarında kullanılan ekipmanlar, kullanım yerleri ve marka/model bilgileri.....	56
<b>Tablo 4.5:</b> Tarihler göre <i>Sinapis arvensis</i> üzerinden toplanan ergin sayıları, lokasyon ve hava sıcaklığı bilgileri.....	58
<b>Tablo 4.6:</b> Lektinlerin kodu, adı ve uygulanan dozlar.....	64
<b>Tablo 5.1:</b> Lektin ve böcek ilacı içeren diyetlerle 7 günlük besleme sonucu <i>Tropinota (Epicometis) hirta</i> yetişkinlerinin ölüm oranları.....	81
<b>Tablo 5.2:</b> Kullanılan lektinlerin LD <sub>50</sub> değerlerinin hesaplanmasına yönelik probit analizinin sonucu.....	83
<b>Tablo 5.3:</b> Bostonchem tos kiti (50-150 dozları) sonuçları (ANOVA).....	87
<b>Tablo 5.4:</b> Rel Assay tos kiti (200-300 dozları) sonuçları (ANOVA).....	88
<b>Tablo 5.5:</b> Lektin dozlarının proteaz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu.....	90
<b>Tablo 5.6:</b> Lektin dozlarının tripsin benzeri enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu.....	92
<b>Tablo 5.7:</b> Lektin dozlarının asit fosfataz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu.....	94
<b>Tablo 5.8:</b> Lektin dozlarının alkali fosfataz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu.....	95
<b>Tablo 5.9:</b> Lektin dozlarının ekzoglukanaz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu.....	97
<b>Tablo 5.10:</b> Lektin dozlarının endoglukanaz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu.....	98
<b>Tablo 5.11:</b> Lektin dozlarının $\beta$ -glukosidaz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu.....	100
<b>Tablo 5.12:</b> Lektin dozlarının $\alpha$ -amilaz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu.....	102

## SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ

<b>ACP</b>	: Asit fosfataz
<b>ALP</b>	: Alkali fosfataz
<b>Au</b>	: Altın
<b>BAPNA</b>	: N $\alpha$ -Benzoyl-L-arginine 4-nitroanilide hydrochloride
<b>CaCl<sub>2</sub></b>	: Kalsiyum klorür
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>CRD</b>	: Karbonhidrat tanıma alanı
<b>dk</b>	: Dakika
<b>DNS</b>	: 3,5-Dinitrosalisilik asit
<b>Fe<sup>+2</sup></b>	: Demir II
<b>Fe<sup>+3</sup></b>	: Demir III
<b>g</b>	: Gram
<b>gr</b>	: Gravite
<b>GlcNAc</b>	: N-Asetilglukozamin
<b>GalNAc</b>	: N-Asetilgalaktozamin
<b>GST</b>	: Glutasyon S-transferazlar
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	: Hidrojen Peroksit
<b>i.f.a</b>	: Vücut mutlak formal indeks
<b>kDa</b>	: Kilo dalton
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>KOH</b>	: Potasyum hidroksit
<b>LC<sub>30</sub></b>	: % 30 öldürücü konsantrasyon
<b>LC<sub>50</sub></b>	: Ortalama öldürücü konsantrasyon
<b>LD<sub>50</sub></b>	: Ortalama öldürücü doz
<b>m</b>	: Metre
<b>M</b>	: Molar
<b>mg</b>	: Miligram
<b>ml</b>	: Mililitre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>mM</b>	: Milimolar
<b><math>\mu</math>M</b>	: mikro molar
<b>n</b>	: Toplam böcek sayısı
<b>NaCl</b>	: Sodyum Klorür
<b>NK</b>	: Negatif kontrol
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>PA</b>	: <i>Phytolacca americana</i> lektin
<b>Pd</b>	: Paladyum
<b>PHA</b>	: <i>Phaseolus vulgaris</i> agglütinin (PHA-E: Fitohemagglütinin eritrosit, PHA-L:
<b>PK</b>	: Pozitif kontrol
<b>pNP</b>	: p-nitrofenol
<b>PPA</b>	: <i>Polygonum persicaria</i> agglütinin
<b>PPb-ANF</b>	: Kısmen saflaştırılmış Fasulye-ANF
<b>PSA</b>	: <i>Pisum sativum</i> agglutin
<b>PV</b>	: <i>Phaseolus vulgaris</i> lektin
<b>RNA</b>	: Ribonükleik asit
<b>ROS</b>	: Reaktif Oksijen türleri
<b>RSA</b>	: <i>Rhizoctonia solani</i> agglütinin

## SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ (devam)

<b>SNA-I,II</b>	: <i>Sambucus nigra</i> agglütinin
<b>SOD</b>	: Süperoksit Dizmutaz
<b>StELL</b>	: <i>Schinus terebinthifolius</i> yaprak lektininin
<b>TOS</b>	: Total oksidan seviye
<b>TAS</b>	: Total antioksidan seviye
<b>TV</b>	: <i>Triticum vulgare</i> lektin
<b>WF</b>	: <i>Wisteria floribunda</i> lektin
<b>WSMoL</b>	: <i>Moringa oleifera</i> tohum lektini
<b>w/v</b>	: Ağırlık / hacim
<b>v/v</b>	: Hacim / hacim
<b>µl</b>	: Mikrolitre
<b>%</b>	: Yüzde
<b>°C</b>	: Santigrat derece
♂	: Erkek
♀	: Dişi

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Farklı bitkisel lektin proteinlerinin *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) üzerinde biyobozunur insektisit özelliğinin incelenmesinin araştırıldığı bu çalışma, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı'nda 'Doktora Tezi' olarak hazırlanmıştır.

Doktora sürecine ilk başladığım andan itibaren her türlü bilgi birikimini ve tecrübelerini tarafıma aktaran, yaşadığım olumsuzluklarda desteğini sunarak alternatif yollar gösteren, tez sürecim boyunca anlayış ve sabrıyla bana örnek olan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sakin Vural VARLI'ya

Eş danışmanım olmayı kabul ederek yeni alanlarda çalışmama olanak sunan, bana multidisipliner çalışmanın önemini gösteren, deneyimlerinden faydalanmamı sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Serap DOĞAN'a

Tez konumun belirlenmesinden tez sürecimin sonuna kadar çalışmalarımda fikir alışverişinde bulunduğum en büyük destekçilerimden Dr. Öğr. Üyesi Begümhan YILMAZ KARDAŞ'a

Tez komisyonumda yer alan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Serdar SAK ve Prof. Dr. Oğuzhan SARIKAYA'ya çalışmalarımda olumlu eleştirilerini sunarak farklı bakış açısı sundukları ve konumun gelişmesindeki katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

*Tropinota (Epicometis) hirta* böceklerinin teşhis işlemini gerçekleştiren Kütahya Dumlupınar Üniversitesi'nden saygıdeğer Prof. Dr. Yakup ŞENYÜZ'e değerli vaktini tanılamaya ayırarak destek verdiği için teşekkür ederim. Deney aşamalarımda bilgilerinden yararlandığım, böceklerin elektron mikroskopuyla fotoğraflanmasındaki yardımlarından dolayı Doç. Dr. Mehmet Emin DİKEN'e teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmaları boyunca birlikte çalıştığımız Aylin TÜVEN, Didem KARAKUŞ, Kardelen SEZGİN, Özlem KARADUMAN, Sertap KARABAŞ ve Sibel ATAY'a destekleri ve yorucu zamanları eğlenceli hale getirdikleri için teşekkür ediyorum.

Doktora sürecine başladığım andan itibaren beni her anlamda destekleyen, motivasyonum düştüğünde ayağa kaldıran, ders çalışma sürecinden, arazi ve laboratuvar çalışmalarım kadar her anlamda varlığını esirgemediği yardımlarını sunan sevgili eşim Kerem YALÇIN'a sonsuz teşekkür ederim. Neşe kaynağım, canım oğlum Onur Ali YALÇIN, doktora sürecimin başlamasıyla birlikte benimle bu zorlu mücadeleye doğdu ve bana şans getirdi.

Canım annem ve babama her türlü maddi manevi desteklerini sunarak beni bu günlere getirdikleri için şükranlarımı sunarım. Ve kız kardeşim Büşra Nur ÇOŞKUN iyi ki varsın.

2211/C-Yurt içi öncelikli alanlar doktora bursu (Biyoteknolojik İlaç Teknolojileri) ile çalışmamı ve beni destekledikleri için Tübitak'a teşekkür ederim.

**Balıkesir, 2025**

**Zübeyde Nur YALÇIN**

# 1. GİRİŞ

Türkiye, Paleartktik zoocoğrafya ve Avrupa-Sibirya, Akdeniz ve İran-Turan fitocoğrafyasının kesiştiği bölgede yer alan biyoçeşitliliği zengin bir ülkedir. Pangea kara parçasının milyonlarca yıl öncesinden parçalanmasıyla başlayan ve çeşitli jeolojik olaylarla devam eden bu süreç, ülkemizde mevcut biyoçeşitliliğin şekillenmesinde etkili olmuştur (Uzun, 2013).

Farklı yükseltilere bağlı şekillenmiş iklim çeşitliliği canlı türlerinin yaşayacağı ortamın bolluğuna katkı sağlamaktadır. Türkiye’de tanımlanmış 12.000 bitki türünden 3000’i ülkemize endemiktir (Uzun, 2013). Avrupa kıtasıyla karşılaştırıldığında hayvan çeşitliliğinde 1.5 kattan fazla türün burada yaşadığı bu sayısının 80 binden daha çok olabileceği varsayılmaktadır. Ülkenin topografik koşullarıyla orantılı şekillenen türlerden alt türlerin çeşitlenmesiyle fauna zenginliğinde artışlar görülmektedir (Avcı, 2000).

Türkiye’de coğrafi konum, iklim özellikleri, ekolojik koşulun uygunluğu ve işlenebilir tarım arazilerinin genişliği yoğun tarım uygulamalarının yapılmasına olanak sağlar (Akbay vd., 2005). Böylelikle çeşitli meyve ve sebze üretimi ülkemiz için önemli bir gelir kapısı oluşturmaktadır.

İnsan nüfusunun artmasıyla birlikte tarım alanlarında sürekli bir azalma görülür. En büyük etkenler olarak düzensiz yapılan kentleşme ve sanayileşme çalışmaları sayılabilir. Ayrıca küresel iklim değişiklikleri ve bilinçsiz yapılan tarım çalışmaları da bu azalmaya ortak olmaktadır (Erdoğan, 2022).

Zararlı böcekler, tarım alanlarında hasat öncesi ve sonrası depolama aşamalarında büyük kayıplara neden olarak mahsül verimliliğini düşürür. Böceklerden kaynaklanan mahsül kayıplarında yıllık % 10-20 azalmalar bildirilmektedir. Zararlılara yönelik mücadele çalışmaları kapsamlı olarak yürütülmeye devam etse de özellikle fitofag türler dünya genelinde mahsüllerin % 20’sini yok etmektedir (Ertürk, 2022).

Tarım ürünlerinden maksimum verimi almak hem ekonomik boyutta hem de canlıların besin tüketimini karşılamak için önemlidir. 2. Dünya savaşından itibaren insanların gıda maddelerine ulaşabilmesi amacıyla hızlı ve verimli yiyecek üretimini daha az maliyetle elde

edebilmek için çeşitli kimyasal ilaç ve gübrelerin kullanımı artmıştır (Bayram vd., 2007). Bitkilerde büyük kayıplara sebep olan tarım zararlısı böceklerin olumsuz etkilerini minimum düzeye indirmek için kimyasal pestisit kullanımı da bu dönemde fazlaşmıştır (Azizoglu vd., 2012). Tarım alanlarında kullanılan bu yöntemlerin biyolojik çeşitliliğe ve ekosisteme verdiği zararlar hat safhalara ulaşmaktadır. Canlılar için yaşanabilir çevrelerin bozunmasına sebep olmakla birlikte kullanılan gübre, kimyasal ilaç, antibiyotik ve hormonlu katkı maddeleri insan sağlığını da doğrudan tehdit etmektedir. Günümüz hastalıklarından kanser ve immün sistem bozukluklarının bu maddelere maruz kalma sebebiyle artış gösterdiği bildirilmektedir (Bayram vd., 2007; Erdoğan, 2022).

Zararlı türlerle mücadele kapsamında kullanılan kimyasal pestisitler belirlenen organizmalar dışındaki canlıları da doğrudan ya da dolaylı etkileyebilir. Kimyasal ilaçlar faydalı türlerde zarara yol açarak tür çeşitliliğinde azalmalara sebep olmaktadır (Mészáros and Kondorosy, 2019). Tarım zararlılarına etki edecek çevre dostu, etkili yöntemler belirlenerek biyoçeşitliliğe ve ekosisteme verilecek zararların en aza indirilmesi elzemdir (Jaber et al., 2010; Katoch and Tripathi, 2021).

Halk arasında bakla zınnı olarak bilinen *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) ülkemizde farklı isimlerle de anılmaktadır. ‘Çiçek zınnı’, ‘sarı tüylü çiçek böceği’ gibi yörelere has isimlendirilmeleri mevcuttur (Kara, 1995). Geniş bir yayılımı olan bu polifag türün 70’den fazla bitkiye zarar verdiği raporlanmıştır (Buşmachiu and Toderaş, 2014). *Tropinota (Epicometis) hirta*, bahçe ve arazilerde çiçeklerin dökülmesine ve meyve verimliliğinde azalmalara yol açarak yüksek ekonomik kayıplara sebep olur. Ülkemizde Tokat ilinde yapılan çalışmada *T. hirta*’nın armut bahçelerinde verdiği kayıpların % 90-100 arası olduğu bildirilmiştir (Kara, 1995).

Yayılımı geniş olan böceğe karşı mücadele oldukça zordur. Ergin böcekler çiçeklenme dönemi ortaya çıkarak bitkinin çiçekleri başta olmak üzere farklı kısımlarında zararlara yol açar. Aynı dönemde arılar ve çeşitli faydalı türlerin çiçekleri gezmesi ve tozlaştırıcı etkileri sebebiyle kimyasal mücadele riskli hale gelmektedir (Buşmachiu and Toderaş, 2014; Çelik and Yaşar, 2021).

Lektinler, böcekler karşı dayanıklı bitki gelişiminde önemli karbonhidrat bağlayıcı glikoproteinlerdir (Upadhyay and Singh, 2012). Böcekler karşı toksisitesi olan lektinler orta

bağırsağın kitinli kısımlarını etkileyerek sindirimi önler ve bunun sonucunda besinsiz kalan böceğin ölümü gerçekleşir (Walski et al., 2014). Böcek besinlerine eklenen lektinlerin böceklerin yaşam süresini kısalttığı, beslenme caydırıcılığı ile böceğin beslenmesini engellediği, yumurtlama tercihini değiştirdiği, larva ve nimf gibi gelişim dönemlerinde bozulmalara sebep olduğu gözlenerek özellikle zararlı türlere karşı lektinlerin toksisiteyi raporlanmıştır. Kınkanatlılar, termitler, sinekler, kelebekler ve Hemiptera gibi birçok böcek takımında çalışılan lektinler zararlılara karşı insektisidal aktivite göstererek biyopestisit olarak kullanılabileceğinin sinyalini vermektedir (Gatehouse et al., 1984; Rahbé et al., 1995; Macedo et al., 2002; Sauvion et al., 2004; Singh et al., 2006; Karimi et al., 2012; Napoleão et al., 2013; Lima et al., 2016).

Bu tez kapsamında zararlı tür olan *Tropinota (Epicometis) hirta*'nın mücadelesine yeni bir bakış açısı getirilerek kimyasal kullanımının minimum düzeye indirilmesi ve çevre dostu yöntemlerin kullanılması için bitkisel insektisitlerin oluşturulmasına katkı sağlamak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda 4 farklı bitki olan *Wisteria floribunda*, *Triticum vulgare*, *Phytolacca americana* ve *Phaseolus vulgaris*'ten izole edilen lektin proteinlerinin bu böceklere karşı insektisit özellikleri incelenmiştir. Ayrıca lektinlerin böceklerin sindirim sistemine verdiği hasarlar göz önüne alınarak sindirim enzimleri üzerinde etkileri araştırılmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

Coleoptera, Insecta sınıfındaki türlerin % 40'dan fazlasını, hayvanlar aleminin yaklaşık % 25'ini temsil eden takımdır (Demir, 2005). Tanımlanmış 400 binden fazla türe sahip olan kınkanatlılarda sürekli yeni türler keşfedilmeye devam edilmektedir. Besin ve toprak döngüsünde yer alan bu böcekler ayrıca tozlaştırıcı türlerinin olması, mantar yayılımını desteklemesi ve çeşitli hayvan grupları için besin olarak tüketilmeleri ile ekosistemde önemli bir yer tutar (Laz and Avgın, 2017).

Scarabaeoidea, fitofag ve koprofag böcekleri içeren % 37'den fazlası endemik olan (Carpaneto et al., 2000) ve dünya genelinde 35000'den fazla türle temsil edilen bir süper familyadır. Çeşitli döküntü ve gübrelerle beslenen grup Laparosticti ve fitofag beslenen Pleurosticti'ye ait türler benzer sayılardadır (Anlaş et al., 2011). Türkiye'de 281 tür Laparosticti ve 344 tür Pleurosticti olmak üzere toplam 625 Scarabaeoidea türü tespit edilmiştir. Son çalışmalara göre Türkiye'de bu böcekler, 303 tür Laparosticti ve 389 tür Pleurosticti'ye dahil toplam 692 tür ile temsil edilmektedir (Tezcan, 2024).

Bu böceklerin beslenme çeşitliliği oldukça geniştir. Fitofag ve saprofag beslenen böcekler tezek, leş, çürümüş odun, döküntüler, mantar, çiçek, yaprak, meyve, kök gibi hemen hemen her şeyi kendilerine besin yapabilmektedirler (Carpaneto et al., 2000; Micó et al., 2008).

Scarabaeoidea sınıflandırılması çok eskiden beri tartışmalıdır. Birçok uzman larva ve yetişkinlerde morfolojik karakterleri kullanarak ya da moleküler yaklaşımla bu üst familyada bir sistematik oluşturmaya çalışmaktadır.

MacLeay (1819), iki grupta incelediği Lamellicorn böceklerini Rectocera'yı dirsek anten ve çeneleri açık olarak ayırırken Petalocera'yı da düz, yelpaze antene sahip, clypeus'un çeneyi kapattığı grup olarak sınıflandırmıştır. Bir sonraki basamakta yeme şekillerine göre ayırdığı grupları tüketilen besin çeşidine göre sınıflandırmıştır. Mulsant (1842), beslenme zevkine göre sınıflandırdığı Lamellicornlarda, Cetoniidae'nin bitki salgularını topladığından bahseder. Erichson (1848), Scarabidleri, Pleurosticti ve Laparosticti olarak 2'ye ayırır ve Cetoniidae'yi bir familya statüsüne yerleştirmiştir (Kohlmann and Morón, 2003).

Janssens (1949), Scarabaeoidea'yı Lucaniidae, Passalidae ve Scarabaeidae olarak 3 farklı aileye ayırmıştır. Balthasar (1963) çalışmasında, Scarabaeoidea'yı Laparosticti ve Pleurosticti olarak iki gruba ayırmış ve Cetoniidae'yi Pleurosticti grubuna ait bir aile basamağında ele almıştır. Endrödi (1966) ise Cetoniidae'yi aile statüsünde değil Melolonthidae familyasındaki Melolonthinae, Dynastinae, Rutelinae gibi bir alt familya olan Cetoniinae olarak sınıflandırmıştır (Micó et al., 2008).

Meinecke (1975) tarafından Avrupa ve Afrika türlerinin anten sensillasının incelenmesine dayanılarak Lucaniidae, Scarabaeidae, Cetoniidae ve Melolonthidae'yi aile olarak ele alan filogenetik ağaç önerilmiştir (Kohlmann, 2006). Lawrence and Newton (1982) ve Brown and Scholtz (1999) gibi uzmanlar morfolojik çalışmalara dayanarak Scarabaeidae içerisinde Cetoniinae ve Valginae alt familyalarına yer vermişlerdir (Micó et al., 2008). Cetoniidae familyası Valginae, Trichiinae, Cetoniinae alt familyalarına ayrılmıştır (Baraud, 1992).

Cetoniidae familyasına ait geniş kapsamlı yapılan çalışmada alt familya, kabile, alt kabile ve cinsler sınıflandırılmış ve 510 cinse dahil türlerin tanımlanmasına yardımcı teşhis anahtarı oluşturulmuştur. Ayrıca Cetoniidae'nin Cetoniinae, Trichiinae ve Valginae dahil en az iki sinapomorfiye dayalı monofiletik bir grup oluşturduğunu, Dynastidae ve/veya Rutelidae, bu Cetoniidae'nin en muhtemel kardeş grubu olduğunu, üst familyadaki diğer gruplara göre farklılığından dolayı Scarabaeidae sayılamayacağını bildirmiştir (Krikken, 1984). Krajcik (1999) ise oluşturduğu katalogla Cetoniidae'ye ait 515 cins ve 3881 tür tanımlamıştır (Micó et al., 2008).

Scarabaeoidea'nin 13 familyasının incelendiği çalışmada 134 ergin ve larva morfolojik karakterleri kullanılarak üst familyanın Glaresidae, Passalidae ve Scarabaeidae gibi 3 ana soydan oluştuğu analiz edilmiştir. Glaresid soyunda Glaresidae, Passalid soyunda iki ana hat; geotrupid ve glaphyrid soyuna ayrılmıştır. Scarabaeid soyunda da Scarabaeidae ailesinde birçok alt familyayı sıralamışlardır (Browne and Scholtz, 1999).

Moleküler verilere dayanarak hazırlanan çalışmada 600 Scarabaeoidea ve dış grup taksonları kullanılmıştır. Bu çalışmada Scarabaeoidea 12 aile, 43 alt aile, 118 kabile ve 94 alt kabile geçerli olarak kabul edilmiştir (Smith et al., 2006).

Larva ve ergin morfolojileri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmayla Cetoniidae'nin Scarabaeoidea'ye ait bir aile olabileceği savunulmuştur (Micó et al., 2008). Yapılan çalışmalar hala tam bir sistematik oluşturulamadığını ve daha detaylı çalışmalara ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu tez çalışmasında Krikken'e (1984) göre, *Tropinota (Epicometis) hirta*, Cetoniidae familyasına dahil bir tür olarak ele alınacaktır.

Cetoniidae familyası dünya genelinde ortalama 3900 türe sahip 515 cins ile tanımlanmıştır (Micó et al., 2008). Türkiye'de 13396 tür/alt tür Coleoptera takımına dahildir ve bu tür/alt türlerden 66'sı Cetoniidae familyasında tanımlanmıştır (Tezcan, 2024).

Cetoniidae'nin 'canavar/dev' anlamı bu familyadaki bazı böceklerin aşırı büyük yapıda olmalarındandır. Obur olan larvalar bitkisel atıklarla, odun, dal ve bitki kökleriyle beslenir. Ergin böcekler ise nektar, polen ve çiçek taç kısımları gibi çiçeğin farklı bölümleriyle beslenir. Cetoniidae böceklerinin çiçeklere olan ilgisinden dolayı 'blutenkäfer', 'flower beetles' ve 'çiçek zınnı' gibi farklı isimlendirilmeleri mevcuttur (Krikken, 1984; Demir, 2005; Laz ve Avgın, 2017).

Cetoniidae türleri Scarabaeidae'ye benzerliğiyle ön plana çıksa da bazı belirgin özellikler kolayca ayırt edilmelerini sağlar. Clypeusların gözün ön kısmında girinti oluşturması, üst taraftan görünen anten kaideleri, bunun tersine maxiller ve mandibulun yukarıdan görülmemesi bu ayırt edici özelliklerdendir (Demir, 2005).

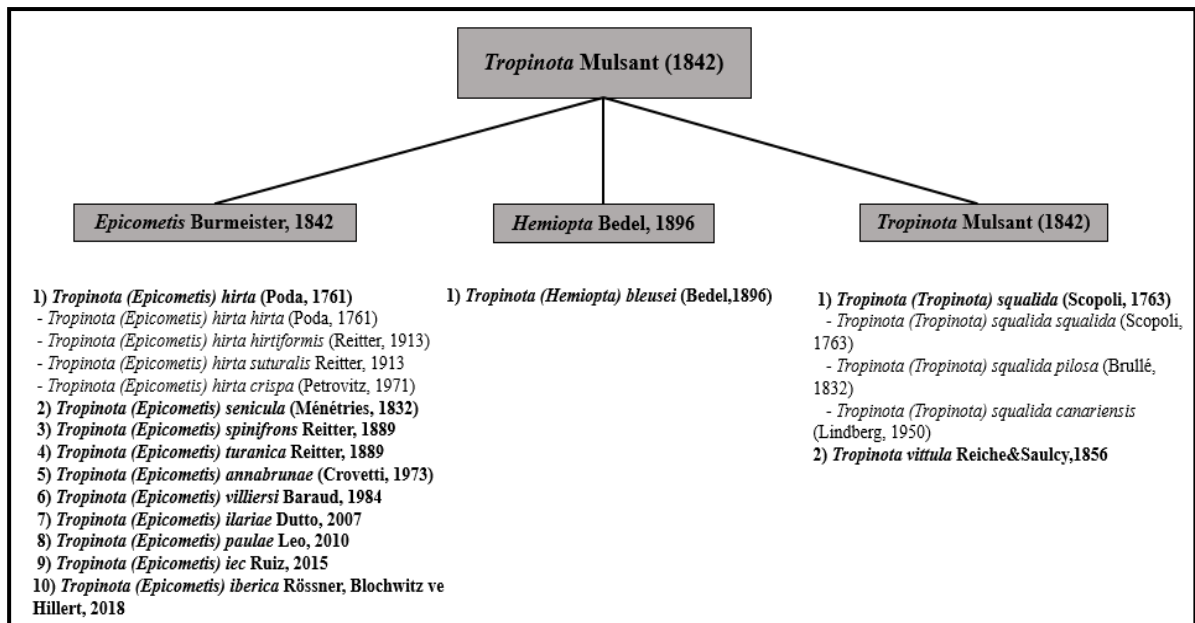
Cetoniidae familyasındaki türler genel olarak yassı vücut yapısına sahip böceklerdir. Renkli, dikkat çekici ya da siyah ve parlak metalik renklere sahiptirler. Hipognat baş yapısı tipiktir (Sürgüt, 2022). Mandibula, clypeus tarafından örtülüdür ve üstten bakıldığında görülmez. Clypeus çukurcuklu yapıda ve üzerinde tüylenme mevcuttur. Antende 10 segment bulunurken son 3 segment lamellate tiptedir. Elitraya bakıldığında pronotumdan geniş yapısı dikkat çeker. Elitra üzerinde çukurcuklar, noktalanmalar, tüylenmeler görülür. Bacak tarsusları 5-5-5, femurlar kuvvetlidir. Ventralden bakılınca 6 segmentli abdomen yapısı mevcuttur (Krikken, 1984; Sürgüt, 2022).

*Tropinota* cinsi genel özelliklerine bakılırsa; tepe noktasına kadar noktalı, üçgen şekilli uzun scutellum, üç dişli protibia, metatibia apeksinin dış kısmı dişli, güçlü pronotumda orta uzunlamasına yükselmiş hat, uzun paramerler olarak tanımlanmıştır (Baraud, 1992).

*Tropinota* cinsine ait bir filogeni yapılamamıştır ve alt cinslere atanan türlerin birbirleriyle ilişkisi tam olarak aydınlatılmamıştır. Krajcık (1998) ve Smetana (2006), *Tropinota* Mulsant (1842) cinsini; a) *Tropinota* (Mulsant, 1842), b) *Epicometis* Burmeister, 1842, c) *Hemiopta* Bedel, 1896 olarak 3 alt cinse ayırmıştır (Ruiz, 2015). Bu alt cinslere dahil toplamda 13 tür tanımlanmıştır (Şekil 2.1). *Tropinota* ve *Epicometis*'i aynı kabul eden yazarlar olmasına karşılık aralarında farklılık olduğunu gösteren tanımlamalar da mevcuttur (Ruiz, 2015).

*Tropinota*'ya dahil türlerde erkek bireylerin karnında uzunlamasına çöküntü ve pronotumun orta hat kısmının yan tarafları pürüzsüzdür, *Epicometis*'te ise pronotum'un orta hattının yanları fazlasıyla pürüzlü görünür. Ayrıca erkek bireylerin karnı dışbükey görünüm sergiler (Dutto, 2007).

*Epicometis* 10 tür ve bunlara dahil alt türlerle temsil edilen en çok tür çeşitliliğine sahip alt cinstir (Şekil 2.1). Ayrıca *Tropinota hirtiformis* Reitter, 1913 ise Miksic (1982)'nin önerisiyle *T. hirta*'nın alt türü olarak ayrılmıştır. *Hemiopta* alt cinsinde *Tropinota (Hemiopta) bleusei* (Bedel, 1896) tanımlanmıştır. *Tropinota* alt cinsine atanan türler ise *Tropinota (Tropinota) squalida* (Scopoli, 1763), *Tropinota vittula* Reiche&Saulcy, 1856'dır (Şekil 2.1) (Baraud, 1992; Dutto, 2007; Leo, 2010; Sabatinelli et al., 2010; Ruiz, 2015; Rössner et al., 2018).



**Şekil 2.1:** Literatürden *Tropinota* Mulsant (1842) cinsine ait tür ve alt türler

Baraud (1984), geniş yayılımı olan bu türde ırk oluşumundan bahseder. Orta Avrupa ve batı ırkı *Tropinota hirta hirta* (Poda, 1761), güneydoğu ırkı olarak *Tropinota hirta suturalis* Reitter, 1913'ü göstermektedir (Rössner, 2005). Petrovitz (1971), birbirine çok benzeyen bu iki alt türün ayırımını elitra sonunun şekillenmesine göre belirlemiştir. Elitra sonu girintili çıkıntılı ise *Tropinota hirta suturalis*, eğer düz yuvarlak kavis şeklinde elitraya sahip ise *Tropinota hirta hirta* olarak bildirmiştir.

## **2.1 *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) Sistematik**

*Tropinota (Epicometis) hirta* 'nın sistematik gösterimi şu şekildedir (Fauna Europaea, 2022).

**Şube:** Arthropoda (Eklembacaklılar)

**Sınıf:** Insecta (Böcekler)

**Alt sınıf:** Pterygota

**Takım:** Coleoptera (Kıncanatlılar)

**Alt takım:** Polyphaga

**İnfra Takım:** Scarabaeoidea

**Familya:** Cetoniidae

**Alt familya:** Cetoniinae

**Kabile:** Cetoniini

**Alt kabile:** Cetoniina

**Cins:** *Tropinota* Mulsant, 1842

**Alt cins:** *Epicometis* Burmeister, 1842

**Sinonimler (Baraud, 1992):**

= *Scarabaeus hirtus* Poda, 1761

= *Scarabaeus hirtellus* Linnaeus, 1766

= *Cetonia vestita* Say, 1825

= *Epicometis tonsa* Burmeister, 1842

= *Tropinota nigrina* Mulsant, 1842

= *Tropinota subfasciata* Mulsant, 1842

= *Epicometis immaculata* Miksic, 1956

## **2.2 *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761)'nın Genel Özellikleri**

### **2.2.1 Ergin**

*Tropinota (Epicometis) hirta*, Türkiye'de yaygın olarak yayılış gösteren ve ekonomik açıdan önemli zararlar oluşturan polifag bir türdür. Ergin bireylerin vücut yapısı, küçük ve kalın

görünümde, renkleri genellikle mat siyah ve kahverengidir. Vücutlarının büyük kısmında bulunan sarımsı, beyaz ve krem tüyler tipik olarak tanınmasını sağlar. Anten yapısı, lamellate tipte ve clypeus belirgin dörtgen şeklindedir. Üstten bakıldığında görülemeyen ağız parçaları çiğneyici tiptedir. Pronotum, çok sayıda çukurcuklar ve orta hat boyunca uzanan karınaya sahiptir. Vücutlarında nadir tüy bulunmayan kısım scutellumun üst kısmıdır. Bu kısım üçgen biçiminde olup üzerindeki noktalar *Tropinota* cinsine ait türlerin teşhisinde önemlidir. Elitrada farklı sayılarda ve birbirine simetrik sarımsı ve beyazımsı benekler bulunur. Dişi bireylerde daha geniş olan elytra, erkek bireylerde daha dardır. Bacaklar üzerinde oldukça fazla tüyler bulunur. Bacakların tibiaları farklı sayılarda çıkıntı bulundurur. Dorsalden bakıldığında görülmeyen pygidium tüylü yapıdadır (Kara, 1995; Polat, 2024).

### **2.2.2 Yumurta**

Ergin dişiler çiftleştikten 4-5 gün sonra yumurta bırakmaya başlar. Yumurtladıktan ortalama 15 gün sonra ise genellikle ölürlür (Muradova, 2022). Dişi bireyler humus bakımından zengin topraklara, bitki kalıntılarının olduğu güneşli tarla ve bahçe kenarlarına ya da kemirgen yuvalarını kazıp yumurtalarını buraya bırakır. Ayrı ayrı ya da bir kaç parça halindeki yumurtaların toprakta 5-35 cm derine kadar bırakıldığı gözlenmiştir (Tuskavetska, 2020; Muradova, 2022). 1-2 hafta sonra larvaların çıktığı görülmüştür. Yumurtalar beyaz küre biçiminde, çapı ortalama 2 mm civarındadır (Kara, 1995; Atmaca vd., 2018). Büyüyen embriyoda beyaz olan yumurta renginin koyulaştığı bildirilmiştir (Muradova, 2022). Ortalama 15-20 adet yumurta toprağa bırakılır (Tuskavetska, 2020). Bağırsak disektesi sırasında incelenen dişi bireylerin beyaz küre şeklinde 10-18 adet arasında yumurta taşıdığı gözlenmiştir (n=100) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Dişi *Tropinota (Epicometis) hirta* ve bırakılmamış yumurtaları (ölçek: 1 mm)

### 2.2.3 Larva

Dişi tarafından bırakılan yumurtalar, 10-15 gün arasında larvaya dönüşür. Toprakta yaşayan larvalar, çürümüş organik besinlerle, bitkilerin toprak altı kısımları, genç sürgün ve filizleriyle beslenerek bitkiye zarar verirler (Arslan ve Aslan, 2015; Atanasova et al., 2017; Atmaca vd., 2018; Muradova, 2022).

Laboratuvar ortamında yapılan çalışmada böceklerin 5 larva döneminden sonra pupa oluşumunun gözlemlendiği bildirilmiştir (Kara, 1995). Manas tipli larvalar tehlike anında ergin formları gibi ölü taklidi yaparak top şeklini almaktadır (Şekil 2.3) (Tagem, 2008).



Şekil 2.3: *Tropinota (Epicometis) hirta*, manas tipli larva (Tagem, 2008)

#### 2.2.4 Pupa

Tükürükleriyle toprağı yapıştıran larvalar toprakta koza oluşturarak pupaya döner. Pupaların formu serbest pupadır. Beyaz renkli olup eni 6-8 mm arasında değişirken boyu ise 13-15 mm arasındadır (Kara, 1995). Ağustos'tan Eylül ayının ortalarına kadar süren pupal evreden 14-20 gün sonra ergin bireyler çıkar ve kış dönemini toprakta geçirerek çiçeklenme döneminde ortaya çıkmayı bekler (Tuskavetska, 2020). Toprakta oluşturduğu koza içerisinde 6-7 ay kalan böceklerin genelde % 85'i pupadan çıkarak kış uykusuna yatarken, diğer kısmında ilkbahara kadar diyapozda kalır (Muradova, 2022).

#### 2.2.5 Biyolojisi

*Tropinota (Epicometis) hirta* erginleri toprakta geçirdikleri uzun kış döneminden sonra hava sıcaklığının artmasıyla beraber ilk uçuşlarına başlar. Mart ayının ortalarından itibaren sıcaklığa bağlı uçuşa çıkan böceklerin popülasyonunda en tepe nokta Nisan ayıdır. Yaklaşık 15°C sıcaklık ve ortalama % 40-60 arası nem böceklerin bulunmasında etkilidir. Yetişkin böcekler sıcaklığın baskın olduğu öğle saatlerinde çok hareketlidir. Sabahları uyuşuk halde bulunan böcekler geceleri toprakta gizlenerek geçirirler. Bulutlu ve rüzgarlı hava durumu ya da yağmur gibi etkenler söz konusu olduğunda böcekler hemen yaprak altlarına ve toprak altlarına girerek saklanmaktadır. Temmuz ortasına kadar böceklerin görüldüğü bildirilmiştir (Tagem, 2008; Aydın, 2011; Kaplan, 2019). Zararının toprak alanlarında ortaya çıkmasındaki en önemli etkenler hava sıcaklığı ve iklim koşullarıdır (Tuskavetska, 2020).

Uçma kabiliyeti yüksek olan böcekler konukçu tercihinin genişliğinden de belli olacağı üzere başka bitkilere kolaylıkla geçer. Çiçek açmış ağaçları, taç yaprakları ve stigmaları tüketerek bitkinin meyve oluşumuna engel olur (Sağdaş ve Yaşar, 2013; Akpınar et al., 2020).

#### 2.2.6 Konukçuları

Konukçu tercihi çok çeşitlilik gösteren *Tropinota (Epicometis) hirta* hemen hemen tüm bitki türleriyle beslenebilir. Ergin böcekler diyapozdan çıkınca ilk tercihleri erken çiçeklenen yabancı otlar olur. Sonrasında diğer meyve çiçeklerine saldırırlar (Muradova, 2022). Çiçeklenme sırasında *T. hirta*, genç kiraz ağaçlarındaki çiçeklerin % 70'ine zarar verebilen tehlikeli bir zararlıdır (Kutinkova and Andreev, 2004). Literatür çalışmaları sonucu böceğin 117 bitki türünde zararlı olduğu tespit edilmiştir. *T. hirta*'nın konukçu olduğu bitkilerin tablosu Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.1:** Literatürden *Tropinota (Epicometis) hirta*'nın konukçu olduğu bitkiler

Familya	Konukçu bitkiler	Bilimsel adı	Referans
<b>Adoxaceae</b>			
	Kara mürver	<i>Sambucus nigra</i> L.	(Schmera et al., 2004)
	Germeşe	<i>Viburnum lantana</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
<b>Amaranthaceae</b>			
	İspanak	<i>Spinacia oleraceae</i> L.	(Lodos et al., 1999)
<b>Amaryllidaceae</b>			
	Nergis	<i>Narcissus poeticus</i> L.	(Aydın, 2011; Buşmachiu and Toderaş, 2014)
<b>Apiaceae</b>			
	Kürdan otu	<i>Ammi majus</i> L.	(Avcı ve Özpınar, 2021)
	Çayır out/tavşancıl	<i>Heracleum sphondylium</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
<b>Asparagaceae</b>			
	Sümbül bitkisi	<i>Hyacinthus orientalis</i> L.	(Martinoviç, 1962)
	Morbaş	<i>Muscari racemosum</i> Mill.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Tükrük otu	<i>Ornithogalum sp.</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
<b>Asphodelaceae</b>			
	Çirişotu	<i>Asphodelus sp.</i> L.	(Lodos et al., 1999)
<b>Asteraceae</b>			
	Şahin otu	<i>Picris hieracioides</i> L.	(Avcı ve Özpınar, 2021)
	Kırmızı şahin sakalı	<i>Creprus rubra</i> L.	(Avcı ve Özpınar, 2021)
	Papatya	<i>Anthemis sp.</i> L.	(Avcı ve Özpınar, 2021)
	Eşekdikeni	<i>Carduus nutans</i> L.	(Avcı ve Özpınar, 2021)
	Aspir	<i>Carthamus tinctorius</i> L.	(Avcı ve Özpınar, 2021)
	Kum düğmesi	<i>Centaurea arenaria</i> M.Bieb. ex Willd.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Papatyagiller	<i>Centaurea cyanus</i> L.	(Martinoviç, 1962)
		<i>Chrysanthemum sp.</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Deve diken	<i>Cirsium sp.</i> Mill.	(Lodos et al., 1999)
		<i>Crepis biennis</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Ayçiçeği	<i>Helianthus annuus</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Mayıs papatyası	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	(Lodos et al., 1999)
	Kanaryaotu	<i>Senecio sp.</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Şevketi bostan	<i>Scolymus hispanicus</i> L.	(Güllüdağ ve Yoldaş, 2015)
	Karahindiba	<i>Taraxacum officinale</i> Weber ex Wiggers	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Öksürük otu	<i>Tussilago farfara</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
<b>Berberidaceae</b>			
	Kırbaş otu	<i>Leontice leontopetalum</i> L.	(Avcı ve Özpınar, 2021)
<b>Brassicaceae</b>			
		<i>Alyssum montanum</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Kolza	<i>Brassica napis</i> L.	(Aydın, 2011; Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Lahana	<i>Brassica oleracea</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Şalgam	<i>Brassica rapa</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Delitürp	<i>Bunias erucago</i> L.	(Avcı ve Özpınar, 2021)
	Çoban çantası	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L). Medik.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Çayır köpükotu	<i>Cardaminae pratensis</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Zarife otu	<i>Erysimum sp.</i> L.	(Buşmachiu and Toderaş, 2014)
	Hünkarbeğendi otu	<i>Iberis saxatilis</i> L.	(Martinoviç, 1962)
	Akcivanotu	<i>Iberis sempervirens</i> L.	(Martinoviç, 1962)
	Diğnik	<i>Lepidium draba</i> L.	(Martinoviç, 1962)

**Tablo 2.1 (devam)**

		<i>Lunaria rediviva</i> L.	(Martinoviç, 1962)
	Su teresi	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
	Yabani turp	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	(Avcı ve Özpinar, 2021)
	Ak hardal	<i>Sinapis alba</i> L.	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
	Yabani hardal	<i>Sinapis arvensis</i> L.	(Avcı ve Özpinar, 2021)
<b>Caryophyllaceae</b>			
		<i>Dianthus ponedera</i> Kern.	(Martinoviç, 1962)
		<i>Silene sp.</i> L.	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
<b>Cistaceae</b>			
	Laden	<i>Cistus sp.</i> L.	(Lodos et al., 1999)
<b>Cruciferae</b>			
	Altın tozu (süs bitkisi)	<i>Alyssum saxatile</i> L.	(Martinoviç, 1962)
<b>Cucurbitaceae</b>			
	Hıyar	<i>Cucumis sativus</i> L.	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
<b>Ericaceae</b>			
	Yaban mersini	<i>Vaccinium corymbosum</i> L.	(Slav et al., 2018)
<b>Fabaceae</b>			
	Boyacı Otu	<i>Genista sp.</i> L.	(Lodos et al., 1999)
	Mercimek	<i>Lens esculenta</i> Medik.	(Lodos et al., 1999)
		<i>Lupinus spp.</i> L.	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
	Yonca	<i>Medicago sativa</i> L.	(Lodos et al., 1999)
	Korunga	<i>Onobrychis spp.</i>	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
	Yabani fasulye	<i>Phaseolus spp.</i> L.	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
	Beyaz çiçekli akasya	<i>Robina pseudoacacia</i> L.	(Martinoviç, 1962)
	Bakla	<i>Vicia faba</i> L.	(Avcı ve Özpinar, 2021)
	Fiğ	<i>Vicia sativum</i> L.	(Avcı ve Özpinar, 2021)
	Meşe	<i>Quercus sp.</i>	(Lodos et al., 1999)
<b>Grossulariaceae</b>			
	Siyah frenk üzümü	<i>Ribes nigrum</i> L.	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
<b>Hippocastanaceae</b>			
	At kestanesi	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	(Martinoviç, 1962)
<b>Iridaceae</b>			
	Alman süseni	<i>Iris germanica</i> L.	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
<b>Lamiaceae</b>			
	Ak ballı baba	<i>Lamium album</i> L.	(Avcı ve Özpinar, 2021)
	Ballı baba	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	(Avcı ve Özpinar, 2021)
	Eflatun çiçekli ballı baba	<i>Lamium purpureum</i> L.	(Martinoviç, 1962)
<b>Lauraceae</b>			
	Defnegiller	<i>Laurus sp.</i> L.	(Lodos et al., 1999)
<b>Leguminosae</b>			
	Bezelye	<i>Pisum sativum</i> L.	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
<b>Liliaceae</b>			
		<i>Gagea sp.</i>	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
	Lale	<i>Tulipa spp.</i>	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
<b>Malvaceae</b>			
	Gülhatmi	<i>Althaea rosae</i> L.	(Lodos et al., 1999)
<b>Oleaceae</b>			
	Leylak	<i>Syringa vulgaris</i> L.	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
<b>Orobanchaceae</b>			
	Canavar otu	<i>Orobanche spp.</i>	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
<b>Paeoniaceae</b>			
	Şakayık türü	<i>Paeonia tenuifolia</i> L.	(Martinoviç, 1962)
<b>Papaveraceae</b>			
	Gelincik	<i>Papaver rhoeas</i> L.	(Avcı ve Özpinar, 2021)

**Tablo 2.1 (devam)**

<b>Pinaceae</b>			
	Çam	<i>Pinus spp.</i>	(Lodos et al., 1999)
<b>Plataginacea</b>			
	Sinirotu	<i>Plantago major</i> L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
<b>Poaceae</b>			
	Çavdar	<i>Secale cereale</i> L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Buğday	<i>Triticum aestivum</i> L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Arpa	<i>Hordeum vulgare</i> L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Mısır	<i>Zea mays</i> L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
<b>Primulacea</b>			
	Çuha	<i>Primula officinalis</i> (L.) Hill	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Hakiki çuha çiçeği	<i>Primula elatior</i> (L.) Hill	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
<b>Punicaceae</b>			
	Nar	<i>Punica granatum</i> L.	(Avcı ve Özpınar, 2021)
<b>Ranunculaceae</b>			
	Keklikgözü çiçeği	<i>Adonis vernalis</i> L.	(Mészáros and Kondorosy, 2019)
	Bataklik Nergisi	<i>Caltha palustris</i> L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
		<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Düğmeli çingiotu	<i>Ranunculus bulbosum</i> L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Arpacık salebi	<i>Ranunculus ficaria</i> L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
<b>Rosaceae</b>			
	Adi aliç	<i>Crataegus</i> sp.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Ayva	<i>Cydonia vulgaris</i> Pers.	(Avcı ve Özpınar, 2021)
	Çilek	<i>Fragaria</i> sp. L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Elma	<i>Malus domestica</i> Borkh..	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Başparmak otu	<i>Potentilla</i> sp.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Amerikan eriği	<i>Prunus americana</i> Marsh.	(Martinoviç, 1962)
	Badem	<i>Prunus amygdalus</i> Batsch	(Arslan ve Aslan, 2015)
	Kiraz	<i>Prunus avium</i> L.	(Avcı ve Özpınar, 2021)
	Vişne	<i>Prunus cerasus</i> L.	(Martinoviç, 1962)
	Erik	<i>Prunus domestica</i> L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014; Avcı ve Özpınar, 2021)
		<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A.Webb	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Şeftali	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	(Avcı ve Özpınar, 2021)
	Çakal eriği	<i>Prunus spinosa</i> L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Armut	<i>Pyrus communis</i> L.	(Lodos et al., 1999; Avcı ve Özpınar, 2021)
	Ahlat	<i>Pyrus elaeagnifolia</i> Pall.	(Lodos et al., 1999)
	Kuşburnu	<i>Rosa canina</i> L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Yağ Gülü	<i>Rosa damascena</i> Mill.	(Demirözer and Karaca, 2011)
		<i>Rosa hugonis</i> Hemsl.	(Martinoviç, 1962)
		<i>Rubus allegheniensis</i> Porter	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Ahududu	<i>Rubus idaeus</i> L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Karaağaç böğürtleni	<i>Rubus ulmifolius</i> Schoott	(Avcı ve Özpınar, 2021)
<b>Rutaceae</b>			
	Narenciye	<i>Citrus</i> spp.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
<b>Salicaceae</b>			
	Söğüt	<i>Salix</i> sp. L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
	Kavak	<i>Populus</i> sp. L.	(Buşmachieu and Toderaş, 2014)
<b>Scrophulariaceae</b>			
	Sığırkuyruğu	<i>Verbascum</i> sp. L.	(Lodos et al., 1999)

**Tablo 2.1** (devam)

Solanaceae			
	Domates	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	(Buşmachiü and Toderas, 2014)
Violaceae			
	Hercai menekşe	<i>Viola tricolor</i> L.	(Martinoviç, 1962)
Vitaceae			
	Gök üzüm	<i>Vitis vinifera</i> L.	(Buşmachiü and Toderas, 2014)

### 2.2.7 Zararları

Genel olarak diyapoz dönemini martta sonlandıran böcekler ilk başta yabancı bitkilere saldırır. Çoğu bitkiye saldıran ve zarar veren türün besin seçiciliği pek yoktur. Ergin böcekler, bitkilerde taç, yaprak ve organdaki pistilleri yiyerek çiçek tomurcuklarına, polenlerinde ve yumurtalık gibi kısımlarında zarar oluşturur (Vuković et al., 2019; Muradova, 2022).

Ekonomik zararı oldukça büyük olan böceklerin, Bulgaristan'ın kiraz bahçelerinde % 70 oranında meyve kaybına (Kutinkova and Andreev, 2004), Tokat çevresindeki armut çiçeklerinde % 90-100 ürün kaybına (Kara, 1995), Romanya'nın yaban mersini bahçelerinde ise % 50 oranlarında zararlara sebep olmaktadır (Slav et al., 2018). Ayrıca Brovar bölgesindeki (Kiev, Ukrayna) çilek tarlalarında mücadelesi yapılmadığı takdirde meyvelerde % 65 oranında verim kaybına sebep olduğu raporlanmıştır (Tuskavetska, 2020). Nergis çiçeklerine de % 25 oranında zarar verdiği bildirilmiştir (Martinoviç, 1962).

Macaristan'da lalelerde gözlenen virüs enfeksiyonunun *T. hirta* kaynaklı olabileceği, bitkileri çiğneyerek beslediği sırada virüsü mekanik yollarla yaydığı düşünülmektedir (Martinoviç, 1962).

### 2.2.8 Faydaları

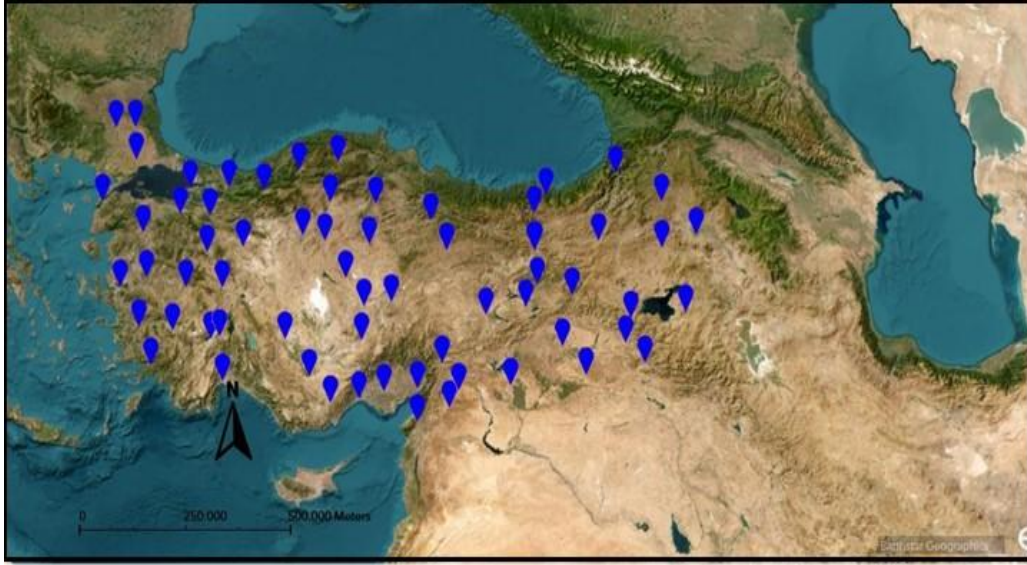
*Tropinota (Epicometis) hirta* dünya genelinde zararlı bir tür olarak görülse de çiçek tozlaşmasını sağlaması faydalı sayılabilecek bir özelliktir. Çeşitli çiçekleri besin kaynağı olarak kullanan bu fitofag böcekler çiçeklerde gezerken üzerine yapışan tüyleri taşıyarak tozlaştırıcı özellik gösterir. Bu özellik verdiği zararla mukayese edildiğinde önemsiz görünmektedir (Chiheb, 2014). Bazı üreticiler bahçelerinde yoğun çiçeklenme döneminde zarar yapan böceklerin ağaçlarda meyve seyreltmesine sebep olması gerekçesiyle mücadele konusunda kayıtsız kalmaktadır (Özbek Çatal vd., 2020).

### 2.2.9 Yayılışı

Son yıllarda giderek popülasyonu artan *Tropinota (Epicometis) hirta*'nın anavatanının Asya olduğu düşünülmektedir. İklim değişikliği ve türün tüm gelişim aşamalarının toprakla olan ilgisi ve hemen hemen her bitki çiçeğiyle beslenebilmesi zararlı sayısındaki artışın en büyük sebeplerindendir (Tuskavetska, 2020).

*Tropinota (Epicometis) hirta* dünya genelinde Palaearktik bir yayılış gösterir. Özellikle Avrupa, Asya, Akdeniz, Kuzey Afrika, Orta Doğu'da bu türe çok sık rastlanır (Tóth et al., 2004). Literatürde, Almanya (Niehuis, 2009), Amerika, Arnavutluk, Avusturya, Belarus, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Fas, Fransa, Hırvatistan, İspanya, İsviçre, İtalya, Kıbrıs, Litvanya, Polonya, Portekiz, Slovakya, Türkiye, Yunanistan (Çelik and Yaşar, 2021), Romanya (Slav et al., 2018), Ukrayna (Tuskavetska, 2020), Belçika, Hollanda, İngiltere, İran, Lübnan, Rusya, Suriye (Baraud, 1992), Bosna Hersek (Lelo, 2006), Cezayir (Chiheb, 2014), Andorra, Balear Adası, Lüksemburg, Makedonya, Moldova, Sardunya, Sicilya, Slovenya, Yugoslavya (Stefanelli et al., 2014), İsrail (Dutto, 2007), Letonya (Alekseev, 2018), Macaristan (Mészáros and Kondorosy, 2019), Sırbistan (Vuković et al., 2019)'dan bildirilmiştir.

Türkiye'de kozmopolit bir yayılıma sahiptir. Adana (Özbek Çatal vd., 2020), Afyon, Ağrı, Ankara, Antalya, Artvin, Aydın, Bilecik, Burdur, Bursa, Bolu, Çanakkale, Çankırı, Çorum, Denizli, Edirne, Eskişehir, Gaziantep, Hatay, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Karabük, Karaman, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Kırklareli, Kırşehir, Kilis, Konya, Kütahya, Manisa, Mersin, Muğla, Niğde, Osmaniye, Sakarya, Tekirdağ, Uşak (Lodos et al., 1999; Rozner and Rozner, 2009; Şenyüz et al., 2015), Balıkesir (Sürgüt et al., 2014; Şenyüz et al., 2015), Diyarbakır (Kaplan, 2019), Erzincan (Alaserhat, 2019), Elazığ, Malatya, Mardin, Yalova (Çelik and Yaşar, 2021), Bingöl, Bitlis, Erzurum, Iğdır, Şanlıurfa, Trabzon, Tunceli (Polat et al., 2017), Gümüşhane, Kars, Nevşehir, Siirt, Sivas, Van (Ersoy ve Hasbenli, 2022), Şırnak (Ayaz, 2022), Tokat (Kara, 1995), Yozgat (Atmaca vd., 2018) illerinden kayıtları bildirilmiştir (Şekil 2.4).



**Şekil 2.4:** *Tropinota (Epicometis) hirta* literatürdeki Türkiye’de dağılımı (google earth)

### 2.2.10 Mücadele yöntemleri

*Tropinota (Epicometis) hirta* beslenme tercihinin çok çeşitli olması sebebiyle geniş alanlara yayılmıştır. Bazı bölgelerde yoğun popülasyona sahip olan tür ile mücadele zordur. Zararlının mücadelesi için birçok farklı yöntem denenmektedir. Tam bir çözüm üretilmesine de yapılan çalışmalar böcek popülasyonunu azaltmada başarılı olmaktadır. Böcekle savaşta biyoçeşitliliğe zararı olmayacak yeni yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Çevrenin korunması ve biyolojik çeşitliliğin devamı için kültürel, mekanik, biyoteknik, biyolojik mücadele gibi çeşitli yöntemler uygulanmaktadır (Sağdaş, 2011; Oltean et al., 2015; Yaşar ve Dahham, 2019).

#### 2.2.10.1 Kimyasal mücadele

*Tropinota (Epicometis) hirta* kimyasal kontrolü oldukça zor olan zararlı bir türdür. Çiçeklenme döneminde beslenmeye çıkan erginler, arı gibi tozlaşmaya faydalı böceklerle aynı dönemde olduğundan kimyasal ilaç kullanımını sınırlamaktadır (Vuković et al., 2019). Zararlılarla mücadelede akla ilk gelen kimyasal pestisit olmaktadır. Doğada yıllardır rahatlıkla kullanılmaya devam edilmektedir. Çevreye büyük zararları olan pestisitler, insan sağlığını tehdit eder, biyosisteme zarar verir, ulaşılabilir besin ve su kaynaklarında kirletici etkilere sebep olur. Etkileri sadece hedeflenen türlerde değil hedef dışı canlılarda da görülmektedir. Özellikle faydalı türlere olan zararı ekonomik kayıpları da beraberinde getirir. Kimyasal insektisitler böceklerde direnç oluşturarak zamanla ilaçların etkisiz hale gelmesine de yol açmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte bu tarz kullanımların önüne

geçilmeye çalışılmaktadır. Bunlar dikkate alındığında doğa ve çevre dostu alternatif yöntemlerin bulunması gereklidir (Gül, 1998; Balcı ve Durmuşoğlu, 2020; Hans and Saxena, 2021).

#### **2.2.10.2 Kültürel mücadele**

Yaşamının çoğu dönemini (yumurta, larva, pupa ) toprakta geçiren ve kışın toprağa saklanan erginlerin popülasyonunu azaltmak için kültürel mücadele kapsamında toprak sürülmesi yapılmaktadır (Tagem, 2008).

#### **2.2.10.3 Mekanik mücadele**

*Tropinota (Epicometis) hirta*'nın en hareketli olduğu zaman dilimi öğle saatleridir. Sabah böcekler daha az ve yavaş hareket etmektedir. Bu zaman diliminde ağaçların altlarına bez ya da örtü gerilir. Ağaç dallarına zarar vermeyecek şekilde bir sopa yardımıyla vurularak ya da ağaçlar sallanarak böceklerin düşmesi beklenir. Tuzağa düşen erginlerin derhal imha edilmesi gereklidir (Tagem, 2008).

#### **2.2.10.4 Biyoteknik mücadele**

Zararlının mücadelesinde kimyasal ve görsel cezbediciler kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda böceğin mavi renge karşı ilgisi keşfedilmiştir (Schmera et al., 2004; Çelik and Yaşar, 2021). Mavi renkli farklı şekillerde tuzaklar su ve cezbedicilerle desteklenerek ağaçlar üzerinde, ağaca yakın alanlarda ve ağaç üzerinde farklı yüksekliklerde konumlandırılarak böceklerin bu kısımlara düşmesi sağlanmaktadır. İleri çalışmalarda zararlının çiçeklenme döneminin farklı zamanlarında renk tercihinin değişebileceği de görülmektedir. Tuzaklara çekilen bu böcekler toplanarak imha edilir ve zararlı popülasyonu düşürülmeye çalışılır (Tóth et al., 2004; Aydın, 2011; Güvenç ve Yaşar, 2015; Yaşar ve Dahham, 2019; Özpınar ve Erbay, 2020).

#### **2.2.10.5 Biyolojik mücadele**

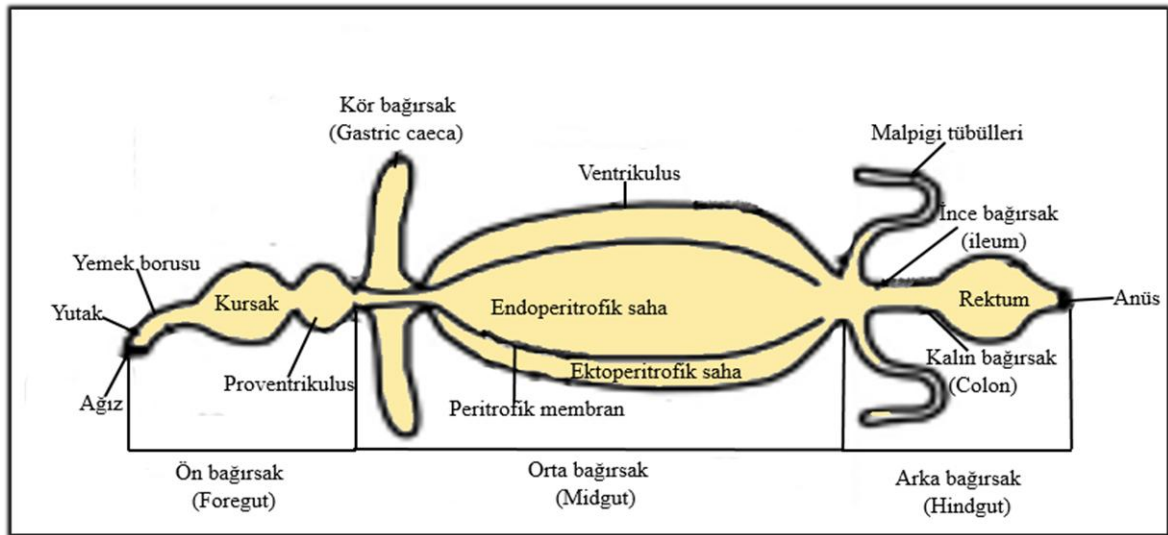
Zararlıyla savaşta kimyasal mücadeleye alternatif olarak geliştirilen bir yöntemde biyolojik mücadeledir. Entomopatojen nematodlar *T.hirta* savaşımında yüksek potansiyelli biyolojik ajanlar olarak görülmektedir (Akpınar et al., 2020). Hedef zararlıda hastalık oluşmasına sebep olan entomopatojen funguslarla yapılan çalışmada alternatif bir biyolojik mücadele yöntemi olarak görülmektedir (Atmaca vd., 2018; Uçar, 2021).

### 2.2.10.6 Doğal düşmanı

*Tropinota (Epicometis) hirta*'nın doğal düşmanı *Scolia quadripunctata* Fabricius (Hymenoptera: Scoliidae) olarak bildirilmiştir (Tagem, 2008).

### 2.3 Böceklerde Sindirim

Böcekler gıda sindirimi ve besin emilimi ile hayati faaliyetlerini devam ettirmek için sindirim kanalına sahiptir (Holtof et al., 2019). Beslenmeyi sağlayan kanal 3 kısımda incelenir: ön bağırsak olarak bilinen stomodeum, orta bağırsak yani mesenteron ve arka bağırsak yani proctodeum (Şekil 2.5) (Chapman, 2013). Ön ve arka bağırsak ektodermal epitele sahipken, kütiküler iç astara sahip olan orta bağırsak endodermal kökenlidir. Bu astara sahip olması sindirim ve emilim olaylarının orta bağırsakta gerçekleşmesini sağlar (Holtof et al., 2019).



Şekil 2.5: Böceklerde sindirimin bölümleri (uyarlanmıştır, Terra and Ferreira, 2012)

Böceklerin büyük moleküller halinde aldığı besinler; polisakaritler, protein gibi makromoleküller ve lipitlerdir. Dokulara geçebilecek düzeyde parçalanması ve küçük moleküller olarak emiliminin sağlanması gereklidir. Bu büyük moleküller halinde alınan besinlerin parçalanmasında çeşitli enzimatik ve mekanik aktiviteler rol oynar. Böceklerde beslenme şeklinin ve besin alımının farklılığı sindirimin gerçekleşmesini sağlayacak ve besinlerin parçalanmasında görevli böcek türlerine has sindirim enzimlerine sahiptir. Salgılanan enzimler böcekteki beslenme alışkanlığıyla ilgilidir. Alınan besin maddesindeki kimyasal içeriğin değişkenliği de bu enzimlerde farklılaşmalara yol açmaktadır (Terra and Ferreira, 1994; Chapman, 2013; Holtof et al., 2019).

Sindirim için gerekli enzimler tükürük ve orta bağırsağın salgılarında sindirimin bir kısmı ön bağırsakta tükürükteki enzimlerle gerçekleşiyor olsa da esas sindirim orta bağırsaktan salgılanan enzimlerle meydana gelir. Özellikle Carabidae ve Orthoptera gibi takımlarda sindirimin çoğu ön bağırsakta gerçekleşerek bu bölgede yüksek enzim aktivitesi gösterir. Simbiyotik mikroorganizmalarla yapılan sindirim böceklerin arka bağırsak kısmında görülür. Arka bağırsak sindirimin düşük seyrettiği kısımdır (Chapman, 2013).

### **2.3.1 Ön bağırsak**

Ağız yolu besinin ilk temas ettiği kısımdır. Besinin bu kısımda ön bağırsağa bağlanmasıyla depo ve öğütülme aşamaları gerçekleşir. Ektodermal stomodeumdan oluşan bu kısmın epitelinde kutikula bulunur (Terra and Ferreira, 1994; Holtof et al., 2019).

Böceklerde ön bağırsak; farinks, yemek borusu, kursak ve proventrikulistan meydana gelir. Farinks, alınan besinin yutulmasında ve peristaltik hareketlerle besinin sindirim kanalında diğer kısımlara aktarılmasında görevlidir. Yemek borusu bu geçişe yardımcı olmak için farinks ve kursak arasında bağlantı kuran boru şeklinde yer alır. Çoğu böcekte kursak besinin depolama görevini üstlenmiştir. Coleoptera gibi birkaç böcek takımında ön bağırsak ve arka bağırsaktan gelen enzimlerin aktivitesi sayesinde kursakta enzimatik sindirim gerçekleşir. Ön midenin öğütücü bir görevi vardır. Sindirim-emilim faaliyetlerinde görev alarak orta bağırsağa besin geçişine izin veren bir kapakçık sağlar (Terra and Ferreira, 1994; Chapman, 2013; Holtof et al., 2019).

### **2.3.2 Orta bağırsak**

Kör keseler ve ön kısımdan dallanmış ventrikülden meydana gelen orta bağırsak peritrofik bir membranla kaplıdır. pH dengesi, böcek bağırsağında enzim aktivitesinin düzenlenmesinde etkili rol oynar. Bağırsak pH'ları Insecta takımlarında farklılıklar gösterir. Coleoptera orta bağırsağında ön ventrikül asidik, arka ventrikül nötr/alkalidir. Ön ve arka ventriküldeki değişen pH bağırsağın ön kısmında karbohidraz aktivitesini artırırken, arka kısımda proteaz aktivitesinde yüksek etkileri ortaya çıkarır. Scarabaeoidea böceklerinin bazı türlerinde orta bağırsağın alkali yapısı ve arka bağırsakta bazı enzimlerin etkili olması, selüloz sindiriminin uyarılmasını sağlamaktadır. Bağırsak pH ve sindirim enzimlerinin çalışabileceği pH ilişkisi orta bağırsakta hücrelerin ve epitel yapının korunmasında oldukça önemlidir (Terra and Ferreira, 1994; Holtof et al., 2019).

Orta bağırsakta hücrelerin farklı işlevleri vardır. Bunlar; enzim üretimi, salgılanması ve besin emilimidir. Uzun ve kolumnar olan hücrelerin çoğu mikrovillusları meydana getirir. Genel olarak mikrovillus dış yapısı glikokaliks tabakadır ve bu kısım glikoproteinden oluşur. Mikrovillusler, emilimde rol oynayan hücre zar alanının genişlemesini sağlamaktadır (Chapman, 2013).

Böcekler büyüme ve çeşitli yaşamsal faaliyetlerinde gerekli olan protein, lipit ve karbonhidratları orta bağırsaklarında bulunan sindirim enzimlerinin besin maddelerini dönüştürmesi ile almaktadır (Li-Byarlay et al., 2016). Besin alımından hemen sonra başlayan enzim salgılanması ve aktiviteleri, sindirim sırasında da devam eder (Chapman, 2013). Orta bağırsağın uç kısmından ayrılan çekum, enzim salgısı görevini üstlenirken aynı zamanda biyokimyasal sindirim sürecinde yüzeyi genişleterek orta bağırsakta maksimum sindirim gerçekleşmesine katkı sağlar (Holtorf et al., 2019).

### **2.3.2.1 Peritrofik membran**

Peritrofik membran Hemiptera hariç çoğu böcekte tanımlanmış, böceklerin orta bağırsağında tek ya da çok katmanlı, porlu dokuda olan ve mideyi kaplayan tüp şeklindeki kitin protein yapısıdır. Orta bağırsakta bulunan midenin lümen yapısını koruma görevi sağlar. Peritrofik membran, mide lümenini endoperitrofik ve ektoperitrofik boşluğa ayırır. Endoperitrofik kısımda besin orta bağırsakta önden arka kısma doğru ilerler. Sindirimin ilk gerçekleştiği kısım olan endoperitrofik bölge bu boşluğa gelen sindirim enzimleri sayesinde alınan makromoleküllerin daha küçük monomerlerine dönüşümü gerçekleştirilir. Peritrofik membranda porların boyutu arkadan uca doğru azalmaktadır. Endoperitrofik membranda parçalanmış protein ve yağlar, monomer yapılar halinde ektoperitrofik boşluktan geçer (Waterhouse, 1957; Terra and Ferreira, 1994; Chapman, 2013; Holtorf et al., 2019).

Besin monomerleri ektoperitrofik bölgede ters akışla çekuma itilir, Akış etkisiyle çekum tarafından alınan yiyecekler tekrar endoperitrofik boşluğa döner. Bu şekilde geri kazanılan besinler ve sindirim enzimleri bir döngü başlatarak orta bağırsakta sindirimin verimli şekilde gerçekleşmesine katkı sağlar (Holtorf et al., 2019).

Peritrofik membran yapısı böceklerin yaşam faaliyetlerinde önemli görevler üstlenmiştir. Çeşitli türden maddeleri kendilerine besin yapan böceklerin tükettiği her madde ilk olarak peritrofik matrikse uğrar. Bu kısım toksik etki gösterebilecek maddelerin ve

entomopatojenlerin canlı kolumnar hücelere direk geçişini sınırlayan bariyer konumunda yer alır. Çok yönlü gelişmiş filtreme görevi görerek toksik moleküllerin gözeneklerden geçmesini engeller. Peritrofik membranın yapısındaki proteinler, glikoprotein ve proteoglikanlar sindirim kanalına girmiş demir iyonlarını yakalayarak ve reaktif oksijenleri tutarak antioksidan yeteneği gösterir. Sindirilen monomer yapıların geçişini sağlarken, bakteri ve virüs gibi büyük yapıların geçişine engel olması seçici geçirgen özelliğini göstermektedir (Caner, 2017).

### **2.3.3 Arka bağırsak**

Ektoderm orjinli olan arka bağırsağın iç kısmı kutikula ile kaplıdır. İç sıvılarda ozmotik düzenleme bu kısmın esas işlevlerindedir. Pilor, ince bağırsak ve kalın bağırsaktan oluşarak anüsle son bulur. Pilor kapakçığı orta bağırsakla arka bağırsak ortasında geçişi senkronize eder. Malpigi tübülleri bu bölüme bağlanan boşaltım organları olarak görev yapar. Rektumla pilor arasındaki ince bağırsakta simbiyotik bakteriler yaşayabilmektedir. Termit ve bok böceği türlerinde ileumda yaşayan bakteriler böceklerde bitki polisakkaritlerinin bozulmasında görev yapar. Scarabaeidaelerde bu yapı fermentasyon kesesi şeklini almıştır. Rektum bağırsağın son bölgesidir. İyon ve su değişimi gibi olayların gerçekleştiği kısımdır. Kutiküler astar rektumdaki ozmoz faaliyetinden dolayı arka bağırsağın diğer bölgelerine göre daha ince yapıdadır (Terra and Ferreira, 1994; Chapman, 2013; Holtof et al., 2019).

### **2.3.4 Sindirim enzimleri**

Sindirim enzimleri omurgalılarda olduğu gibi böceklerde de tüm yaşamsal faaliyetlerin gerçekleşmesinde önemli rol oynayan enzimlerdir. Salgılanan enzimler böceğin aldığı besine göre şekillenmektedir (Kouadio et al., 2016).

#### **2.3.4.1 Proteazlar (E.C. 3.4)**

Proteinlerin küçük yapı taşları olan amino asitlere kadar parçalanmasında görevli olan enzimler proteazlardır. Proteinde mevcut peptid bağlarına etki eden bu enzimler endopeptidazlar ve ekzopeptidazları içermektedir. Endopeptidazlar, proteinleri içten parçalamada; ekzopeptidazlar ise proteinlerden terminal aminoasitleri parçalamada görevlidir. Kimotripsinler, sistein proteinazları, aspartik proteinazlar, aminopeptidazlar, karboksipeptidazlar, dipeptidazlar ve çeşitli proteinaz enzimleri protein sindiriminde rol oynar (Terra and Ferreira, 1994). Böceklerin genelinde başlıca endopeptidazlardan biri de tripsindir. Tripsin (EC 3.4.21.4), arjinin ve lizin kalıntılarının karboksil gruplarını içeren

peptit bağlarını keser. Tripsinler, L-amino asitlerin karboksil tarafındaki protein zincirlerini parçalayan proteinazlardandır (Chapman, 2013). Proteinlerin parçalanmasıyla açığa çıkan amino asitler, büyüme, gelişme, enerji ihtiyacını karşılama ve devamlılığın sağlanması gibi yaşamsal faaliyetlerde kullanılır. Orta bağırsak epitelinden emilimi gerçekleşir (Terra and Ferreira, 1994; Chapman, 2013; Holtof et al., 2019).

#### **2.3.4.2 $\alpha$ -amilaz (E.C.3.2.1.1)**

Amilazlar, nişasta ve polimer moleküllerin hidrolizinde görevli, glukozlar arası glikozidik bağların parçalanmasını sağlayan enzimlerdir (Aygan, 2008).

Karbonhidratlar monosakkaritlere kadar parçalanır ve orta bağırsak epitelyumu tarafından emilimi gerçekleşir. Amilazlar tarafından başlatılan ilk sindirimde nişasta, glikojen gibi polisakkaritler daha küçük polisakkarit ve disakkaritlere parçalanır. Böceklerde amilaz grubundan sadece  $\alpha$ -amilazlar bulunmuştur (Terra and Ferreira, 1994; Holtof et al., 2019).

$\alpha$ -amilaz aktivitesi böceğin hayatta kalmasında çok önemli rol üstlenir. Böcek amilazlarının optimum pH aralığı 4.0-10.0 arasındadır. Nötr ve düşük asidik pH'da daha aktif olduğuna yönelik çalışmaların yanında alkalik pH'a sahip böcek amilazlarında bildirilmiştir (Kouadio et al., 2016). Tahıl ürünleriyle beslenen böcekler yüksek duyarlılığa sahip  $\alpha$ -amilazlara sahiptir (Konarev, 1996).

#### **2.3.4.3 Selülazlar**

Selüloz bitki hücre duvarlarında çok bulunan bileşiklerdendir. Selülozun parçalanmasıyla yüksek miktarda serbest glukoz molekülü açığa çıkacağından fitofag böcekler için önemli bir karbonhidrat kaynağıdır. Bu sindirim 3 enzimin çalışmasıyla gerçekleşir. Bunlar endoglukanaz, ekzoglukanaz ve  $\beta$ -glukosidazlardır (Terra and Ferreira, 1994; Holtof et al., 2019).

Endoglukanazlar (EC 3.2.1.4), selüloz oluşturan polisakkarit zincirinin iç kısmında rastgele parçalanmaya sebep olarak farklı uzunlukta oligosakkaritleri oluşturur. Ekzoglukanazlar (EC 3.2.1.91) selüloz zincirinin indirgenen ve indirgenmeyen ucunda sıralı olarak hidrolizle glukoz ve sellobioz gibi son ürünleri oluşturur (Aygan, 2008).  $\beta$ -glukosidazlar (EC 3.2.1.21) ise sellobiozun glukozu hidrolizini gerçekleştirir. Selüloz sindirim mekanizması bu şekilde

işleyiş göstermektedir. En yüksek glukosidaz aktivitesinin fitofag böceklerde olduğu tespit edilmiştir (Chapman, 2013).

#### **2.3.4.4 Asit (ACP, E.C.3.1.3.2) ve alkalin fosfataz (ALP, E.C.3.1.3.1)**

Asit (ACP) ve alkali fosfataz (ALP), fosfomonoesterlerin asit ve alkali şartlarda hidrolizini sağlayan detoksifikasyon enzimleridir (Zibae and Bandani, 2010). Asit fosfatazlar, lizozomal işaretleyici enzimdir. Bağırsak, malpigi tübülleri ve sitolize uğrayan dokularda yüksek oranlarda mevcuttur. Alkalin fosfatazlar, mononükleotit ve ribonükleo proteinlerden fosfat iyonları sağlayarak metabolizma faaliyetlerinde kullanılır. Bağırsakta fırça kenarlı membran işaretleyici enzim olan ALP, malpigi tübüllerinde, hemolenfte ve bağırsak epitel hücrelerinde yer alır. Böceklerde üreme ve büyüme gibi fizyolojik olaylarda önemli görevi bulunan ALP, doku sitolizinde, tüy dökümü sırasında, sindirimin son evresinde, üreme hücrelerinin olgunlaşmasında hidrolizden sorumludur. Yüksek enerjili bileşiklerin sentezi için fosfat havuzunu genişletir (Zibae and Bandani, 2010; Hamadah et al., 2016).

Bitki kaynaklı maddeler sindirim enzim aktivitelerini inhibe ederek besin kullanımını sınırlamaktadır. Böylece böcek yaşamına gerekli maddelerin dönüştürülememesi böcek ölümlerine sebep olmaktadır. Bu sebeple böcek öldürücülerin özellikle ALP'yi hedeflemesi böcekte yüksek deformasyona yol açmaktadır (Nathan, 2006; Yan et al., 2011).

## **2.4 Lektinler**

Lektinler, glikoproteinlerin karbonhidratlarını seçici olarak bağlama potansiyeli gösteren protein ya da glikoproteinler olarak tanımlanmıştır (Peumans and Van Damme, 1996; Reyes-Montaño and Vega-Castro, 2018; Tsaneva and Van Damme, 2020). Bugüne kadar lektinler, ribozomu inaktive eden proteinler, proteaz inhibitörleri ve  $\alpha$ -amilaz inhibitörleri gibi çeşitli bitki proteinleri, zararlı böcekler üzerinde öldürücü etkilere sebep olmuştur (Jaber et al., 2010).

Lektin proteinine yönelik çalışmaların temeli çok uzun zamana dayanmaktadır. Stillmark'ın teziyle ilgili yaptığı çalışmada hint fasulyesi tohumundan 'risin' proteinini izole etmesi aslında lektin biliminin temellerinin 1888 yılında atılmaya başlandığını göstermektedir (Şekil 2.6) (Macedo et al., 2015; Mishra et al., 2019; Tsaneva and Van Damme, 2020). Hellin (1891), toksik etkiler gösteren yaban mersininden abrin isimli hemagglutinini keşfetmiştir. Ehrlich (1891) çalışmasında, abrin ve risin ekstraktlarıyla immünolojide temel sayılacak

presipleri önermiştir. Landsteiner (1902), hayvan eritrositlerinin hemaglutinasyon özelliğini değerlendirmek için bitkilerin tohumlarından elde ettiği ekstraktları çalışmalarında kullanmıştır. Ayrıca ekstraktlardaki özgüllüğü hayvan antikorlarıyla kıyaslamıştır (Mishra et al., 2019).

Hint fasulyesi tohumlarından izole edilen özler eritrositlerin toplanıp kümelenmesine yol açmıştır. Bu özelliğinden dolayı 'agglütinin' olarak isimlendirilmiştir (Van Damme, 2022). Boyd and Shapleigh (1954), *Phaseolus lunatus* L. tohumlarının kan grupları üzerindeki agglütinasyon özelliğinin sadece A kan grubunda tespit edildiğini bildirmiştir. Bu çalışmaya göre agglütininlerin kırmızı kan hücrelerine olan ilgisinden ve bazı kan gruplarında seçici davranmasından dolayı 'lektin' tanımını kullanmışlardır (Şekil 2.6). Lektin Latince 'legere (=seçme, toplama)' kelimesinden türetilmiştir (Mishra et al., 2019; Van Damme, 2022).



Şekil 2.6: Lektinolojinin tarihçesi (Tsaneva and Van Damme, 2020)

Lektinlerin farklı tanımlamaları yapılmaktadır; "Hidrojen bağları ve van der Waals etkileşimleri yoluyla belirli şeker bölümlerine geri dönüşümlü olarak bağlanabilen, alt birim başına bir veya daha fazla bağlanma bölgesine sahip, immünolojik kökenli olmayan

proteinler veya glikoproteinler" tanımı da bunlardan biri olmuştur (Vasconcelos and Oliveira, 2004; Aricigil and Pryme, 2015).

Lektinler bitkinin kendini zararlılara karşı koruma ve savunmasında etkili, karbonhidrat bağlayabilen glikoproteinlerdir (Upadhyay and Singh, 2012). Lektinlerin seçici özellikleri bitki, hayvan ve birçok organizmanın yaşamını devam ettirmesini sağlayacak süreçleri üzerinde olumsuz etkiler göstererek bitkinin savunma mekanizmasında rol alır (Chen et al., 2021).

*Phaseolus vulgaris* aglütinin (PHA) ve çeşitli bitkilerden izole edilen lektinlerin gıda olarak alınmasının besleyici özelliği olmadığı gibi ince bağırsağa bağlanma özelliği de canlılarda toksik etkileri açığa çıkarmaktadır (Pusztai et al., 1993).

Memeli hayvanlardan virüs ve bakterilere kadar hemen hemen çoğu organizmada lektinlerin varlığı saptanmıştır. Lektinler bulunduğu organizmaya göre alg lektini, mantar lektini, hayvan lektini, bakteriyel lektin ve bitkisel lektin gibi çeşitlere ayrılmaktadır (Mishra et al., 2019; Koçyiğit et al., 2023).

Alg lektinleri, fikolektin olarak isimlendirilir ve özgüllüğü glikoproteinlere karşı görülür. Bu lektinler, kompleks tipte N-glikan spesifik lektinler, yüksek mannoz tipi N-glikan spesifik lektinler ve her ikisi de tip N-glikan spesifik lektinler olarak 3'e ayrılır. Virüs enfeksiyonlarına karşı viral etkilerin azaltılmasında (antiviral), kanser karşıtı çalışmalarda, anti-inflamatuar ve çeşitli biyomedikal çalışmaların geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Mishra et al., 2019).

Mantar lektinleri, büyük çoğunluğu mantarlardan tanımlanmıştır. Ayrıca mikrofungus ve mayalardan da elde edilen lektinler bildirilmiştir (Mishra et al., 2019).

Bakteriyel lektinler, 'adezin' diye bilinen grup, enfeksiyon aşamasında bakterinin konakçıya basitçe tutunmasını sağlar. Karbonhidrat tanıma alanı (CRD) yoluyla glikan reseptörüne bağlanır (Mishra et al., 2019).

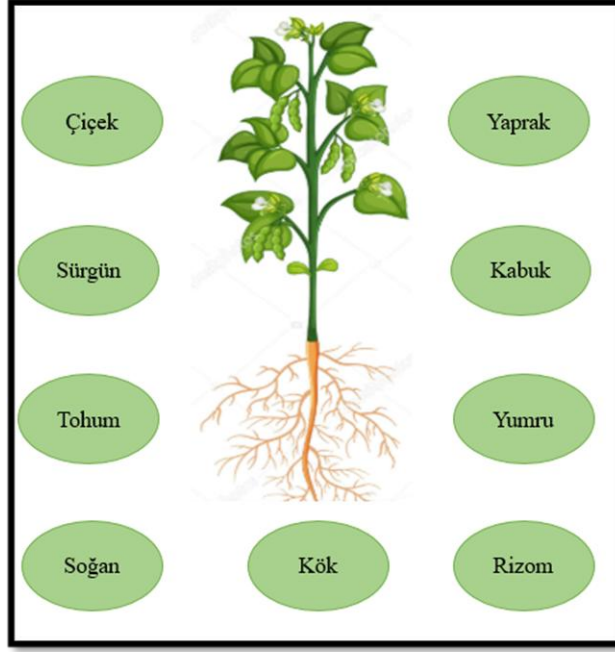
Hayvan lektinleri, CRD yoluyla karmaşık karbonhidrat yapılarını bağlayabilen, oldukça değişken amino asit dizilerine sahip karbonhidrat bağlayıcı proteinlerdir. Gelişim, bağışıklık tepkisi, fagositoz gibi çeşitli aktivitelerde görev alır (Mishra et al., 2019).

Bitki lektinleri, bitkilerin köklerinden çiçek, yaprak ve meyvelerine kadar çoğu bölümünde bulunur. Bugüne kadar bitki lektinleri ile çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Tarım ve bitki koruma alanında yapılan zararlı mücadelesinde, biyokimya alanında antibakteriyel, antifungal ve toksik özelliklerin incelenmesinde, biyomedikal, immünoloji, tümör tespiti, anti-hiv, histokimyasal gibi farklı uygulama alanlarında lektinler kullanılmaktadır (Naik and Kumar, 2022).

#### **2.4.1 Bitki lektinleri**

Bitki lektinleri, mono veya oligosakkarite geri dönüşümlü bağlanan en az bir katalitik olmayan alana sahip lektinlerdir. Bitkilerin geniş alanlarda yayılımı ve kolay bulunabilirliği ayrıca izole edilmesinin pratikliği 500'den fazla bitkinin lektin araştırmalarında kullanılmasının sebeplerindedir. Hemen hemen bütün bitki kısımları lektin içeriği bakımından zengindir (Şekil 2.7) (Mishra et al., 2019; Naik and Kumar, 2022; Okay et al., 2022).

Lektinler, bitkilerin tohum, kök, yaprak, soğan, yumru, ağaç kabuğu, çiçek gibi çoğu kısmında bulunmaktadır. Özellikle tohumun olgunlaşma sırasında ve tohum kotiledonlarında yüksek miktarda lektin olduğu bildirilmiştir. Her lektinin konsantrasyonu bitkinin bulunduğu kısımdaki protein içeriğine göre değişir (Zhang et al., 2009; Jaber et al., 2010; Gautam et al., 2018). Kuru tahıllar, meyveler, sebzeler, baklagiller ve yem bitkileri gibi bitkilerin büyük çoğunluğunda lektin mevcuttur (Zhang et al., 2009).



**Şekil 2.7:** Bitkilerde lektin bulunduran kısımlar (Uyarlanmıştır, Naik and Kumar, 2022)

Bitki lektinlerinin böceklerle karşı toksik etkileri onların biyopestisit olarak kullanılabilen kontrol proteinleri olduğunu göstermektedir (Mantzoukas et al., 2020). Kınkanatlılar, sinekler, kelebekler, yarımkanatlılar, termitler, arılar ve sinir kanatlılara karşı kullanılan lektinlerin yumurta sayısında azalma, larval şekil bozuklukları, beslenme caydırıcı etki, sindirim sisteminde enzim aktivitelerini inhibe etmeleri ya da uyarmaları ve ölümlere sebep olmaları lektinlerin zararlılarla mücadelede potansiyelini ortaya koymaktadır (Powell, 2001; Carlini and Grossi-De-Sá, 2002; Jaber et al., 2010; Napoleão et al., 2012; Mishra et al., 2019).

Lektinlerin böceklerde entomotoksik etkileri; sindirim sistemi yolunda bozunmadan kalmaları, peritrofik membran ve mikrovilli gibi kısımlara bağlanarak geçirgen yapının bozularak toksisiteye sebep olmasıyla sonuçlanır. Lektinlerin orta bağırsakta mevcut olan glikoproteinlere bağlanma kapasitesi böceklerin yaşamsal faaliyetlerini kısıtlamaktadır. Böceklerin orta bağırsaklarında kitinaz yapılarla etkileşim sağlayan lektinler farklı pH'larda stabil olarak kalarak epitel zarlarında hasara yol açar. Bu durum alınan gıdaların sindirim ve emiliminin doğru yapılamamasına neden olur (Walski et al., 2014; Lagarda-Diaz et al., 2017; Belete, 2018; Mishra et al., 2019).

Lektin proteinleri orta bağırsak epitelinde hasara yol açarak bariyerlerden sızılır. Bağırsak lümeninde epitel hücrelerin şişmesine ve lümenin tıkanmasına sebep olur. Böylece geçişe izin verilmeyen zararlı maddelerin bu yol boyunca emilimini sağlar. Bu maddeler böcek vücudunda dolaşım sistemine geçerek hemolenf, yumurtalık ve yağ cisimciklerinde toksik etki gösterir (Gatehouse et al., 1984; Fitches and Gatehouse, 1998; Fitches et al., 2001; Majumder et al., 2005; Jaber et al., 2010).

#### **2.4.1.1 Yapılarına göre bitki lektini sınıflandırılması**

Bitki lektinleri, ‘üç boyutlu kıvrımları olan farklı molekül yapılarda protein grubu’ olarak tanımlanmıştır (Tsaneva and Van Damme, 2020). Bağladıkları karbonhidrat bölgelerine ve yapısına göre 4 tip lektin çeşidi bulunmaktadır. Bunlar: merolektinler, hololektinler, süperlektinler ve kimerolektinlerdir (Naik and Kumar, 2022; Tsaneva and Van Damme, 2020).

Merolektinler, karbonhidrat bağlama alanı tek olan molekül ağırlığı düşük lektinlerdir (Naik and Kumar, 2022). Monovalan yapılarından dolayı glikokonjugatları çöktüremezler. *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. (Euphorbiaceae)’ten elde edilen hevein, kitin bağlayıcı protein olarak gösterilebilir (Van Damme et al., 1998; Mishra et al., 2019; Tsaneva and Van Damme, 2020; Naik and Kumar, 2022).

Hololektinler, hücreleri aglütine etmeye ve glikokonjugat çöktürmesine sebep olur. İki veya daha fazla karbonhidrat bağlama alanına sahip olan bu lektinler çok değerlikli proteinler olarak bilinir. Aglütinasyon özelliği olan çoğu bitki lektini bu gruptadır (Mishra et al., 2019; Naik and Kumar, 2022).

Kimerolektinler, karbonhidart bağlama alanı olmayan, art arda dizilen karbonhidratları bağlayabilen füzyon proteinleridir. Şeker bağlama yapısındaki sayıya göre şekillenen bu lektin grubu merolektin ya da hololektin gibi davranış sergiler (Mishra et al., 2019).

Süperlektinler, kimerolektinlerin özelleşmiş hali de denilen ayrı bir hololektin sınıfı lektinlerdir. Süperlektinlerin değişik şekerleri tanıyan yapıları benzer özellik göstermeyen iki karbonhidrat bağlanma alanı bulunur. Lale soğanından izole edilen lektin mannoz ve GalNAc bağlayan iki çeşit karbonhidrat bağlama bölgesine sahiptir (Mishra et al., 2019).

Ek olarak, bitki lektinleri farklı şeker spesifikliğine göre de sınıflandırılabilir. Bunlar; a) mannoz/glikoz, b) Gal/GalNAc, c) GlcNAc, d) fukoz, e) siyalik asit bağlayıcı, f) mannoz/maltoz (Peumans and Van Damme, 1988).

#### 2.4.1.2 Bitki lektinlerinin dizilişine ve üç boyutlu yapısına göre sınıflandırılması

Moleküler biyoloji alanlarındaki gelişmeler bitkilerde lektinlerin araştırılmasına ve daha faydalı bilgilere ulaşılmasına katkı sağlar. Önceki yapılan çalışmalarda yapı ve işlevselliğine göre bitki lektinleri 7 tip sınıfta incelenmiştir (Naik and Kumar, 2022). Lektinlerin karbonhidrat bağlama yeteneklerinin üzerinde yapılan çalışmaların hız kazanmasıyla 5 yeni tip lektin alanı daha keşfedilmiştir. Bir süredir bu karbonhidrat bağlama alanlarının 12 farklı şekilde sınıflandırıldığı bildirilmektedir (Şekil 2.8) (De Schutter and Van Damme, 2015).

BİTKİ LEKTİN AİLESİ	TİPİK SAKKARİT LİGANDLARI
Kitinaz ile ilişkili aglutinin	Yüksek mannoz N-glikan
<i>Euonymus europaeus</i> lektin	Galaktozidler, yüksek mannozlu N-glikan
<i>Nicotiana tabacum</i> lektin	(GlcNAc) <sub>n</sub> , yüksek mannoz ve kompleks N-glikan
<i>Galanthus nivalis</i> lektin	Mannoz
<i>Agaricus bisporus</i> lektin	GlcNAc/ GalNAc, Galaktoz
Baklagiller	Mannoz
Siyanovirin	Mannoz
Amarantin	GalNAc
Risin-B	Gal/ GalNAc, Sialillenmiş Gal/ GalNAc
Jacalin	Mannoz ve galaktoz spesifik alt grup
Hevein	Kitin
LysM	Kitin, peptidoglikan

**Şekil 2.8:** Bitki lektin ailesi ve özgülükleri (Gal: Galaktoz, GalNAc: N -asetilgalaktozamin, GlcNAc: N -asetilglukozamin) (De Schutter and Van Damme, 2015)

Kültür mantarı olarak bilinen *Agaricus bisporus* lektini (ABA), *A. bisporus* (J.E. Lange) Imbach (Agaricaceae)'tan izole edilmiştir ve sarmal-ilmek-sarmal motifiyle bağlı iki β-

tabakalı kıvrım yapıdadır. Tetramer olan bu lektin T-antijenini tanıyarak kanser hücre dizilerinde artışı engellemektedir (Carrizo et al., 2005; Tsaneva and Van Damme, 2020).

Amaranthin ailesi, *Amaranthus caudatus* L. (Amaranthaceae) tohumlarından elde edilir. Ortalama 33 kDa'lık birbirine eş alt birimlerden oluşan homodimerik olarak adlandırılan proteinlerdir (De Schutter and Van Damme, 2015; Mishra et al., 2019; Naik and Kumar, 2022).

Kitin bağlayıcı lektinler, hololektin, merolektin ve kimerolektinlerin çeşitlerini içerir, bu sebeple bu lektinlerin moleküler yapıları diğer lektinlerin yapılarına göre farklılık gösterir. En temel yapıdaki kitin bağlayıcı lektin sadece bir hevein alanına sahiptir. Kitin bağlayıcı lektinlerin bulunduğu bitki türleri özellikle yemek sofralarında çok sık rastlanan besinlerde yer almaktadır. Bunlar; mısır, tahıllar, domates ve patates sayılabilir. Düşük yoğunlukta olsalar bile yüksek ısılarla karşı bozulmadan kalabilmeleri, besinlerde aktif kalarak bazı toksik etkilere sebep olabileceğini düşündürmektedir (Aricigil and Pryme, 2015; Mishra et al., 2019; Naik and Kumar, 2022). Tahıllardan özellikle buğday tohumu lektini çalışmalarında büyük toksisiteler gözlenmektedir. Özellikle pişmeden de tüketilebilen domates veya diğer besinlerin çok miktarda alınması toksik etkilere yol açabilir (Peumans and Van Damme, 1996). Buğday tohumu aglütinin ve *Phytolacca americana* L. (Phytolaccaceae) lektinleri de bu grupta yer almaktadır (Mishra et al., 2019).

Cyanovirin ailesi, mavi-yeşil algler, likopsitler, bakteri, mantar ve eğreltilerde bulunan lektin ailesidir. İlk siyanovirin izolesi *Nostoc ellipsosporum* siyanobakterisinden yapılmıştır. Viral gp120 glikoproteininde bulunan yüksek mannozlu N-glikanlarla olan etkileşimi hedef hücrelere HIV girişini engeller. Cyanovirinin karbonhidrat bağlayıcılığı bu lektinin anti-AIDS ajanı olarak geliştirilebileceğini göstermektedir (Botos et al., 2002; Tsaneva and Van Damme, 2020).

*Euonymus europaeus* lektin (EUL), iğ ağacı tohumlarından izole edilir ve yüksek lektin içeriğine sahiptir (Van Damme et al., 1998).

*Galanthus nivalis* lektin (GNA), monokot mannoz bağlayıcı lektinler sarımsak, ramson gibi tek çenekli bitkilerden saflaştırılan depo proteindir. Bu lektin grubu da yüksek sıcaklıklarda bozulmadan stabil kalabilir. Bu lektin, *Galanthus nivalis* L. (kardelen) soğanından

saflaştırılan ilk mannoz bağlayıcı lektindir (Peumans and Van Damme, 1996; Mishra et al., 2019; Naik and Kumar, 2022). Ayrıca GNA'nın çeşitli bakteri, mantar ve balık gibi canlılarda da tespit edildiği bildirilmiştir (Tsaneva and Van Damme, 2020).

Hevein ailesi, *Hevea brasiliensis* ağacından saflaştırılan lektinlerin olduğu ailedir, N -asetilglukozamin (GlcNAc) oligomerlerini, kitini bağlar ve mantar önleyici etkiler gösterir. Monomer protein olan heveinle ilgili lektinler, bitki ve mantarlarda mevcuttur (Tsaneva and Van Damme, 2020).

Jakalin ailesi, *Artocarpus integrifolia* tohumlarından saflaştırılmıştır. Galaktoz ve mannoza mahsus tetramerik proteine sahip lektin ailesidir (Mishra et al., 2019; Naik and Kumar, 2022).

LysM alanı, ilk olarak bakterilerde tanımlanmıştır. LysM içeren proteinler, peptidoglikan ve lipopolisakaritlerle etkileşimde bulunan kitin bağlama reseptörleridir (Tsaneva and Van Damme, 2020).

*Nicotiana tabacum* lektini, tütün yapraklarından izole edilen Nictaba, iki alt birime sahip bir homodimerdir. N-glikanlara ve GlcNAc oligomerlerine bağlanır. Herbivor böceklerin saldırılarına, jasmonat tedavisine ya da soğuk gibi streslere maruz kalan bitkilerden elde edilen stres uyarıcı lektindir (Tsaneva and Van Damme, 2020).

Risin-b alanı, galaktoz ve N-asetilgalaktozamin (GalNAc) bulunduran glikan yapılarına seçici olarak bağlanır. Prokaryot ve ökaryotlarda bulunan Risin-b alanı, sadece kapalı tohumlu bitkilerde ribonükleik asit (RNA) N-glikozidaz alanıyla kombinasyon oluşturur (Tsaneva and Van Damme, 2020).

Baklagil lektinleri, Leguminosae (Fabaceae) familyasına ait bitkilerden izole edilen lektinleri ifade eder (Naik and Kumar, 2022). 70'den fazla baklagil tohumundan lektin saflaştırılmıştır. Baklagillerin farklı çeşitlerinden izolasyonu yapılan lektinlerin miktarlarında önemli değişiklikler bildirilmiştir. Örneğin *Phaseolus vulgaris* L. % 2.4-5.0, *Glycine max* L. % 0.8 ve *Pisum sativum* L. % 0.6 konsantrasyona sahiptir (Zhang et al., 2009; Jaber et al., 2010; Gautam et al., 2018). % 17-40 arası proteine sahip olan baklagiller önemli bir besin ve protein kaynağıdır (Avalappa et al., 2023).

Baklagil lektinlerinin sindirim kanalı hücrelerinde karbonhidratlara bağlanması böceklerde entomotoksik etkilere sebep olmaktadır. Böceklerin beslenmelerine dahil edilerek ya da transgenik bitkilerde kullanılan lektinler zararlılarda besin tüketiminde azalmaya sebep olarak kilo kaybı, üremenin gecikmesi gibi etkilerle ölüme sebep olmaktadır (Corredor et al., 2016). % 5 konsantrasyonunda *Spenostylis stenocarpa* lektini kullanılarak yapılan bir çalışmada *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae) zararlısının larvalarında en az % 30 en yüksek % 88 oranında ölüm tespit edilmiştir (Machuka et al., 2000).

Böceklerin sindirim enzimleri özellikle tahıllarda yer alan inhibitörlere karşı duyarlılığa sahiptir. Böceklerin bitkilerde nişasta ve protein sindiriminde önemli olan enzimleri  $\alpha$ -amilaz ve proteinazlardır (Konarev, 1996).

## **2.4.2 Çalışmada kullanılan lektinlerin özellikleri**

### **2.4.2.1 *Phaseolus vulgaris* lektin**

*Phaseolus vulgaris* karbonhidrat ve protein içeriğinin yüksek olması sebebiyle besin tüketiminde çok tercih edilen baklagil çeşididir. Düşük yağ ve fazla lifli oluşu sadece insanların değil hayvanların da gündelik beslenmesinde önemli yer tutar. Ülkemiz başta olmak üzere dünya genelinde Asya, Avrupa, Afrika ve Amerika gibi çoğu bölgede ekonomik getirisi yüksektir (He et al., 2018; Caroline et al., 2022; Avalappa et al., 2023).

Nowell (1960), kırmızı barbunya fasülyesinden *Phaseolus vulgaris* lektinini (PHA) izole ederek alanında önemli çalışmalara imza atmıştır (He et al., 2018). *Phaseolus vulgaris* doğada yüksek miktarlarda bulunduğu ve geniş alanlarda yayılım gösterdiğinden yaygın kullanılan lektinlerden biri haline gelmiştir. *Phaseolus vulgaris*'te yaklaşık % 20 oranlarındaki protein içeriğinde % 2.4-5 arasında lektin bulunduğu bildirilmiştir (Zhang et al., 2009). *Phaseolus vulgaris* tohumlarında lektinlerden başka tripsin inhibitörleri, fazeolin, arkelin,  $\alpha$ -amilaz inhibitörü gibi farklı proteinler de tanımlanmıştır (Caroline et al., 2022).

*Phaseolus vulgaris* lektin, bağırsak enzimlerine karşı proteolitik sindirime direnç göstererek bozulmadan bağırsaktan geçer. Lektinler, mikrovillus zarındaki özelleşmiş glikokonjugatlara bağlanır ve bazılarında doğrudan uyarıcı tepkisi gösterir (Peumans and Van Damme, 1996; Aricigil and Pryme, 2015). Yapılan çalışmalarda bu lektinlerin büyüme geriliğine ve metabolizmada aksaklıklara yol açtığı, ayrıca ince bağırsak fırça zarlarına etki

ederek bağırsak epiteli hücrelerinde nekrotik hücre ölümüne sebep olduğu bildirilmiştir (He et al., 2018). Yapay diyetlere eklenen PHA'nın, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Chrysomelidae) tarafından sindirilemediği ve zararlı larvalarının açlık sebebiyle öldüğü raporlanmıştır (Gatehouse and Gatehouse, 1998).

Lektinlerin entomotoksik etkilerinin dışında sağlık alanında da birçok çalışmaya rastlanmaktadır. Yapılan çalışmalarda PHA çeşitli kanser türlerini, lösemi, aids ve koronavirüsü inhibe etmektedir. Ayrıca kan kolestrolü ve glisemiye azaltabileceğine yönelik raporlar sunulmuştur (Okay et al., 2022; Pathak and Malik, 2023). İnsanlar üzerinde de etki gösteren *P. vulgaris*'in yüksek miktarda tüketilmesi bulantı, kusma ve diyare gibi farklı toksik tepkilere yol açmaktadır (He et al., 2018).

#### **2.4.2.2 *Phytolacca americana* lektin**

*Phytolacca americana* L., Amerika ve Afrika kıtalarına geniş dağılıma sahip çok yıllık bir bitkidir. Meyvelerinde bulunan boya içeriği sebebiyle 'phytolacca' olarak isimlendirilir. Bitkinin kök, meyve ve özellikle tohumlarında yoğun miktarda toksik proteinler bulunmaktadır. Saponin, lektin, sinamik asit, flavonoid ve fitolaksin gibi çeşitli proteinler toksisiteye yol açar. Lektin ve kökte bulunan saponinler bitkide bulunan zehirleyici proteinlerdir (Balogh and Magdolna, 2008; Hamissou and Kurdmongkoltham, 2015).

*Phytolacca americana*, zararlı glikozit ve glikosidaz gibi enzimleri depolamaktadır (Hamissou and Kurdmongkoltham, 2015). Besin olarak alınan bitkide kendini savunma tepkisi ortaya çıkar. Hücre vaküollerindeki bu enzimler glikozitlere salınarak hidrojen siyanürü ortaya çıkaran birtakım kimyasal reaksiyonlara yol açar (Opasiri et al., 2003; Hamissou and Kurdmongkoltham, 2015).

#### **2.4.2.3 *Wisteria floribunda* lektin**

*Wisteria floribunda* (Willd.) DC.'den elde edilen WFA, baklagil lektin ailesinde yer alan lektin çeşididir. GalNAc (N-asetilgalaktozamin) içeren glikanları tanır (Sato et al., 2017). Ayrıca T lenfosit aktivasyonu ve hemaglutinasyonunu indüklemeye yeteneği gibi biyolojik aktiviteleri mevcuttur. *W. floribunda* lektin, diğer baklagil lektinleri gibi bitkinin kendini savunmasında yardımcı proteinlerdendir (Haji-Ghassemi et al., 2016).

#### **2.4.2.4 *Triticum vulgare* lektin**

*Triticum vulgare* L. besin tüketiminde önemli yeri olan buğdaygillerdendir. Bu bitkiden izole edilen kitin bağlayıcı bir lektin olan *T. vulgare* lektin (WGA) araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. *T. vulgare* 0.5 g/kg konsantrasyonunda lektin içeriğine sahiptir (Auth et al., 2021). WGA, hevein sınıfı ve GlcNAc'ye özgü bir lektindir (Balčiūnaitė-Murzienė and Dzika, 2021).

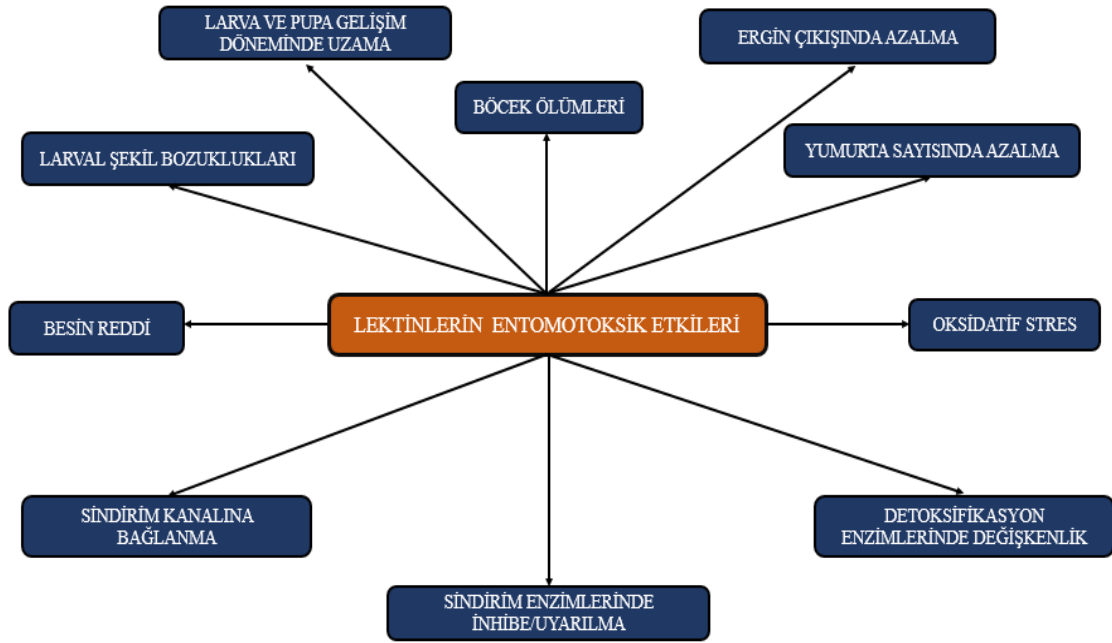
Çeşitli kanser hücre dizilerinde sitotoksik etkilere sebep olur. Bağlanma potansiyeli *T. vulgare* lektininin bilimsel görüntülemelerde sıklıkla kullanılır. Gram-pozitif ve gram-negatif bakterileri tespit ederken bu lektinden yararlanır. Adsorpsiyon öncesi WGA'nın ortama katılması ile lösemi virüsüne karşı inhibe edici etkileri tespit edilmiştir. WGA, SARS-CoV-2, OC43 insan koronavirüsü gibi viral hastalıklara karşı antiviral aktivite sağlar. Biyoteknolojik uygulamalar, biyomedikal, nanoteknoloji de ilaç dağıtım gibi farklı alanlarda kullanılan WGA önemli bir araç olarak görülmektedir (Auth et al., 2021; Balčiūnaitė-Murzienė and Dzika, 2021).

WGA'nın bitkiyi böcek, maya ve çeşitli bakterilere karşı koruduğu bilinmektedir (Afrin and Ikai, 2014). Yapılan pek çok çalışmada WGA'nın böceklere karşı entomotoksik özellikleri raporlanmıştır.

#### **2.4.3 Lektinlerin entomotoksik etkileri**

Lektinlerin kendine has şeker özgüllüğü bulunmaktadır. Bu sebeple uygulanan lektinlerin farklı böcek türlerine karşı çeşitli etkileri olmaktadır. Bazı lektinler sindirim sisteminde enzimlerin aktivitesini baskılamak, bazıları beslenme caydırıcı etkiye ve ölümlere sebep olmaktadır. Lektinlerin genel olarak sindirim sistemi ve bağırsaklarda yıkıcı faaliyetler göstermesi ağızdan alınan besinlerin ilk etki ettiği yer olmasındandır. Böcek bağırsağında epitel hücreler çeşitli glikoproteinlerle donatılmıştır ve lektinlerin bu kısımlara bağlanması için seçenek fazladır. Lektinler ağızdan başlayarak bütün gastrointestinal sistem boyunca bağlanmayı gerçekleştirebilir. Yaşamsal faaliyetlerin sürdürülmesinde mutlak önemi olan sindirim sisteminde lektinlerin gösterdiği toksik etkiler böceğin geri kalan biyolojik süreçlerine olumsuz etki etmektedir (Şekil 2.9) (Majumder et al., 2005; Jaber et al., 2010; Zibae et al., 2014; Aricigil and Pryme, 2015; Reyes-Montaño and Vega-Castro, 2018; Mantzoukas et al., 2020).

PHA-E lektini kullanılarak *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae)'a karşı entomotoksik etkiler raporlanmıştır. Lektinlerin böcek beslenmesine dahil edilmesiyle, besine karşı isteksizlik ve larvalarda öldürücü etkiler tespit edilmiştir (Janzen et al., 1976). Benzer şekilde PHA verilen *C. maculatus*'un orta bağırsağında bulunan epitel hücrelerde bağlanmaya sebep olduğu bildirilmiştir (Gatehouse et al., 1984). *Canavalia brasiliensis* Mart. Ex Benth., *Dioclea grandiflora* Mart. Ex Benth, *Phaseolus vulgaris* gibi bitkilerden saflaştırılan pek çok lektinin *C. maculatus*'a karşı bitki tohumlarını koruduğu bildirilmiştir. Bitki lektinleri ile yapılan çalışmalarda mahsül zararlılarına karşı güçlü insektisit özellikleri gösterilmiştir (Arruda et al., 2013; Reyes-Montaño and Vega-Castro, 2018).



**Şekil 2.9:** Literatürden lektinlerin entomotoksik etkilerinin gösterimi

Lektinlerle beslenen böceklerin ağız kısmında kemosenör sensillaların membran proteinlerinde ilgili karbonhidratlara bağlanması, kimyasal sinyallerin reseptör proteinlerine ulaşmasına mani olarak, besin reddi oluşmasına sebep olabilmektedir (Pyati et al., 2012; Sprawka et al., 2014).

Alınan lektinler hücre zarında geçirgenliği yıkarak zararlı toksik maddelerin hemolenfe, dolaşım sistemine, yumurtalıklara kadar geçmesine sebep olur. Sonuç olarak lektinler böceklerin tümüyle sistemlerinde zararlara yol açarak toksisiteyi artırır ve böcek ölümlerine sebep olur (Majumder et al., 2005).

Bitki ve mantardan elde edilen lektinler zararlı böcek türlerine karşı gösterdiği etkiler sayesinde umut verici mücadele yöntemi olarak görülmektedir (Jaber et al., 2010).

#### **2.4.4 Lektinlerin diğer kullanım alanları**

Çeşitli organizmalardan elde edilen lektinlerin oldukça geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Lektinler, zararlı patojen ve böceklere karşı bitkinin savunma mekanizmasını harekete geçirir, immünolojik sistemde tanıma molekülü olarak görev alır. Ayrıca lektin proteinlerinin hücre yüzeylerine bağlanma gibi işlevleri de söz konusudur (Jaber et al., 2010).

Lektinlerin glikanlara bağlanma yetenekleri onları glikobiyoloji alanında önemli yere taşımaktadır. Hemaglutinasyon tahlillerinde proteinlerden ayrılabilen lektinleri tespit etmek kolaylaşmaktadır (Katoch and Tripathi, 2021).

Bitki lektinleri gram-pozitif ve gram-negatif bakterilerine, mantar ve çeşitli virüslere karşı antimikrobiyal özellik gösterir. Antimikrobiyal etki gösteren lektinler, mikroorganizmalarda glikobiyolojik süreçlerle etkileşerek büyüme ve gelişmeyi inhibe eder (Lagarda-Diaz et al., 2017; Coelho et al., 2018; Katoch and Tripathi, 2021). Lektinler, antibakteriyel etkiler göstererek sitoplazmayı mikroorganizma geçişine kapatır. Bakterilerin hücre duvarında karbonhidratları bağlayarak bakterilerin hareketini engeller (Gautam et al., 2018). İndigo çalısından saflaştırılan lektin, *Escherichia coli* ve *Bacillus subtilis* gibi çeşitli patojenik türlerde antibakteriyel etkiye sahiptir (Qadir et al., 2013).

Kitin bağlayıcı özellik gösteren lektinler, bitkileri mantarlara karşı savunmada etkilidir. Kimerolektinler, mantarların hücre zarına bağlanarak birikmesine yol açan ve büyüme engelleyici antifungal etki gösteren önemli lektin sınıfıdır. Alınan lektinlerden bazılarının mantar hiflerinde şişmeye, hifal hücre duvarında deformasyonlara sebep olduğu ve ozmotik şoka karşı uyarıcı etki gösterdiği bildirilmiştir. Yapılan çalışmada kitin bağlayıcı özellik gösteren buğday lektini WGA, *Trichoderma viride* Pers.'in hifal büyümesini baskılayarak antifungal etki sergilemiştir (Gautam et al., 2018; Mishra et al., 2019; Katoch and Tripathi, 2021).

Bitki lektinlerinin anti-diabetik özelliği bazı çalışmalarda bildirilmiştir. Conconavalin A (ConA) lektini uygulanan diyabetik farelerde hipergliseminin kontrol altında tutulabildiği

tespit edilmiştir (Kolb et al., 1986; Mishra et al., 2019). Ayrıca *Viscum album* L.'den saflaştırılan lektin klonal pankreas B hücrelerinde insülin üretimini uyararak antidiyabetik etki sağlamıştır (Gray and Flatt, 1999; Mishra et al., 2019).

Lektinler parazitlerde bulunan karbonhidratlara bağlanır. *Abrus fruticulosus* Wall. Ex Wight&Arn.'dan elde edilen lektinin *Leishmania*'da promastigot formuna karşı inhibe edici özelliği tespit edilmiştir. Jakalin tohumlarından elde edilen lektinlerin de hücrel bağışıklığı modüle ederek antiparazit özelliklere yol açtığı bildirilmiştir (Mishra et al., 2019; Naik and Kumar, 2022).

Lektin proteinleri, virüs ve mikroorganizmalarda spesifik glikanları tanıyarak etkileşime girer ve konakçı hücreyi etkileyen mikroorganizmaların enfekte yeteneğinde farklılıklara yol açabilmektedir (Grosche et al., 2023). Virüs-hücre füzyonunun inhibisyonuyla lenfosit hücrelerde HIV replikasyonunun engellendiği tespit edilmiştir. Virüsün giriş ve salınımı esnasında lektinlerin spike proteinlerinde bulunan glikanlarla etkileşimi bu süreçte önem arz eder. *Canavalia brasiliensis* ve *Dioclea violacea* Mart. ex Benth. (Fabaceae) tohumlarından saflaştırılan mannoz bağlayıcı lektinlerin SARS-CoV-2'ye karşı güçlü viral etkileri bildirilmiştir. Lektinlerle yapılan çalışmalar SARS-CoV ve kedi enfeksiyöz peritonit virüsü (FIPV) için antiviral proteinler olarak görev yapmaktadır (Keyaerts et al., 2007; Grosche et al., 2023).

Glikokonjugatlara bağlanma potansiyeli lektinlerin anti-tümör etkilerinin araştırılmasında etkili olmuştur (Gautam et al., 2018). Glikokonjugatlarla etkileşime giren lektinler kanser hücrelerinde reaktif oksijen türleri (ROS) miktarını yukarı seviyelere çeker ve apoptik ve programlı hücre ölümüne sebep olur (Katoch and Tripathi, 2021). Lektinlerle yapılan çeşitli araştırmalarda birkaç lektinin kanser hücre zarlarına bağlanırken seçici davrandığı tespit edilmiştir. Ayrıca kaspazlar ve mitokondriyal apoptoz yollarını uyararak kanser hücrelerinde inhibe edici etkiler sağlar. *Phaseolus vulgaris*'in verildiği sıçanlarda, ince bağırsak villusunda azalma görülmediği fakat yapısal değişikliklerde önemli farklılıklar olduğu bildirilmiştir (Estrada-Martínez et al., 2017). Kısmen saflaştırılmış fasülye-beslenme karşıtı faktörler (PPb-ANF) kullanılan anti-tümör araştırmasında tümör ilerlemesinin azaldığı bildirilmiştir. Özellikle PPb-ANF'de doz artışına bağlı olarak azalmanın önemli noktalara geldiği ve kontrol grubuna göre yaşam süresinin uzadığı tespit edilmiştir (Avalappa et al., 2023).

### 3. KAYNAK ÖZETLERİ

#### 3.1 *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda,1761) ile İlgili Literatür

Kara (1995), Tokat ve çevresinde yaptığı çalışmada *Tropinota hirta* 'nın kiraz, şeftali, elma ve idris ağaçlarında kayıplara yol açtığını özellikle armut ağaçlarında % 90'dan fazla zararı olduğunu tespit etmiştir. Araziden toplanan böcekler laboratuvarında uygun şartlarda konukçu olduğu bitkilerin çiçekleriyle beslenerek büyütülmüştür. *T. hirta* 'nın tüm biyolojik dönemlerini inceleyerek türün yumurta, 5 dönem larva, pupa ve pupadan çıkan erginleri inceleyerek morfolojik özelliklerini tanımlamıştır. Dişilerin laboratuvar ortamında 13 yumurta bıraktığı bildirilmiştir. *Tropinota* cinsine ait türlerle karşılaştırma yapılarak bir teşhis anahtarı oluşturulmuştur.

Toth et al. (2004), Macaristan saha yakalama çalışmalarında 1:1 oranında sinnamil alkol ve transanethol karışımının en yüksek *Epicometis hirta* erginini çektiğini ve tarımda kullanılan tuzaklarda bu karışımın kullanılmasının olumlu olacağı bildirilmiştir.

Lelo (2006), Bosna Hersek bok böcekleri faunasına katkı sağlamak için yaptığı çalışmada *T. hirta*'nın ülke geneline yayılan karahindiba çiçeklerinde ve genel olarak ülkede yoğun bulunan tür olduğunu kaydetmiştir.

Demirözer and Karaca (2011) yaptıkları çalışmada, *E. hirta*'nın Isparta'da bulunan yağ gülü üretim alanlarında yoğun olarak yayılış gösteren zararlı bir tür olduğu bildirilmiştir.

Ertop ve Özpınar (2011), Çanakkale kiraz alanlarında gerçekleştirdiği çalışmada 51 zararlı tür arasında *T. hirta*'nın da olduğu, kiraz ağaçlarının çiçeklenme döneminde ve nisan ayının başından mayısa kadar bu böceklerin tuzaklarda gözlemlendiği bildirilmiştir. Ayrıca böcek popülasyonunun en fazla olduğu dönemin nisan ayı olduğu tespit edilmiştir.

Chiheb (2014), Guelma bölgesindeki tahıl mahsulü ve narenciye bahçesinin entomofauna envanteri üzerine yaptığı çalışmada *T. hirta*'nın varlığını raporlamıştır.

Arslan ve Aslan (2015), Kahramanmaraş ilinde farklı tuzak tiplerinde *E. hirta* yakalama potansiyelini karşılaştırmak için yaptıkları çalışmada en fazla zararlının huni tuzaklarda

görüldüğünü, ilk ergin çıkışının mart ayının başı olduğu ve nisan ortasına kadar yoğun olarak zararlının görüldüğünü bildirmiştir.

Gezer ve Özpınar (2015), Çanakkale'nin farklı lokasyonlarındaki meyve bahçelerinde *T. hirta*'nın popülasyon yoğunluğunu belirlemek için çeşitli tuzaklara sinnamil alkol ve trans-anetol karışımını eklemiştir. Kullanılan tuzak tipleri mavi renkli huni, leğen tuzak ve yapışkan levha olmuştur. Çalışma sonucunda en çok sayıda ergin böceğin şeftali bahçelerindeki tuzaklarda toplandığı, tuzak tipi olarak en yüksek sayının ise mavi leğen+cezbedici bulunan tuzaklarda sayıldığı bildirilmiştir.

Güllüdağ ve Yoldaş (2015), İzmir'de yaptıkları çalışmada şevketi bostan bitkisinde zararlı tür olarak *T. (E.) hirta suturalis*'in varlığını raporlamıştır.

Güvenç ve Yaşar (2015) yaptıkları çalışmada, 2013-2014 yıllarında Isparta'da kiraz ağaçlarına zararı olan *T. hirta*'yı yakalamak için açık mavi renkli huni tuzaklara çeşitli cezbediciler eklemiş ve bunların ticari VARb3k tuzaklarına karşı potansiyelini değerlendirmiştir. Trans-Cinnamyl alkol+Anethol ve Trans-Cinnamyl alkol+Anethol+Geraniol cezbedicileri kullanılan tuzaklarda diğer tuzaklamalara göre daha fazla böcek yakalandığı tespit edilmiştir.

Şenyüz et al. (2015), Eskişehir Scarabaeoidea faunasına katkı sağlamak için yaptıkları çalışma sonucunda tespit edilen 34 tür arasında *T. hirta*'nın varlığını kaydetmiştir.

Atanasova et al. (2017), ergin *T. hirta*'ya karşı 4 farklı uçucu yağın insektisit özelliğini araştırmıştır. Tütün, kişniş, rezene ve lavantadan elde edilen uçucu yağlar laboratuvar koşullarında *in vitro* olarak denenmiştir. Tütün ve rezene yağlarında zararlıya karşı olumsuz bir etki görülmezken kişniş ve lavanta yağında insektisit özellik görüldüğü raporlanmıştır.

Atmaca vd. (2018), Adana ve civarında topraktan izole ettikleri iki entomopatojen fungusların *E. hirta*'ya karşı etkilerini incelediği araştırmada; toplam 40 ergin böcek üzerinde  $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$  ve  $1 \times 10^8$  konidi  $\text{ml}^{-1}$  dozlarında entomopatojen fungusları zararlıya karşı denemiştir. 7. ve 14. gün sonunda izolatların zararlıyı öldürme oranları karşılaştırılmıştır. 14. gün de *Beauveria bassiana* izolatının ölüm oranlarının sırasıyla % 70, % 90, % 90, *Fusarium sp.* izolatı için ise sırasıyla % 50, % 70, % 75 olduğu tespit edilmiştir.

Bulgularına göre *B. bassiana* izolatının ( $1 \times 10^7$  ve  $1 \times 10^8$  konidi  $\text{ml}^{-1}$  dozları) böceğin mücadelesinde etkili olacağı bildirilmiştir.

Slav et al. (2018), Vrancea (Romanya) bölgesindeki yaban mersini ağaçlarında *Tropinota hirta*'nın yeni bir zararlı olduğunu bildirmiştir. Ayrıca bu türün, yaban mersini çiçeklerine karşı zararının % 50'ye yakın olduğu kaydedilmiştir. *T. hirta* ile mücadelesinde en etkili tuzağın Atrahir içeren feromon tuzaklarıyla sonuç alınabileceği bildirilmiştir.

Alaserhat (2019), Erzincan elma ağaçlarında zararlı ve faydalı böceklerin araştırıldığı çalışmada 26 zararlı tür, predatör ve parazitoitlerden de 21 faydalı tür belirlemiştir. *T. hirta*'nın zararlı türlerden biri olduğu kaydedilmiştir. Ergin böceklerin sıcaklık ve yağışa bağlı olarak Mayıs ayı ortalarında doğada bulunduğu ve en yüksek böcek popülasyonunun Mayıs ayının 3. haftası olduğu raporlanmıştır.

Aydın and Yaşar (2019), 2018 yılında Atabey (Isparta) ilçesinde *T. hirta*'nın mücadelesinde kullanılacak en uygun tuzağın belirlenebilmesi için yapılan çalışmada; farklı cezbedicilerle desteklenen tuzaklar kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Buna göre kirazların çiçeklenme dönemlerinde açık mavi tuzakların, çiçeklenme öncesi ve sonrası dönemlerde ise beyaz renk tuzakların kullanılarak ergin popülasyonunun azaltılmasına yarar sağlayacağı bildirilmiştir.

Örücü ve Bakkaloğlu (2019), Edirne Kent Ormanı'nda böceklerin tespiti, bulunan türlerin uçuş zamanları ve yoğun olarak görüldüğü dönemlerin belirlenmesi için çeşitli tuzaklarla yapılan çalışmada *T. hirta*'nın da bulunduğu 22 tür kaydedilmiştir.

Kaplan (2019), 2013 yılında Diyarbakır'da badem ağaçlarının olduğu bahçede mavi leğen, huni, kova ve yapışkan tuzaklarla yaptıkları denemelerde en çok böcek çeken tuzak tipinin feromon eklenen mavi huni olduğunu (2279 adet) raporlamıştır. Diğer feromonlu tuzaklardan leğen tip (1710 adet), kova tip (576) ve yapışkan levha (115 adet) olmuştur. Böceğin doğada bulunması sıcaklık, nem ve yağış gibi faktörlere bağlı olduğundan ilk ergin çıkışı Mart ayının başında 8-10 °C sıcaklıklarda tespit edilmiştir.

Mészáros and Kondorosy (2019), Macaristan’da gerçekleşen çalışmada *Adonis vernalis* L. çiçeklerinin tozlayıcıları arasında % 43’ lük oranla en çok bulunan türün *T. hirta* olduğunu tespit etmişlerdir.

Vukovic et al. (2019), Sırbistan elma bahçelerinde *E. hirta*’nın mücadelesi için azadiractin (biyolojik) ve tau-fluvalinate (kimyasal) insektisitleri tarla ve laboratuvar ortamlarında denenmiştir. Azadiractin yapılan iki çalışma ortamında da kovucu özellikteyken, öldürücülüğü ise düşük seyretmiştir. Tau-fluvalinate ise tarla uygulamasında yüksek insektisit özellik göstermiştir.

Yaşar ve Dahham (2019), 2017-2018 tarihlerinde Isparta’da farklı elma çeşitleri üzerinde *T. hirta*’nın yakalanması için uygun tuzaklamanın tespiti ve böceklerin tuzaklı-tuzaksız olan ağaçlarda zararını karşılaştırmak için gerçekleştirdikleri çalışmada; tuzak bulunmayan ağaçlarda tuzaklılara göre çiçek sayısının fazla olduğu tespit edilmiştir. Buna göre içerisinde çekici ve su olan asılı tuzaklara böceklerin daha çok çekildiği ve zarar verme oranını arttırdığı raporlanmıştır. Ağaçlardan uzak konuma yerleştirilen tuzakların ise doğru bir uygulama olacağı önerilmiştir.

Akpınar et al. (2020) araştırmalarında, *T. hirta*’ya karşı 5 farklı entomopatojen nematod izolatının iki farklı sıcaklıktaki (25 °C-30 °C) etkileri değerlendirilmiştir. Araştırmalarının sonuçlarına göre *Steinernema carpocapsae* E76-S’in diğer izolatlara göre en etkili olduğu ve zararlıda maksimum % 100 öldürücü etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Özbek Çatal vd. (2020), 2016-2018 yıllarında Adana’da kiraz yetiştirilen alanlarda yapılan çalışmada 26 zararlı tür içinde kirazın ana zararlısı olan böceklerden birinin de *T. hirta* olduğunu ve bölgede yoğun olarak bulunduğunu bildirmiştir.

Özpınar ve Erbay (2020), Çanakkale’de iki farklı şeftali çeşidinde *T. hirta* yakalamada etkili olabilecek uygun yükseklik ve tuzak rengini gözlemlemek için yaptıkları çalışmada; en fazla böceğin #4D9AC9 kodlu tuzakta olduğu kaydedilmiştir. Extreme July çeşidi için toprak yüzeyindeki (0 cm) #4D9AC9 kodlu tuzakta en fazla ergin birey yakalanmıştır. Glohaven çeşidinde ise bu tuzak 50 cm yükseklikte daha fazla birey çekmiştir.

Tolga ve Yoldaş (2020), Muğla ve Manisa illerinin farklı ilçelerinde 2014-2016 yılları arasındaki çalışmada Coleoptera takımına bağlı 127 cins/tür tespit edilmiştir. *Tropinota hirta*'nın çalışmanın yapıldığı bahçelerin hepsinde çiçekle beslenen önemli bir zararlı olduğu raporlanmıştır.

Avcı ve Özpinar (2021), Çanakkale'de ergin *T. hirta*'nın mevsim yoğunluğunu gözlemek için yapılan çalışmada erik, ayva, şeftali, kiraz, buğday ve bakla bitkileri ile farklı yabancı bitkilerde konakladığını bildirmiştir. 2020 ve 2021 yılları yapılan çalışmada hava sıcaklığına bağlı olarak ilk ergin uçuşunun 12 Şubat'ta başlayıp haziran ayı ortalarına kadar uzun bir periyotta sürdüğü tespit edilmiştir. Çiçeklenme dönemi erken olan yabancı hardal bitkisinde her iki yıl içinde türün yoğun şekilde bulunduğu bildirilmiştir. Yabancı hardal *T. hirta* için önemli bir konukçu olarak raporlanmıştır.

Sarı ve Yıldırım (2021), Mersin'de bulunan elma ağaçlarında zararlı ve yararlı arthropoda türlerinin saptanması için yapılan çalışmada 26 zararlı tür tespit edilmiştir. Bunlar içinde en çok zarar yapan türün *T. hirta* olduğu raporlanmıştır.

### **3.2 Lektin- Böcek Etkileşimi ile İlgili Literatür**

Gatehouse et al. (1984) yaptığı çalışmada *Callosobruchus maculatus*'a karşı *Phaseolus vulgaris* tohumlarından elde edilen proteinlerin toksik etkilerini ve hemaglutinasyon aktivitesine sahip olduğunu raporlamıştır. Farklı fasülyelerden elde edilen lektinlerle yapılan çalışmada bu preparatların toksik düzeyleri ortaya çıkarılmıştır. Larvaların orta bağırsaklarındaki epitellere lektinlerin bağlandığı ve bu kısımların deformasyonuna sebep olarak besin taşınımında olumsuz etkilere yol açtığı tespit edilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda böcek diyetine eklenen lektinlerin % 50 böcek ölümünü gerçekleştirebilecek dozun % 0.5 olduğu bildirilmiştir.

Czapla and Lang (1990), *Ostrinia nubilalis* Hub. (Lepidoptera: Crambidae) ve *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber (Coleoptera: Chrysomelidae) larvalarında lektinlerin etkilerini incelemek amacıyla 26 bitki lektini ile araştırmalar yapmışlardır. % 2 konsantrasyonda böcek besinlerine uygulanan *Triticum vulgaris*, *Ricinus communis* L. ve *Bauhinia purpurea* L. lektinleri *O. nubilalis* larvalarına karşı öldürücü özellik göstermiştir. % 2 konsantrasyonda *R. communis*, *T. vulgaris* ve *B. purpurea* lektinlerine maruz kalan böceklerde 7. gün sonunda % 100 ölüm bildirilmiştir. *D. undecimpunctata howardi*

larvalarında entomotoksik etki gösterdiği belirlenen lektinler; *Ricinus communis*, *Codium fragile* (Suringar) Hariot, *Vicia villosa* Roth, *Bandeiraea simplicifolia* (DC.) Benth., *Thymus vulgaris*, *Maclura pomifera* (Raf.) Schneid., *Artocarpus integrifolia* L. ve *Phytolacca americana* bitkilerinden elde edilmiştir. % 2 konsantrasyonda lektin verilen böceklerde, *P. americana* kontrol grubuna göre larvalarda % 25 ölüm oranını artırmıştır. *T. vulgaris*, *M. pomifera* gibi lektinler de larva büyümesini % 50'ye yakın azaltmıştır.

Murdock et al. (1990), çalışmalarında *C. maculatus*'a karşı 17 bitki lektininin insektisit özelliklerini araştırmıştır. Bulgularına göre % 0,2 ve % 1 konsantrasyonlarında 5 farklı lektinin böceğin gelişim sürecinde gecikmeye neden olduğu tespit edilmiştir. *Arachis hypogaea* L. lektini her % 0.1'lik konsantrasyon artışında gelişim süresini 0.49 günlük gecikmeye uğratmıştır. *Maclura pomifera* lektini % 10 konsantrasyonda gelişim süresini 8.5 gün uzatmıştır. Buğday tohumu aglütinin (WGA), *Datura stramonium* L. ve *Solanum tuberosum* L. gibi lektinlerinde larvaların gelişim süresinin uzamasına etki ettiği bildirilmiştir. WGA'da her % 0.1 oranında artış gelişim süresinde 1.47 günlük gecikmeye sebep olmuştur. En güçlü etki gösteren lektin % 10 konsantrasyonda 22.8 günlük larva gecikmesi sağlayan WGA olmuştur.

Powell et al. (1993) tarafından 16 bitki proteininin *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae) ve *Nephotettix cinciteps* Uhler (Hemiptera: Cicadellidae) türleri için etkileri incelenmiştir. *Galanthus nivalis* agglutinin (GNA), her iki böcek içinde toksik etkiler göstermiştir. WGA lektini ve soya fasülyesi lipoksijenaz enzimi (LPO) *Nilaparvata lugens*'de GNA gibi bu böceğe karşı antimetabolik etkiler sergilemiştir.

Eisemann et al. (1994), *Lucilia cuprina* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae) larvaları üzerinde *in vitro* çalışmalar gerçekleştirdiğinde, buğday tohumundan elde edilen lektinin böceklerin büyümesini engellediği tespit edilmiştir. 2 µM'lık dozda verilen WGA büyümeyi % 50 engellerken, 25 µM dozunda % 100 ölüme sebep olmuştur. Kullanılan diğer lektinlerden ConA 4 µM'lık dozda bu etkiyi sağlarken, mercimek lektininde ise 7 µM dozda büyümeyi engellediği kaydedilmiştir. Ayrıca çalışmada lektinlerin bağırsak peritrofik membran (pm) ve mikrovillerine bağlandığını ve pm'de geçirgenliği azalttığı bildirilmiştir.

Rahbe et al. (1995), *Acyrtosiphon pisum* (Haris) (Homoptera: Aphididae)'ye karşı 30 lektinin toksik etkilerini incelemiştir. 10-250 µg/ml dozlarda lektinlere maruz kalan

böcekler yüksek toksisite gösteren lektinlerin mannoz bağlayıcı lektinler olduğu belirtilmiştir. *Amaranthus caudatus* lektininin en yüksek dozda (250 µg/ml ) böceklerin % 100'ünü öldürdüğü tespit edilmiştir. Test edilen mercimek, kardelen ve jack fasüyesinin en yüksek dozlarında da ölüm oranının arttığı raporlanmıştır. Farklı dozlarda ConA verilen 6 yaprak biti türünün [*Aphis gossypii* Glover, *Aulacortum solani* (Kaltenbach), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Macrosiphum albifrons* Essig ve *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)] kontrol grubuna göre % 2 - % 14 oranında ölüme yol açtığı tespit edilmiştir.

Elden (2000), böceklerin sindirim fizyolojisine etki eden çeşitli proteinaz inhibitörleri ve bitki lektinlerini *Hypera postica* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae) üzerinde kullanarak yapay diyete eklenen 0.5 konsantrasyonundaki bitki lektinlerinden WGA ve *Pisum sativum* agglutinin (PSA) ile beslenen böceklerde beslenmede gerileme ve doğurganlık üzerinde de azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Fasülye fitohemagglütinineri (PHA-L ve PHA-E) iki farklı formuyla yapılan denemelerde de fasülye lektinlerinden PHA-L beslenme davranışında ve doğurganlıkta inhibasyona sebep olurken PHA-E için etkilerin olumsuz olduğu bildirilmiştir.

Habibi et al. (2000), ışık mikroskobu ve immünofloresan boyama methodları kullanılarak *Phaseolus vulgaris* lektininin böceklerde bağlanma alanlarını incelemiştir. *Lygus hesperus* Knight (Hemiptera: Miridae) böceklerinin orta bağırsak epitel hücrelerinde uzamalar ve bozulmalar olduğu, arka bağırsak epitel hücrelerinde şişmeler yaparak lümenin kapanmasına sebep olduğu, fırça kenarlı mikrovilluslara önemli oranda lektin bağlandığı tespit edilmiştir. PHA'nın orta bağırsaktaki hücreler tarafından endositozlandığı bildirilmiştir.

Macedo et al. (2002), *Talisia esculenta* Radlk.'den izole edilen lektin *Callosobruchus maculatus* ve *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) larvaları üzerinde insektisit özellik açısından değerlendirilmiştir. % 1 lektin dozunda böceklerin orta bağırsaklarında lektin sindiriminin gerçekleşmediği tespit edilmiştir. Belirlenen konsantrasyonda *Z. subfasciatus*'un larva ağırlığının % 50 oranında azaldığı raporlanmıştır. Ayrıca % 2'lik konsantrasyonda verilen lektinde yaşayan larvaların hayatta kalma oranı % 10 olarak bildirilmiştir.

Romeis et al. (2003) çalışmalarında, *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae), *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) ve *Cotesia glomerata* (Linnaeus) (Hymenoptera: Braconidae) türlerine *Galanthus nivalis* lektinini (GNA) hazırladıkları besin çözeltilerine farklı konsantrasyonlarda ekleyerek çeşitli parametreleri incelemiştir. GNA'ya maruz kalan 3 zararlında hayatta kalma oranında düşüş tespit edilmiştir. *T. brassicae*'nin doğurganlığında azalma bildirilmiştir. *A. colemani*'de verilen farklı konsantrasyonlarda besin caydırıcılığı tespit edilmemiş, hatta % 1 konsantrasyonda kontrol böceklerine göre daha çok beslendiği ama dışı yaşamında kontrole göre % 58 oranında azalma olduğu bildirilmiştir. *T. brassicae* dışilerinde % 1 lektin konsantrasyonunda % 39 azaldığı raporlanmıştır. Dışı arıların maruz kaldığı lektinlerin cinsiyete yönelik olumsuz etki göstermemesi nedeniyle sonraki nesiller için bir tehdit oluşturmayacağı bildirilmiştir.

Kelemu et al. (2004), çalışmalarında *Clitoria ternatea* L. baklagilinden elde edilen finotin proteininin antifungal, antibakteriyel ve böcek öldürücü özellikleri incelenmiştir. Kullanılan bu protein zararlı böcek türü *Zabrotes subfasciatus* ve *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)'a karşı önleyici etkiler göstermiştir. Yapay tohumlarla beslenen zararlılarda ölüm oranının doza bağlı arttığı raporlanmıştır. % 100 ölüm oranı *Z. subfasciatus* için % 5 ve *A. obtectus* için % 1 dozlarında gerçekleşmiştir. % 2'den az olan konsantrasyonlarda LC<sub>50</sub> değerlerinin *A. obtectus* larvaları için % 0.36, *Z. subfasciatus* larvalarında % 1.21 olarak verilmiştir. İki böcek türüne de toksik etkileri gözlenen proteinin *A. obtectus* larvalarına karşı daha yüksek etki ettiği görülmüştür.

Leite et al. (2005), *Gracilaria ornata* Areschoug'dan saflaştırılan lektini (GOL), *Callosobruchus maculatus* larvalarına % 0.1, 0.25, 0.5 ve 1 konsantrasyonlarında verdiği böceklerin gelişiminde çeşitli parametrelerde farklılıklar tespit edilmiştir. % 1'lik konsantrasyonda kontrol larvalarına göre deney grubunun hayatta kalmasının % 65.1 oranında düştüğü ve verilen tüm dozlarda ergin böceklerin çıkışının etkili oranda değiştiği raporlanmıştır. Alınan veriler sonucunda GOL'e maruz kalan böcekler için bu lektinin insektisit özellik gösterdiği bildirilmiştir.

Sadeghi et al. (2006) çalışmalarında, 14 bitki lektinin *Callosobruchus maculatus* yumurtlamasına etkilerini gözlemek için; % 0.05 oranında lektinlerle kaplanan nohut tohumlarına maruz bırakılan böceklerin yumurtlamasında önemli düşüşler olduğunu ve

verilen tüm lektinlerin beslenme caydırıcı etki gösterdiğini tespit etmişlerdir. *Arum maculatum* L. ve *Arachis hypogaea* L. lektinlerinden en yüksek konsantrasyon zararlının yumurtlamasını % 60 oranında azaltmıştır. Ayrıca en güçlü caydırıcı etkinin en yüksek konsantrasyonda % 78.1 oranla PHA'da raporlanmıştır.

Singh et al. (2006), *Glycine max*'tan elde edilen lektinin entomotoksik etkilerini görmek için *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae)'nin yumurtalarında (0-8 saatlik) çalışma gerçekleştirmiştir. Larvaların yumurtadan çıkmasına lektinlerin herhangi bir etkisi olmamıştır. Larvalarda lektin konsantrasyonu artırılarak yapılan denemelerde ise farklı böcek parametrelerinde azalmalar olduğu tespit edilmiştir. 64-72 saat aralığında lektin maruziyeti ile larvaların gelişme süresinde, oluşan pupa sayısında ve ergin oluşumunda azalmalar bildirilmiştir. *Glycine max*'ın metabolizmal faaliyetlerde de görevli esterez enzim aktivitesinde 72. saatte kontrol grubuna göre 1.7 kat artış olduğu raporlanmıştır. Fosfataz aktivitesinden asit fosfatazda aktivitenin 96. saatinde azalma olduğu ama larva gelişimi devam ettikçe bu etkinin eski düzeyine arttığı bildirilmiştir. Alkalın fosfataz aktivitesinde ise kontrol grubuna göre deney larvalarında baskılandığı bildirilmiştir.

Alves et al. (2009) çalışmalarında, % 0.5, % 1.0 ve % 1.5 konsantrasyonlarında *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf. inhibitörleri *C. maculatus* ve *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae)'in besinlerine dahil edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarında böceklerin gelişimlerinde önemli azalmalar gözlenirken mortalitede artış olduğu tespit edilmiştir. Yapay diyetle beslenen *A. grandis* larvalarının kontrol gruplarında % 18.8 ölüm tespit edilirken, % 1.5 konsantrasyonunda ölüm oranı % 43'e çıkmıştır. *C. maculatus* böceklerinde ise larva ağırlığı % 50 oranında düşerken, böceklerin ölüm oranı % 85'e kadar çıkmıştır.

Kaur et al. (2009) çalışmalarında, *Arisaema intermedium* Blume (AIL) ve *A. wallichianum* Hook.f. (AWL)'dan izole edilen lektinleri 10, 20, 40, 80 ve 160 µg/ml<sup>-1</sup> dozlarında kullanarak *B. cucurbitae*'ye karşı etkinliğini incelemişlerdir. Lektinlerin hidrolaz, esterez ve fosfataz gibi enzimlerin aktivitesinde değişikliklere sebep olduğu, özellikle esterez aktivitesinde sürekli bir artış olduğu bildirilmiştir. AIL verilen larvalarda asit fosfataz aktivitesinin maruz bırakılan 3 saat aralığında da azalmaya sebep olduğu, AWL verilen larvalarda da bu etkinin 72. saatte azaldığı tespit edilmiştir. Alkalın fosfataz aktivitesi de lektinler tarafından anlamlı düzeyde inhibe edilmiştir.

Lagarda-Diaz et al. (2009), *Olneya tesota* A. Gray tohumları ve saflaştırılan PF2 lektin *Zabrotes subfasciatus* larvalarına diyet olarak verilmiştir. *O.tesota* ile beslenenlerde bırakılan yumurta sayısı 4 adet olmuştur ve bu yumurtalardan ergin çıkışı görülmemiştir, *Phaseolus vulgaris*'te bırakılan yumurta sayısı 63 adet tespit edilmiş ve bunların % 81'i ergine dönmüştür. Saflaştırılmış PF2 % 0.5 ve % 1 dozlarında fasülye ununa eklenerek yapay bir diyet oluşturulduğunda, lektin içermeyen kontrol grubunda % 100 olan yumurtalama yüzdesi 0.5 dozunda % 34, % 1 dozunda ise % 21'e kadar düşmüştür. Ayrıca ergin çıkışları kontrol grubunda % 95 olurken lektin verilenlerde ergin görülmemiştir.

Junior et al. (2011) çalışmalarında, *Ricinus communis* L.'den elde edilen polenin bal arılarında toksik özelliklerini incelemişlerdir. Arılar 0, % 2.5, % 5 ve % 10 dozlarda polenlere maruz bırakılmıştır. Son arının ölümüne kadar devam eden deneyde *Ricinus communis* polenlerinin bal arılarına karşı toksik etkileri tespit edilmiştir. Yerel kovandan alınan arıların yaşam süresi 14 gün iken verilen doza bağlı olarak bu süre kısalmış ve % 10 polen dozunda 4 güne düşmüştür. Farklı bir üreticiden temin edilen arılarda yaşam süresi kontrol grubunda 5 gün iken % 10 polen dozunda ise 3 güne düştüğü raporlanmıştır.

Janarthanan et al. (2012), *Lablab purpureus* (L.) Sweet tohumlarından arkelin izole edilmesiyle zararlı tür olan *C. maculatus*'a karşı toksik etkiler değerlendirilmiştir. En yüksek lektin dozunda ergin çıkışı görülmezken düşük dozlarda ise ergin çıkışının önemli ölçüde azaldığı ve zararlıya karşı toksik etkiler gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca en yüksek dozun böcek gelişimini durduğu raporlanmıştır.

Napoleão et al. (2012), Dang hummasına yol açan *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae)'ye *Myracrodruon urundeuva* yapraklarından izole edilen lektinin (MuLL) insektisit özelliklerini araştırmışlardır. LC<sub>50</sub>: 0.202mg/ml değerindeki lektin zararlı larvalarında ölümü tetiklemiştir. MuLL'ün proteaz aktivitesini % 30 oranında azalttığı ve tripsin aktivitesi üzerinde de inhibisyona sebep olduğu kaydedilmiştir. MuLL,  $\alpha$ -amilaz aktivitesini ise uyarmıştır. Sindirim süreçlerine müdahale edilen larvalarda ölüm sebebinin, enzim aktivitelerindeki değişim olabileceği bildirilmiştir.

Kaur et al. (2013), lektin PSA'nın *Bactocera cucurbitae* üzerindeki büyüme parametrelerine karşı etkileri araştırılmıştır. Yapay diyetlere çeşitli dozda (12.5-400 mg/ml) arası dahil edilen lektinlerle zararlı böcekler beslenmiş ve sonucunda; pupa oluşumu yüzdesi, pupa gelişimi

ve erginlerin çıkış yüzdesine zararlı etkileri tespit edilmiştir. PSA, larval dönemde enzimleri etkileyebilmiştir. 48, 72 ve 96 saatlik çalışmalarda bütün dozlar kontrol gruplarına göre esteraz aktivitesini baskılamıştır. Bu artışın toksisiteyi azaltmak ve enerji gereksinimini karşılamak amacıyla olabileceği bildirilmiştir. PSA'nın süperoksit dismutaz (SOD), katalaz, askorbat peroksidaz, Glutasyon S-transferazlar (GST) gibi enzimleri de etkilediği raporlanmıştır. SOD ve katalaz enzimlerinde görülen artışın serbest radikallerden kaynaklı toksisiteye karşı savunma mekanizması olarak oluşturulduğunu düşündürmektedir.

Napoleão et al. (2013), *Myracrodruon urundeuva* Allemão yaprak ekstraktı ve bitkiden izole edilen lektin (MuLL) kullanılarak *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) erginlerinde çeşitli parametreler üzerine çalışılmıştır. 7 gün ekstrakt ve lektinle hazırlanan besinlere maruz kalan böceklerde sindirim enzimleri araştırılmıştır. Yaprak ekstraktında LC<sub>50</sub>: 72,4 mg/g olmuştur. Uygulanan bütün ekstrakt dozlarında beslenme caydırıcı etki tespit edilmiştir. Özellikle kullanılan 100 ve 150 mg/g konsantrasyonlarda ölüm oranının arttığı bildirilmiştir. Ekstrakt ile beslenmiş bağırsaklar incelendiğinde kontrol gruplarından daha düşük proteaz, tripsin benzeri ve  $\alpha$ -amilaz aktiviteleri tespit edilirken selülaz ve fosfatazlarda aktivite gözlenmemiştir. MuLL'e maruz bırakılan böcek bağırsaklarındaki sindirim enzimlerinde ise proteaz, tripsin benzeri ve  $\alpha$ -amilaza ek olarak alkalik fosfataz ve endoglukonaz aktivitelerinde azalma olduğu bildirilmiştir.

Sprawka et al. (2013), *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae) zararlısının besin diyetine *Phaseolus vulgaris*'ten saflaştırılan PHA'yı ekleyerek böcek üzerinde entomotoksik etkiler incelenmiştir. Dişi böceklerin doğurganlığında düşüş olduğu, üreme öncesi dönemin uzadığı, gelişim zamanında artış olduğu kaydedilmiştir. Yapay diyetle beslenen böcekte doğurganlığın azaldığı, üreme öncesi dönem ve nesil süresinin uzadığı, ölüm oranının arttığı görülmüştür. 24 saat lektinle beslenen böceklerin bağırsaklarında DNA bozulması tespit edilmiştir. Kontrol grubuna göre lektinle beslenenlerin DNA'sında farklılıklar bildirilmiştir. Diğer bir parametre olan kaspaz3 aktivitesinin de lektin verilmeyen kontrole göre yüksek oranda uyarıldığı raporlanmıştır.

De Sá et al. (2014) çalışmalarında *Phaseolus vulgaris*'in doğal ve yapay kabuğunda beslenen *C. maculatus* dişilerinde doğal kabuktaki böceklerin bıraktığı yumurta sayısında kontrol

grubuna göre % 48 azalma gözleendiği, her iki grupta larvaların hayatta kalma oranının ise kontrole göre % 40 azaldığı tespit edilmiştir.

Roy et al. (2014) lektinlerin böcekler karşı entomotoksik etkilerinin moleküler temelini araştırdığı çalışmalarında, *Colocasia esculenta* L. yumru aglütininin (CEA) 25 kDa homodimerik bir lektin olduğunu, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) ve *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) (Hemiptera: Aphididae)'nin orta bağırsaklarına bağlandığını raporlamıştır. CEA'nın böcek hemolenfinde saptanmasının bu entomotoksik etkiye yol açabildiği bildirilmiştir.

Walski et al. (2014), *Rhizoctonia solani* Kühn (RSA) ve *Sambucus nigra* L. (SNA-I ve SNA-II) lektinlerini kullanarak *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) larvaları üzerinde entomotoksik etkileri değerlendirmiş ve lektinlerin böcekler karşı toksik etkilerini tespit etmiştir. % 2 konsantrasyondaki lektinlere 16 gün boyunca maruz bırakılan böcek larvalarının ağırlığı kontrol gruplarına göre RSA ile % 93, SNA-II ile % 64 ve SNA-I ile % 20 azalmıştır. RSA ve SNA-II ile beslenen larvaların bağırsağında sabit kalan lektinler, SNA-I lektinleri ise sindirilerek dışkıyla uzaklaştırılmıştır. Hücre hattına karşı toksisitesi fazla olan SNA-I'in dışkıyla kolayca atılmış olması böcek larvalarına zararının az olduğunu açıklamaktadır.

De Santana Souza et al. (2018), *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.'dan izole edilen OfiL lektininin *Sitophilus zeamais* yetişkinleri üzerinde beslenmeye etkileri incelenmiştir. Erginlerin yapay diyetine farklı dozlarda dahil edilen OfiL'in etkileri 7. ve 15. günde değerlendirilmiştir. Kontrol gruplarıyla kıyaslandığında lektin verilen böceklerin ölümünde ve besin caydırıcılığında bir etki tespit edilmemiştir. 60 mg/g ve 95 mg/g dozlarındaki lektinlerin böceklerde kilo kaybına sebep olduğu bildirilmiştir. Böceklerin sindirim enzimlerinden proteaz aktivitesinin uyarılmasına sebep olan OfiL,  $\alpha$ -amilaz aktivitesinde ise değişiklik göstermemiştir. Çalışma sonuçlarında lektinin ölüme yol açmasa da yeterli besin alımını engellediği bu sebeple de ileri aşamalarda böceklerin fizyolojisinde farklı etkilerin ortaya çıkarılabileceği bildirilmiştir.

Li and Römeis (2019) çalışmalarında, ergin *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae)'ye karşı daha önce böceğin larvalarında toksik etkiler gösteren *Galanthus nivalis* L. lektininin etkilerini araştırmışlardır. Uygulanan 4 farklı konsantrasyonda

böceklerin ölümünde anlamlı bir etki gözlenmemiştir. % 0.1 ve % 1 konsantrasyonda ise dişi böceklerin bazı parametrelerinde azalmalar tespit edilmiştir. Yumurta bırakma sayıları kontrol grubundaki dişilerde 1797.6 olurken, % 1 konsantrasyona maruz kalanlarda 1035.4'e kadar gerilemiştir.

Albuquerque et al. (2020) çalışmalarında *Microgramma vacciniifolia* (Langsd. & Fisch.) Copel. 'dan elde edilen rizom lektinini (MvRL), *Sitophilus zeamais* erginlerinin besin diyetine 10-130 mg/g dozlarında ekleyerek 7 gün boyunca beslemiştir. Bulgularına göre verilen lektinlerin öldürücü etkisi tespit edilmemiştir. Fakat böceklerin vücut kitlesinde ve alınan besinin dönüştürülmesindeki verimliliğin azaldığı bildirilmiştir. Sindirim enzimleri üzerine etkiler incelendiğinde MvRL'nin  $\beta$ -glukosidaz ve  $\alpha$ -amilaz aktivitelerini inhibe ederek beslenme caydırıcı etkiler göstermiştir. Yazarlar, böceklerde öldürücü etki göstermese de lektine maruz kalmanın böceklerde bazı fizyolojik olumsuzluklara yol açtığını kaydetmiştir.

De Oliveira et al. (2020) çalışmalarında *Moringa oleifera* Lam.'nın tohumlarından elde edilen WE (su ekstraktı) ve WSMoL lektini ile *Sitophilus zeamais* erginlerini besleyerek oluşacak fizyolojik değişiklikleri değerlendirmişlerdir. Böcekler buğday unu+WE ya da buğday unu+WSMoL ile hazırlanan yapay diyetle 10 gün süreyle maruz bırakılmıştır. Lektin diyetleriyle beslenen böceklerin bağırsaklarındaki enzim aktiviteleri incelendiğinde; WE diyetiyle beslenenlerin kontrol grubuna göre  $\alpha$ -amilaz ve endoglukonaz aktivitelerinde artış görülürken, WSMoL ile beslenenlerde tripsin benzeri,  $\alpha$ -amilaz ve endoglukonaz aktivitelerinin arttığı raporlanmıştır. Ayrıca WE ekstraktı hedef böcekte toksik etkiler (LC<sub>50</sub>: 214.6 mg/g) göstermiştir. Orta ve güçlü düzeyde beslenme caydırıcı etkisi olan WE'nin oluşan açlık sebebiyle ölümlere yol açabileceği bildirilmiştir. WSMoL verilen deneklerin kontrol grubuyla kıyaslandığında ölüm oranına anlamlı bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. WSMoL'ün yüksek konsantrasyonunda bu etki düşük seyrederek (% 12.0±2.7) düzeyinde raporlanmıştır.

Ertürk (2022), *Cyclamen coum* Mill.'in kökleri ezilerek *Cetonia aurata* (Linnaeus) (Coleoptera: Scarabaeidae) larvalarına karşı toksik etkileri incelenmiştir. Böceğin 3 larval döneminde köklerden hazırlanan macunların 20-160 mg/ml dozlarıyla yaptığı beslemede; 40 mg/ml dozunda 2. dönem larvasında % 60.7 gibi beslenme engelleyici etki görülürken 1.ve 3. dönemlerde bu etki düşük tespit edilmiştir. Kullanılan kök macunu 3. dönemdeki

larvalarda toksik etkiler göstermiştir. LC<sub>50</sub> değerleri % 77.77±2.32-% 94.13±6.45 aralığında raporlanmıştır. Yapay diyetle beslenen larvalarda bazı morfolojik bozulmalar bildirilmiştir. Macun etkisinde ölen larvaların uzunluğunda normal gruba göre kısalma, larva renginde bozulma ve kararma gibi etkiler ve larva kütlesinde azalma tespit edilmiştir.

Khoobdel et al. (2022) çalışmalarında, *Polygonum persicaria* L.'den elde ettikleri PPA lektinin *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) (Coleoptera: Curculionidae) erginlerine yönelik etkilerini ve böceklerin sindirim enzimlerindeki değişimleri incelenmiştir. Değişen dozlarda PPA ile beslenen ergin böceklerde konsantrasyon artışına bağlı mortalitede artış olduğu tespit edilmiştir. Ölüme sebep olmayan düşük konsantrasyonlara maruz bırakılan böceklerin sindirim enzim aktivitelerinde değişiklikler gözlenmiştir. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında ( $\alpha$ -amilaz: 4.28,  $\alpha$ -glukosidaz: 0.76, TAG-lipaz: 1.27, tripsin: 0.45, elastaz: 5.03, karboksipeptidaz: 4.88, aminopeptidaz: 5.11 U/mg protein), PPA verilen erginlerin ( $\alpha$ -amilaz: 1.58,  $\alpha$ -glukosidaz: 0.33, TAG-lipaz: 0.26, tripsin: 0.19, elastaz: 2.63, karboksipeptidaz: 1.49, aminopeptidaz: 2.26 U/mg protein) sindirim enzim aktivitelerinde önemli azalmalar olduğu bildirilmiştir. Ölümcül olmayan (LC<sub>30</sub>: % 1.82) konsantrasyonda antioksidan enzimlerinin aktivitelerinde artış lektinlerin böceklerde oksidatif strese sebep olduğunu göstermiştir.

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1 Çalışma Alanının Özellikleri

Balıkesir ilinin ilçesi olan İvrindi, Marmara Bölgesi'nin Güney Marmara bölümünde yer alır. En yüksek dağı rakımı 1338 m olan Madra dağıdır. Gökçeyazı ve Korucu Ovalarında ise yükseklik 200-300 m arasında değişen ilçede engebeli yapı hakimdir. Rakımı 250 m, yüzölçümü 81100 hektar olan İvrindi'nin il merkezine uzaklığı 37 km'dir. İvrindi'nin güneyinde Soma ve Bergama, Kuzeyinde Balya, Doğusunda Savaştepe ve batısında Havran ve Burhaniye ilçeleri bulunur (Şekil 4.1). İvrindi'de karasal iklim görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı geçmektedir (Demir, 2004).

Esas geçim kaynağı tarım ve hayvancılık olan ilçede hububat yetiştiriciliği, yem bitkileri ve meyvecilik üretimi önemli yer tutmaktadır. Toplam yüzölçümünün % 42'si tarım alanı, % 3'ü ise çayır ve meralardan oluşmaktadır. Tarım arazilerinin % 80'i verimli topraklardan oluşmaktadır. Tarla bitkilerinden özellikle buğday 14.000 tondan fazla üretimle en başta yer almaktadır. Tahıllardan başka hububat, bakliyat, sebze, meyve, yem bitkileri, endüstri bitkileri üretimleri de yoğun şekilde gerçekleşir (Demir, 2004).



Şekil 4.1: İvrindi ilçesinin Balıkesir ilinde konumu

### 4.2 Materyal

Çalışmanın öncelikli ana materyalini yabancı hardal (*Sinapis arvensis* L.) bitkisinden el yöntemi ile toplanan *Tropinota (Epicometis) hirta*'ya ait ergin bireyler oluşturmaktadır. Deneylerde kullanılan yabancı hardal bitkisi, kimyasallar, çözeltiler ve bitki lektinleri diğer materyallerdendir.

#### 4.2.1 Kullanılan kimyasallar

Yapılan çalışma boyunca deneylerde kullanılan kimyasallar ve kullanıldığı deneylerin listesi Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1:** Deneylerde kullanılan kimyasal malzemeler ve kullanıldığı deneyler

Kullanılan Kimyasallar	Kullanıldığı Deneyler
<i>p</i> -nitrofenil fosfat (500 ml 12.5 mM)	Alkali - Asit fosfataz
Serum Fizyolojik	Bağırsak homojenatı hazırlama
<i>p</i> -nitrofenil-b-D-glukopiranozit(% 0.1 (w/v))	Betaglukosidaz
Sodyum bikarbonat (% 10 (w/v))	Betaglukosidaz
Avicel (% 1 (w/v))	Ekzoglukanaz
Karboksimetilselüloz (% 1 (w/v))	Endoglukanaz
Sodyum hidroksit (100 ml 0.5 M)	Endoglukanaz, Asit ve Alkali fosfataz
Bayer K-othrine SC50 (Deltametrin)	Pozitif Kontrol Grubu
Azocasein (50 ml % 0.6 (w/v))	Proteaz
Triton X-100 (100 ml (0.1 (v/v))	Proteaz
Trikloroasetik asit (200 ml (% 10 (v/v))	Proteaz
Sodyum Fosfat	Proteaz
Tris HCl	Tampon Çözelti
CaCl <sub>2</sub>	Tampon Çözelti
NaCl	Tampon Çözelti
Sodyum Asetat	Tampon Çözelti
TOS Tahlil kiti	Tos Analizi
8 mM BAPNA	Tripsin
3,5-Dinitro salisilik asit (% 1 (w/v))	Amilaz, Endoglukanaz, Ekzoglukanaz
Nişasta (% 1 (w/v))	Amilaz

#### 4.2.2 Kullanılan tampon çözeltiler

Bağırsak homojenatlarının hazırlanması ve enzim deneylerinin yürütülmesi amacıyla tampon çözeltiler hazırlanmıştır. Bütün deneylerde kullanılan tampon çözeltiler ve içerik bilgileri ise Tablo 4.2’de verilmiştir.

**Tablo 4.2:** Deneylerde kullanılan tampon çözeltiler ve içerikleri

Tampon Çözeltiler	İçerik
Tris tamponu	0.1 M Tris HCl (6.05 gr), 0.02 M CaCl <sub>2</sub> (1.11 gr), 0.15 M NaCl (4.38 gr) pH:8.0
0.05 M Tris Tamponu	Tris HCl (0.6 gr) pH:8.0
Asetat Tamponu	0.1 M Sodyum asetat (4.1 gr), 0.02 M CaCl <sub>2</sub> (1.11 gr), 0.15 M NaCl (4.38gr) pH:5.5
0.05 M Sodyum asetat tamponu	Sodyum asetat (0.41 gr) pH:4.0
Sodyum Fosfat tamponu	0.02 M Sodyum fosfat (1.56 gr), 0.15 M NaCl (4.38 gr) pH:7.0
0.1 M Sodyum fosfat tamponu	Sodyum fosfat (1.56 gr) pH:7.5

### 4.2.3 Kullanılan lektinler

Böceklerin *in vivo* deneylerde 7 gün süreyle beslenmesi amacıyla besin mamalarına eklenen lektinler Şekil 4.2 ve detayları Tablo 4.3'te gösterilmiştir. Kullanılan lektinler Sigma Aldrich'ten satın alınmıştır.



Şekil 4.2: Besin mamalarına eklenen lektinler a) *Phaseolus vulgaris*, b) *Phytolacca americana*, c) *Triticum vulgare*, d) *Wisteria floribunda*

Tablo 4.3: Çalışmada kullanılan lektinler, yaygın isimleri ve spesifikliği

Kullanılan Lektinler	Yaygın İsmi	Spesifikliği	Lektin ailesi	Satın alınan lektin kodu
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Kırmızı barbunya	N-asetil-D-galaktozamin bağlayıcı (GalNAc) /Galaktoz /Kompleks	Baklagil lektin	Sigma 61764-1 MG
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Kırmızı barbunya	N-asetil-D-galaktozamin bağlayıcı (GalNAc) /Galaktoz /Kompleks	Baklagil lektin	Sigma 2646-25 MG
<i>Phytolacca americana</i>	Şekerci boyası	N-asetil-D-glukozamin bağlayıcı (GlcNAc)	Kitin bağlayıcı lektin	Sigma L9379-5 MG
<i>Triticum vulgare</i>	Buğday	N-asetil-D-glukozamin bağlayıcı (GlcNAc) /Sialik asit	Kitin bağlayıcı lektin	Sigma 61767-5 MG
<i>Wisteria floribunda</i>	Mor salkım bitkisi	N-asetil-D-galaktozamin bağlayıcı (GalNAc)	Baklagil lektin	Sigma L8258-1 MG

### 4.2.4 Kullanılan ekipmanlar

Çalışmaların yürütülmesinde ve deneylerin gerçekleştirilmesinde kullanılan ekipmanlar, kullanıldığı çalışmalar ve marka/model bilgilerinin listesi Tablo 4.4'te verilmiştir.

**Tablo 4.4:** Laboratuvar çalışmalarında kullanılan ekipmanlar, kullanım yerleri ve marka/model bilgileri

<b>Kullanılan ekipmanlar</b>	<b>Marka/Model Bilgisi</b>	<b>Kullanım Yeri</b>
Etüv	Memmert IN 110	İnkübe işlemi
Diseksiyon aletleri (pens, makas, bisturi)	Yerel markalar	Böcek diseksiyonu
PH metre	Hanna /PH 211 Microprocessor pH Meter	Çözelti hazırlanması
Hassas terazi	Denver Instrument SI-234	Çözelti hazırlanması
Manyetik Karıştırıcı	Heidolph Instrument / MR Hei-Standard	Çözelti hazırlanması
Pipet ve pipet uçları	Isolab	Çözelti hazırlanması
Vortex	IKA MS 3 basic	Çözelti hazırlanması
Isıtmalı inkübatör	Elma S 100 H Elmasonic	Çözelti hazırlanması
Soğutmalı Santrifüj	Sigma 3-30KS	Çözelti hazırlanması ve <i>in vitro</i> testler
Spektrofotometre	Thermo fisher Scientific / Multiskan go 1510	Spektrofotometrik analizler
Mikroskop ve fotoğraf makinası	Nicon SMZ1500/ Nicon Collpix5000	Tür teşhisi ve fotoğraflama
Eppendorf tüp	Yerel markalar	Örneklerin saklanması ve çözelti hazırlanması

#### **4.2.5 Kullanılan bitki materyali [*Sinapis arvensis* L. (Brassicaceae) (yabani hardal)]**

Dünya’da pek çok bölgede özellikle buğday, arpa gibi tarım arazilerinde büyüme potansiyeli yüksek olan otsu ve tek yıllık bir bitkidir. Glikozitler, ligoserik asit ve erusik asit gibi çeşitli bileşikler içerisinde barındırması bu bitkinin tıbbi alanlarda ve kozmetik sektöründe yaygın olarak tercih edilmesini sağlar (Amirnia vd., 2012).

*Tropinota (Epicometis) hirta*, *Sinapis arvensis* çiçekleri ve yaprakları üzerinden elle toplanmıştır. Arazi çalışmaları sonucunda bitki üzerinde zararlının yoğun bulunduğu tespit edilmiştir. Yabani hardalın her dalında en az bir adet olmak üzere toplamda 8-10 kadar böcek olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.3).



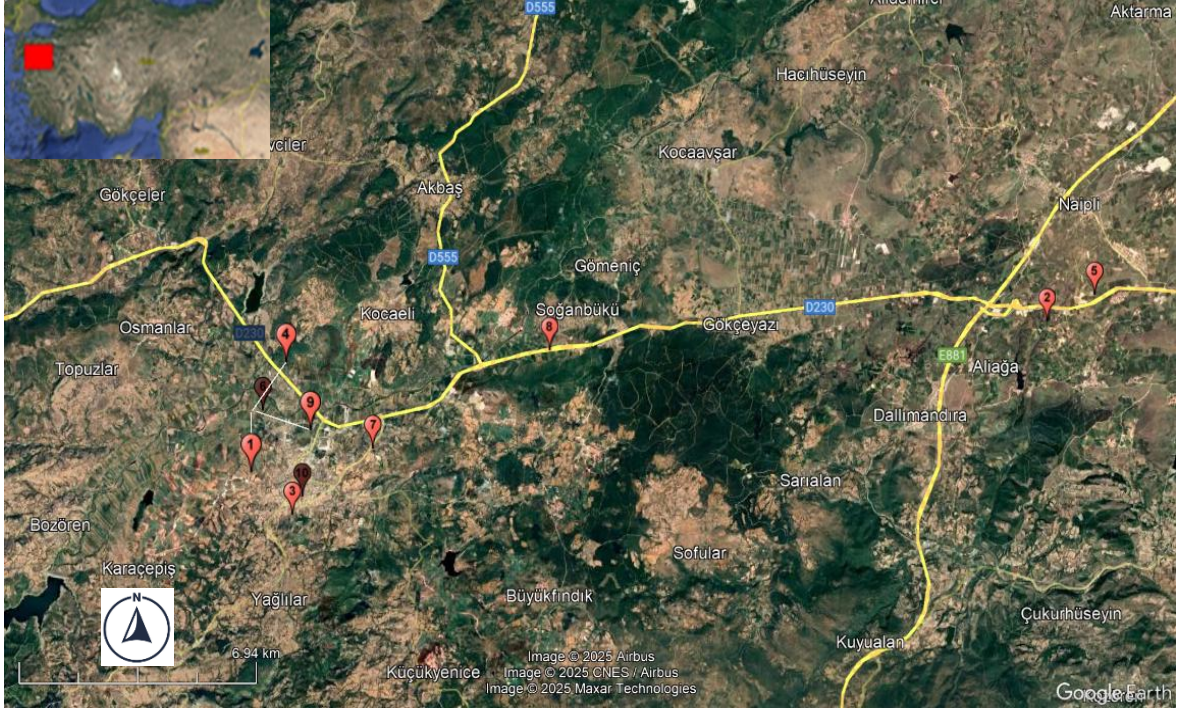
**Şekil 4.3:** *Sinapis arvensis* L. çiçek ve yaprak üzerinde her bir dalda bulunan *Tropinota (Epicometis) hirta*

### 4.3 Metot

Tez çalışması; araziden böceklerin toplanması, laboratuvar çalışmaları ve istatistiksel verilerden oluşmaktadır.

#### 4.3.1 Böceklerin toplanması ve tanımlanması

Çalışma 25/04/2023 - 12/07/2023 ve 26/03/2024 - 06/06/2024 tarihleri arasında İvrindi'nin 10 farklı lokasyonunda gerçekleştirilmiştir. Çalışmaların gerçekleştirildiği lokaliteler, Şekil 4.4'te harita üzerinde gösterilmiştir.



**Şekil 4.4:** Çalışmanın yapıldığı alanlar (google earth)

2023 ve 2024 yıllarında gerçekleştirilen arazi çalışmalarına göre; 2023 yılında toplam 608 birey (220 erkek, 388 dişi), 2024 yılında ise 641 birey (265 erkek, 376 dişi) olmak üzere toplamda 1249 böcek toplanmıştır (Tablo 4.5). Toplamda 1008 böcek deneylerde kullanılırken kalan 241 böcek farklı çalışmalar için ayrılmıştır. Ayrıca bu böceklerden 20 tanesi uzman teşhisi için Dumlupınar Üniversitesi'nden Prof. Dr. Yakup ŞENYÜZ'e gönderilmiş ve örneklerin kesin teşhisi yapılmıştır. Böceklerin toplanması için yapılan arazi çalışması ile ilgili lokasyon bilgileri ve toplanan birey sayıları Tablo 4.5'te verilmiştir.

**Tablo 4.5:** Tarihler göre *Sinapis arvensis* üzerinden toplanan ergin sayıları, lokasyon ve hava sıcaklığı bilgileri

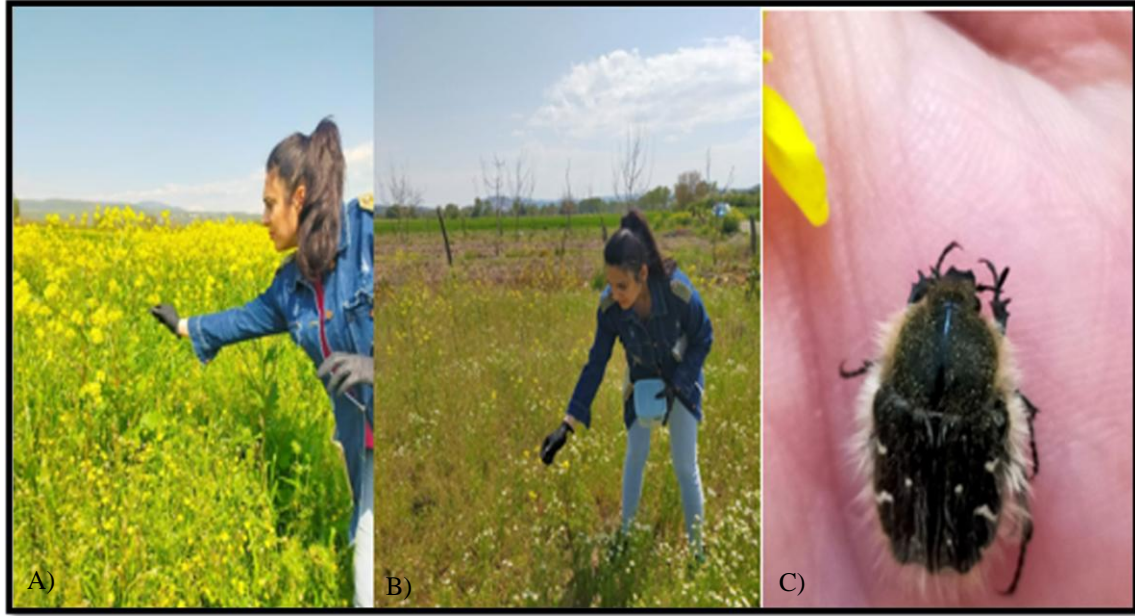
Lokalite	Koordinat	Rakım(m)	Hava Sıcaklığı	Toplandığı Tarih	Birey Sayısı		
					♂	♀	Toplam
1) İvrindi Çetmi Alanı 1	39°35'50''K 27°28'05''D	210	24° C	25.04.2023	138	260	398
1)İvrindi Çetmi Alanı 1	39°35'50''K 27°28'05''D	210	13° C	27.04.2023	0	0	0
2)Balıkesir Dereköy	39°38'11''K 27°44'11''D	307	10° C	27.04.2023	0	0	0
1)İvrindi Çetmi Alanı 1	39°35'50''K 27°28'05''D	210	14° C	5.05.2023	0	0	0
3)İvrindi Ilıca mevki	39°34'21''K 27°29'05''D	280	16° C	8.05.2023	0	0	0

**Tablo 4.5 (devam)**

<b>1) İvrindi</b> Çetmi Alanı 1	39°35'50''K 27°28'05''D	210	17° C	8.05.2023	0	0	0
<b>1) İvrindi</b> Çetmi Alanı 1	39°35'50''K 27°28'05''D	210	13° C	17.05.2023	0	0	0
<b>3) İvrindi</b> Ilıca mevki	39°34'21''K 27°29'05''D	280	23° C	17.05.2023	0	0	0
<b>1) İvrindi</b> Çetmi Alanı 1	39°35'50''K 27°28'05''D	210	23° C	26.05.2023	30	43	73
<b>3) İvrindi</b> Ilıca mevki	39°34'21''K 27°29'05''D	280	24° C	26.05.2023	52	85	137
<b>3) İvrindi</b> Ilıca mevki	39°34'21''K 27°29'05''D	280	29° C	28.06.2023	0	0	0
<b>1) İvrindi</b> Çetmi Alanı 1	39°35'50''K 27°28'05''D	210	24° C	04.07.2023	0	0	0
<b>1) İvrindi</b> Çetmi Alanı 1	39°35'50''K 27°28'05''D	210	32° C	12.07.2023	0	0	0
<b>3) İvrindi</b> Ilıca mevki	39°34'21''K 27°29'05''D	280	31° C	12.07.2023	0	0	0
<b>4) İvrindi</b> Çetmi Alanı 2	39°35'53''K 27°27'55''D	209	13° C	26.03.2024	1	0	1
<b>1) İvrindi</b> Çetmi Alanı 1	39°35'50''K 27°28'05''D	210	20° C	28.03.2024	73	97	170
<b>4) İvrindi</b> Çetmi Alanı 2	39°35'53''K 27°27'55''D	209	28° C	1.04.2024	13	21	34
<b>4) İvrindi</b> Çetmi Alanı 2	39°35'53''K 27°27'55''D	209	30° C	15.04.2024	12	16	28
<b>5) İvrindi</b> Gökçeyazı	39°38'38''K 27°45'07''D	298	30° C	15.04.2024	11	19	30
<b>6) İvrindi</b> Çetmi Alanı 4	39°35'52''K 27°28'19''D	205	30° C	15.04.2024	49	61	110
<b>7) İvrindi</b> Yol ayrımı	39°35'27''K 27°30'37''D	267	20° C	19.04.2024	4	7	11
<b>8) İvrindi</b> Benzin istasyonu yanı	39°37'08''K 27°34'04''D	230	24° C	25.04.2024	15	25	40
<b>7) İvrindi</b> Yol ayrımı	39°35'27''K 27°30'37''D	267	25° C	26.04.2024	40	64	104
<b>9) İvrindi</b> Çetmi Alanı 3	39°35'52''K 27°28'11''D	208	25° C	26.04.2024	21	29	50
<b>9) İvrindi</b> Çetmi Alanı 3	39°35'52''K 27°28'11''D	208	25° C	7.05.2024	19	24	43
<b>10) İvrindi</b> Merkez	39°34'38''K 27°29'15''D	278	18° C	6.06.2024	7	13	20
					485	764	1249

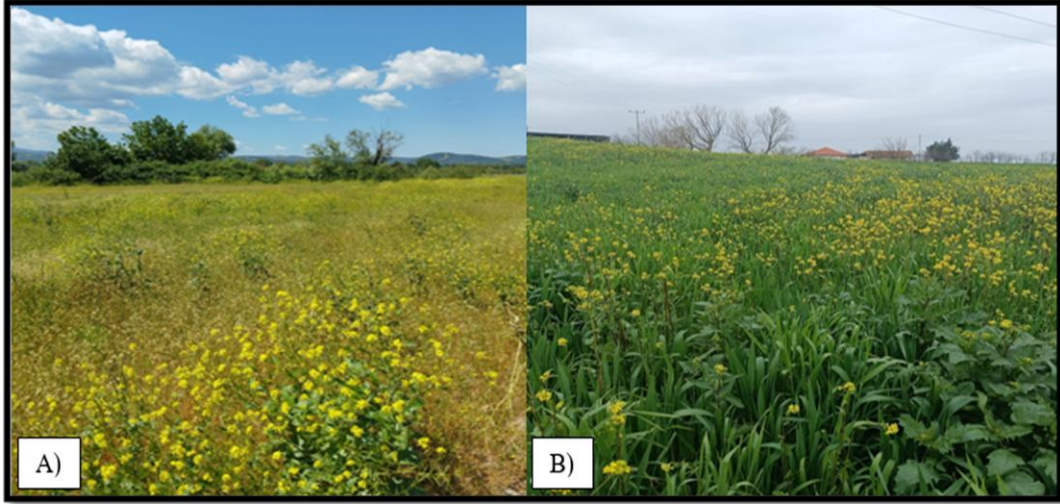
Ergin böcekler yabancı hardal (*Sinapis arvensis*) üzerinden elle toplanmıştır (Şekil 4.5). Yabancı hardal bitkisinin tanınması, Prof. Dr. Serap DOĞAN tarafından yapılmıştır. Çalışmada özellikle böceklerin en aktif olduğu öğle saatleri seçilmiştir. Sıcak etkisiyle böceklerin uçuş potansiyelinin yüksek olduğu gözlenmiştir. Sıcaklığın düşmeye başladığı ve hafif rüzgârlı saat dilimlerinde, böceklerde uyuşukluk hâli gözlenmiş; özellikle

yaprakların ve çiçeklerin daha az rüzgâr alan kısımlarında, böceklerin kafasını çiçeğe sokarak saklandığı tespit edilmiştir. Arazi çalışmalarında dişi böceklerin erkek bireylerden daha fazla bulunduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.5).



**Şekil 4.5:** Çalışma alanında böceklerin elle toplanması, a) Çetmi Alanı (4), b) Çetmi Alanı (1), c) ergin *Tropinota (Epicometis) hirta*

Böceklerin ilk toplandığı yer olan Çetmi Alanı bölgesinde çeşitli meyvelerin (kiraz, ceviz, elma, ayva) olduğu bahçeler ve etrafında da boş araziler bulunur (Şekil 4.6). Özellikle bu bölgede, böceklerin meyve ağaçlarını tercih etmediği; diğer yabani otlardan ziyade yabani hardal üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Bu durum *T. hirta*'nın ilk tercihinin yabani hardal olduğu fikrini desteklemektedir (Avcı ve Özpınar, 2021). Çalışma alanlarına genel olarak bakıldığında bu zararlı böceğin, yabani hardal çiçeklerinde arıların daha az bulunduğu yerlerde yoğun olarak beslendiği, arıların yoğunlaştığı kısımlarda ise dikkat çekecek şekilde azaldığı tespit edilmiştir.



**Şekil 4.6:** Çalışmanın yapıldığı arazilerden görünüm a) İvrindi yol ayrımı (7), b) Ilıca mevki (3)

Arazilerden toplanan ergin bireyler 1.2 litrelik plastik kaplara konulmuştur (Şekil 4.7). Hava akışını engellemek amacıyla kapların kapaklarına delikler açılmıştır. Kapların içerisine böceklerin beslenebilmesi için yabancı hardal bitkisinden taze çiçekler eklenerek Balıkesir Üniversitesi Zooloji laboratuvarına götürülmüştür. Deneyler başlatılmadan önce böcekler 1 gün süreyle aç bırakılmış ve verilecek besine yönelmeleri beklenmiştir. Ertesi gün çalışma grupları hazırlanarak deneyler başlatılmıştır. Böcekler boyutlarına ve dişi/erkek bireyelerine göre ayrıldıktan sonra gerekli sıcaklık ve nem koşullarını sağlamak amacıyla Balıkesir Üniversitesi Moleküler Biyoloji laboratuvarına alınarak deney düzenekleri oluşturulmuştur.



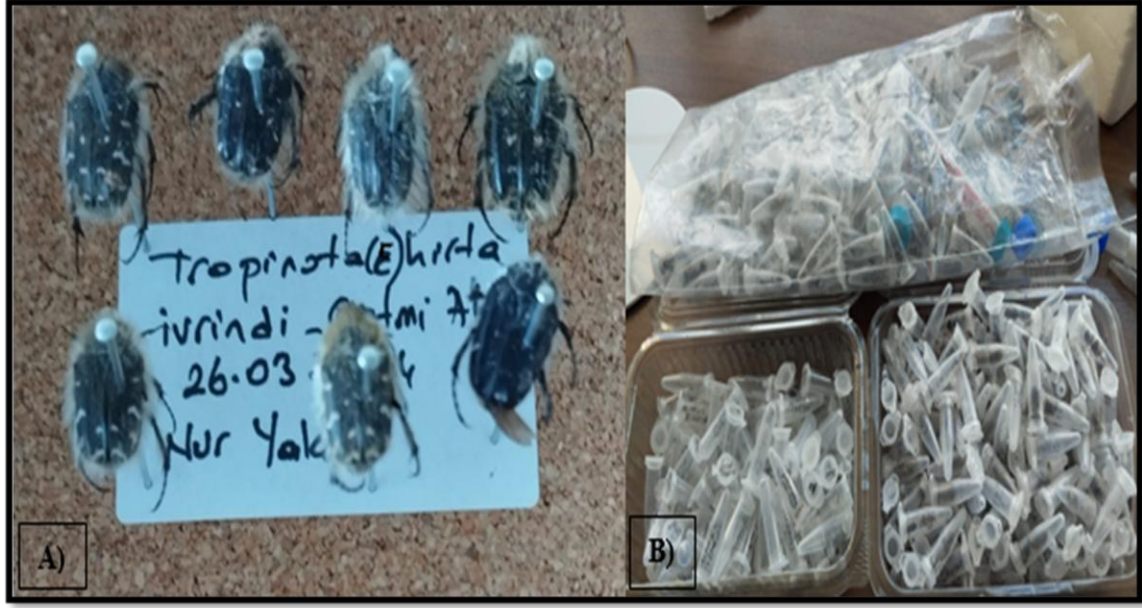
**Şekil 4.7:** Toplanan *Tropinota (Epicometis) hirta*'ların plastik kaplarla laboratuvara getirilmesi

Çalışmada kullanılan böceklerin incelemeleri Nikon SMZ-1500 model stereo mikroskop ile yapılmış ve Nikon Coolpix5000 fotoğraf makinesi ile fotoğraflama işlemleri gerçekleştirilmiştir (Resim 4.8).



**Şekil 4.8:** *Tropinota (Epicometis) hirta* teşhisinde kullanılan Nikon SMZ 1500 model stereomikroskop

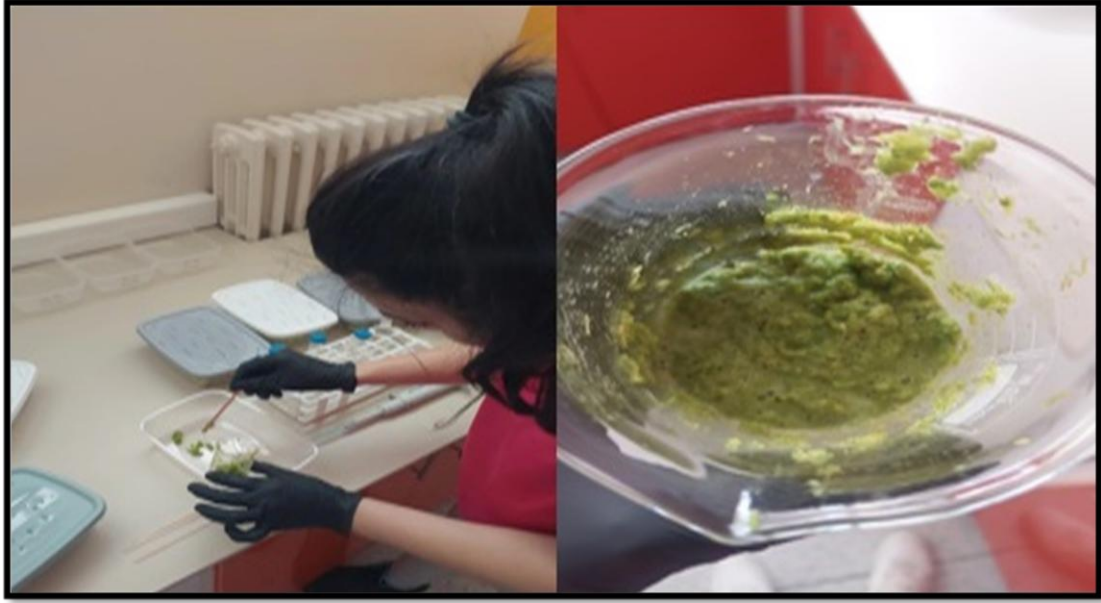
Bağırsak diseksiyonu yapıldıktan sonra, her deney grubunda kullanılan böcekler ayrı ayrı numaralandırılıp eppendorf tüplerine yerleştirilmiş ve detaylı bir şekilde fotoğrafları çekilmiştir. (Resim 4.9b). Bağırsak disektisi yapılırken erkek bireylerden dikkatli şekilde aedeagus ayrımları da yapılmıştır. Ayrılan aedeaguslar % 10'luk potasyum hidroksit (KOH) içerisinde 4-6 saat aralığında bekletilmiş ve üzerindeki yağ doku ince uçlu fırça yardımıyla iyice temizlenmiştir. Aedeagusların tanınması ve fotoğraflanması için Nikon SMZ-1500 stereo mikroskop ve Nikon Coolpix5000 fotoğraf makinesi kullanılmıştır (Şekil 4.8). Aedeagus fotoğraflarının kesin tanısı Scarabaeidae alanında uzman olan Dr. Guido SABATINELLI tarafından gerçekleştirilmiştir. 10 adet böcek Coleoptera koleksiyonlamasına uygun şekilde sağ elitranın üst kısmından koleksiyon iğnesi ile iğnelenerek ve aedeaguslarda arap zankı ile koleksiyon kağıtlarına yapıştırılarak Balıkesir Üniversitesi Zooloji Entomoloji Müzesi'nde saklanmaktadır (Resim 4.9a).



Şekil 4.9: a) Koleksiyona alınan *Tropinota (Epicometis) hirta*, b) tür teşhisi için eppendorf tüplere ayrılan böcekler

#### 4.3.2 *In vivo* düzeneğin kurulması

Çalışma bağımsız 2 deney halinde 2023 ve 2024 yıllarında toplanan böcekler ile yürütülmüştür. İlk yapılan deneyde enzim aktivite değerlerinin düşük dozlarda kaçırılmaması hedeflenerek 50-100 ve 150 mg/g lektin dozları ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Daha sonra yapılan deneyde ise belirlenen LD<sub>50</sub> değerlerine göre dozlar artırılarak lektinlerin böceklerin ölümüne etkisi ve sindirim enzimlerinde sebep olacağı değişiklikler takip edilmiştir. Deney düzeneklerinin hazırlanmasında kullanılmak üzere toplanan yabani hardal bitkisinden 100 gram çiçek, 100 mL su ile birlikte mikserde iyice karıştırılarak lapa hâline getirilmiştir (Şekil 4.10) (Napoleão et al., 2013). Karışım 14 deney grubuna eşit miktarda dağıtılmıştır. Negatif kontrol grubuna içerisinde hiçbir lektin ekstraktı olmayan sadece su ve çiçek içeren mama verilmiştir. Pozitif kontrol grubundaki besine ise 5 mg/mL Bayer K-othrine SC 50 (Deltamethrin) böcek ilacı ilave edilmiştir. Diğer deney gruplarının besinlerinde toplamda 4 farklı lektin *in vivo* olarak uygulanmıştır. Düşük dozlar için her bir lektin grubundan 50-100-150 mg/g, yüksek dozlar için ise 200-250-300 mg/g olarak 3 farklı doz belirlenmiştir. Lektinlere göre uygulanan dozlar Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Mor salkım bitkisinden (*Wisteria floribunda*), barbunyadan (*Phaseolus vulgaris*), buğdaydan (*Triticum vulgare*) ve şekeriboyası bitkisinden (*Phytolacca americana*) izole edilmiş lektinler kullanılmıştır.



**Şekil 4.10:** Böcekler için yapay diyetin hazırlanması

**Tablo 4.6:** Lektinlerin kodu, adı ve uygulanan dozlar

Kodu	Lektin	Uygulanan doz	Kodu	Lektin	Uygulanan doz
PA50	<i>Phytolacca americana</i>	50 mg/g	TV50	<i>Triticum vulgare</i>	50 mg/g
PA100	<i>Phytolacca americana</i>	100 mg/g	TV100	<i>Triticum vulgare</i>	100 mg/g
PA150	<i>Phytolacca americana</i>	150 mg/g	TV150	<i>Triticum vulgare</i>	150 mg/g
PA200	<i>Phytolacca americana</i>	200 mg/g	TV200	<i>Triticum vulgare</i>	200 mg/g
PA250	<i>Phytolacca americana</i>	250 mg/g	TV250	<i>Triticum vulgare</i>	250 mg/g
PA300	<i>Phytolacca americana</i>	300 mg/g	TV300	<i>Triticum vulgare</i>	300 mg/g
PV50	<i>Phaseolus vulgaris</i>	50 mg/g	WF50	<i>Wisteria floribunda</i>	50 mg/g
PV100	<i>Phaseolus vulgaris</i>	100 mg/g	WF100	<i>Wisteria floribunda</i>	100 mg/g
PV150	<i>Phaseolus vulgaris</i>	150 mg/g	WF150	<i>Wisteria floribunda</i>	150 mg/g
PV200	<i>Phaseolus vulgaris</i>	200 mg/g	WF200	<i>Wisteria floribunda</i>	200 mg/g
PV250	<i>Phaseolus vulgaris</i>	250 mg/g	WF250	<i>Wisteria floribunda</i>	250 mg/g
PV300	<i>Phaseolus vulgaris</i>	300 mg/g	WF300	<i>Wisteria floribunda</i>	300 mg/g

Düşük dozlarla yapılan ilk deneyde, erkek ve dişi ayrımı gözlemlenmeden, her deney grubunda 12 adet ergin birey (dişi birey sayısı fazla) olmak üzere toplam 504 ergin birey kullanılmıştır. Yüksek dozlarla gerçekleştirilen ikinci deneyde ise 6 erkek, 6 dişi birey olmak üzere her deney grubunda 12 adet birey olmak üzere toplam 504 ergin birey kullanılmıştır. Pozitif kontrol grubunda kullanılan insektisit diğer böcekleri etkilememesi için, negatif kontrol ve lektin uygulanan deney gruplarına ait düzenekler farklı laboratuvarlarda hazırlanmıştır (Şekil 4.11).



**Şekil 4.11:** Böceklerin beslenmesi için hazırlanan deney düzeneği

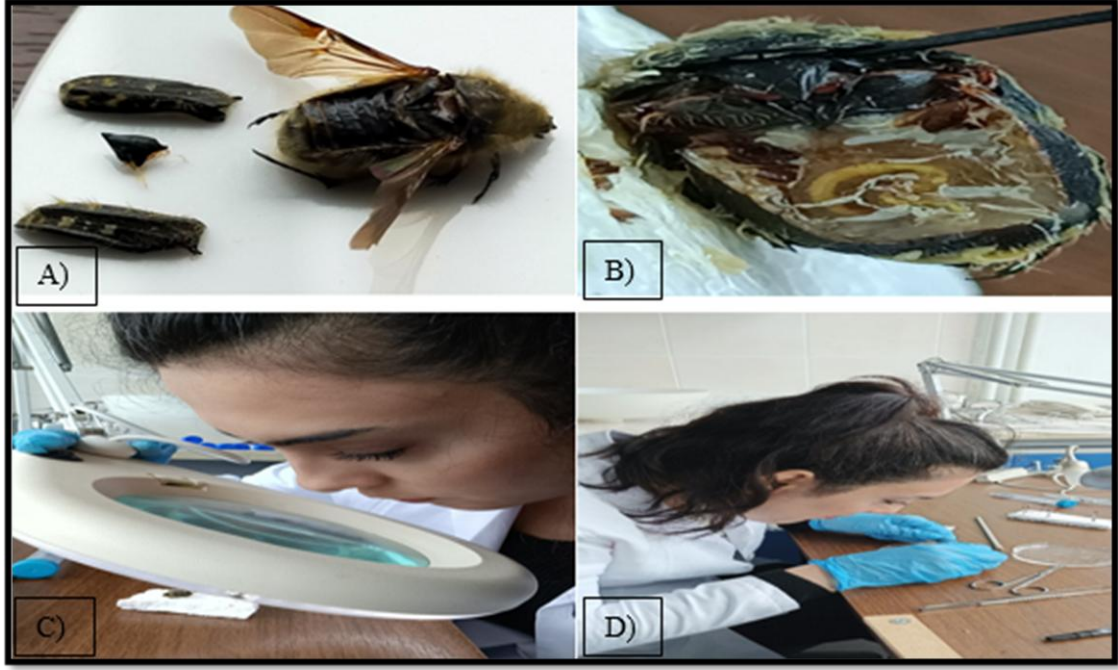
Deneyle, 7 gün boyunca  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , %  $65 \pm 5$  nem ve 16:8 fotoperiyotta gerçekleştirilmiştir. Gün gün böceklerin takibi yapılarak 7. günün sonunda canlı ve ölen böcekler sayılmış ve ayrı ayrı falkon tüplere konulmuştur. Daha sonra böcekler bağırsak diseksiyonu için hazırlanmıştır.

Deneylein sonunda ölüm oranı (%) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

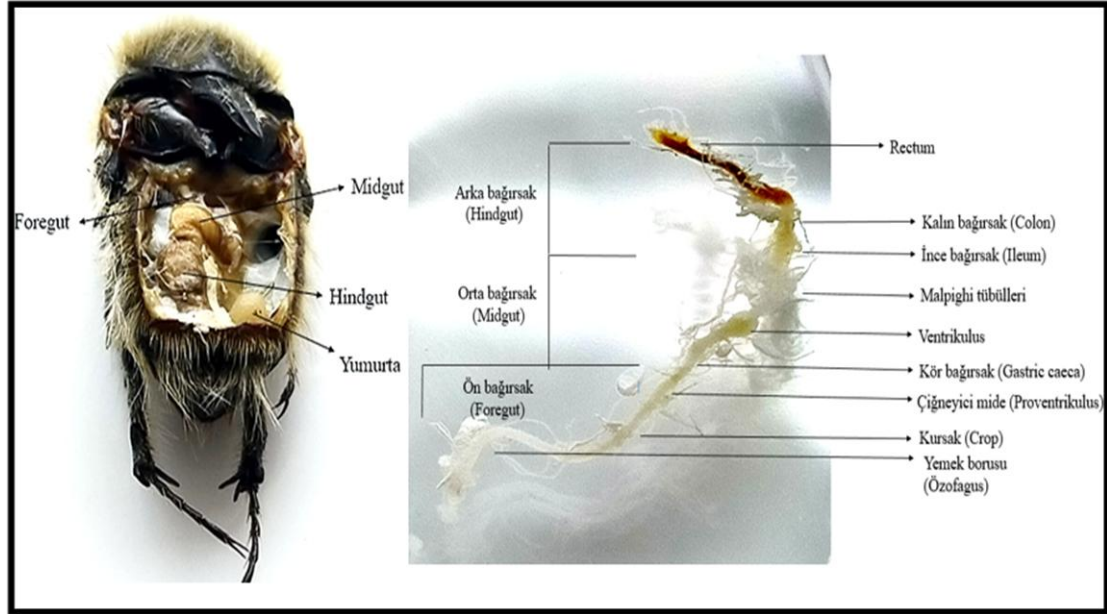
$$\text{Ölüm oranı (\%)} = \left( \frac{\text{Ölenler}}{\text{Test edilen toplam böcek sayısı}} \right) \times 100 \quad (4.1)$$

#### **4.3.3 Böcek bağırsaklarının disekte edilmesi ve bağırsak homojenatının hazırlanması**

Farklı dozlarda lektin ekstraktı, distile su (negatif kontrol) veya insektisit içeren besinlerle 7 gün boyunca beslenen her grupta, 12 adet (dişi ve erkek) *Tropinota hirta* ergini bulunmaktaydı. Deney sonunda bu bireyler toplanarak  $-20^\circ\text{C}$ 'ye yerleştirilmiş; 10 dakika içinde hareketsiz kalan böcekler diseksiyon için kullanılmıştır (Şekil 4.12). Diseksiyon gerçekleştirilirken böceklerin bağırsakları dikkatli şekilde ince uçlu pens, bisturi ve makas yardımıyla çıkarılmış ve distile su ile yıkanarak sterilize edilmiştir. Diseksiyon işlemi yapılan ergin böceklerin bağırsak görünüşleri ve genel hatlarıyla bağırsak kısımları Şekil 4.13'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.12:** Böcek bağırsaklarının diseksiyon aşaması a) elitranın çıkarılması, b) bağırsak görünümü, c) bağırsağın yağ tabakadan temizlenmesi, d) bağırsak disektesi



**Şekil 4.13:** Diseksiyonu yapılan *Tropinota (Epicometis) hirta*'nın bağırsak görünümü ve kısımları

Disektesi yapılan her bağırsak hemen 1 mL Tris tamponu (0.1 M Tris HCl, pH 8.0, 0.02 M CaCl<sub>2</sub> ve 0.15 M NaCl içeren), asetat tamponu (0.1 M sodyum asetat, pH 5.5, 0.02 M CaCl<sub>2</sub> ve 0.15 M NaCl içeren) veya sodyum fosfat tamponu (0.02 M sodyum fosfat, pH 7.0, 0.15 M NaCl içeren) kullanılarak homojenizatörde parçalanmıştır. Homojenatlara 9000 gr'de 4°

C'de 15 dakika santrifüj işlemi yapılmıştır. Santrifüj işlemi için Sigma 3K30 model cihaz kullanılmıştır. Santrifüj sonrası süpernatantlar (bağırsak özleri) eppendorf tüplere alınarak her biri ilgili lektine göre işaretlenerek enzim aktivitesi deneylerinde kullanılmak üzere -80°C'ye kaldırılmıştır (Napoleão et al., 2013).

#### **4.3.4 Bağırsak örneklerinden total oksidan seviyesinin (tos) analiz edilmesi**

Pestisitlerin, böcekler de dahil olmak üzere çok çeşitli hayvan taksonlarında önemli oksidatif strese neden olduğu bilinmektedir. Oksidatif stres, ROS üretiminin bir organizmanın doğal anti-oksidatif savunma mekanizmasını aşması sonucu ortaya çıkar ve bu dengesizlik, çevrede ROS üreten stresörlerin aşırı bolluğundan kaynaklanabilir (Chakrabarti et al., 2015). Bu çalışmada *in vivo* olarak farklı lektin proteinleri ile 7 gün boyunca etkileşen *Tropinota hirta* böceklerine ait bağırsak dokularından alınan örneklerden total oksidan seviyesi (TOS) belirlenmiştir. Bu amaçla iki farklı TOS tahlil kitleri (Rel Assay, Mega Tıp, Türkiye ve Bostonchem Rel Assay) kullanılmıştır. Bu kitlerin ölçüm prensibi, asidik bir ortamda farklı oksijen türleri ile Fe<sup>+2</sup>'nin Fe<sup>+3</sup>'e dönüştürülmesine ve ksilenol turuncu ile Fe<sup>+3</sup>'ün neden olduğu renk değişiminin 530 nm'de ölçülmesine dayanır. Ölçümler bir mikropilaka spektrofotometrede yapılmıştır. Standart konsantrasyon 10 µmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eşdeğeri/L olarak ve sonuçlar µmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eşdeğeri/L olarak ifade edilmiştir (Erdem et al., 2021). Her deney 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

#### **4.3.5 Proteaz enzim aktivitesinin analizi**

Tris tamponundaki bağırsak ekstraktının toplam proteaz aktivitesi, substrat olarak azokazein kullanılarak belirlenmiştir. Bağırsak özütü (50 µl), 50 µl % 0,6 (w/v) azokazein içeren 300 µl 0.1 M sodyum fosfat pH 7.5 ile karıştırılıp, karışıma 100 µl %0.1 (v/v) Triton X-100 eklenerek 37°C'de 3 saat inkübe edilmiştir. Reaksiyon, 200 µl % 10 (v/v) trikloroasetik asitin eklenmesi ve 4°C'de 30 dakika süreyle inkübe edilmesiyle durdurulmuştur. Sonrasında 9000 gr'de 10 dakika santrifüj gerçekleştirilmiş ve süpernatantın 366 nm'de absorbanası Thermo Scientific Multiskan GO marka spektrofotometre kullanılarak belirlenmiştir. Hesaplama bir birim proteaz aktivitesi, absorbansta 0.01'lik bir artış sağlayan enzim miktarı olarak yapılmıştır (Napoleão et al., 2013). Her deney 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

#### **4.3.6 Tripsin benzeri enzim aktivitesinin analizi**

Tris tamponunda bağırsak özütünde tripsin aktivitesinin varlığı, sentetik substrat BApNA kullanılarak 96 kuyucuklu mikropilakalarda belirlenmiştir. Bağırsak özütü (30 µl), Tris

tamponu (55 µl) içinde hazırlanmış 8 mM BApNA (15 µl) ile (30 dakika, 37°C) inkübe edilmiştir. Enzim aktivitesi, bir mikropilaka okuyucu kullanılarak 405 nm'de absorbans ölçümü ile değerlendirilmiştir. Bir ünite tripsin benzeri aktivite, belirlenmiş koşullar altında dakikada 1 mmol BApNA'yı hidrolize eden enzim miktarı olarak tanımlanmıştır (Napoleão et al., 2013). Her deney 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

#### **4.3.7 Asit fosfataz ve alkalın fosfataz enzim aktivitelerinin analizi**

Sodyum fosfat tamponu (50 µl) içindeki bağırsak özütü, 450 µl 0.05 M sodyum asetat tamponu pH 4.0 (asit fosfataz aktivitesinin belirlenmesi için) veya 0.05 M Tris-HCl pH 8.0 (alkalin fosfataz aktivitesi için) ile karıştırılmıştır. Sonrasında karışımlara asetat veya Tris tamponu içinde hazırlanan 500 µl 12.5 mM p-nitrofenil fosfat eklenmiş ve su banyosunda 37°C de 15 dk inkübasyondan sonra 100 µL 0,5 M sodyum hidroksit eklenerek enzim reaksiyonu durdurulmuştur. Santrifüj (4000 gr; 5 dk) yapılmıştır. Süpernatantların 410 nm'deki absorbansı spektrofotometrede kaydedilmiştir. Substratın hidrolizi ile salınan p-nitrofenol (pNP) miktarı, standart eğri kullanılarak belirlenmiştir; burada Y 410 nm'de absorbans ve X mg/mL cinsinden pNP konsantrasyonudur. Bir birim asit veya alkalın fosfataz aktivitesi, dakikada 1 mmol p-nitrofenol üretmek için gereken enzim miktarı olarak tanımlanmıştır (Napoleão et al., 2013). Her deney 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

#### **4.3.8 Ekzoglukanaz ve endoglukanaz enzim aktivitelerinin analizi**

Asetat tamponu içinde bulunan bağırsak özütü (100 µl), 400 µl 0.15 M NaCl içeren sodyum asetat pH 5.5 tamponu içinde hazırlanmış % 1 (w/v) karboksimetilselüloz (endoglukanaz aktivitesi için) veya % 1 (w/v) sodyum hidroksit (ekzoglukanaz aktivitesi için) solüsyonları ile 50°C'de 10 dk inkübasyon yapılmıştır. İnkübasyondan sonra reaksiyonu durdurmak için 500 µl DNS eklenerek karışımlar 6 dakika (100°C) ısıtılıp hemen buz üzerinde soğutulmuştur (15 dakika). Absorbans spektrofotometrede 540 ölçülmüştür. İndirgeyici şekerlerin miktarı, standart olarak glikoz kullanılarak belirlenmiştir (Y, 540 nm'de absorbans; X mg/ mL cinsinden glikoz konsantrasyonudur). Bir birim enzim aktivitesi, dakikada 1 mmol glikoz üretmek için gereken enzim miktarı olarak tanımlanmıştır (Napoleão et al., 2013). Her deney 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

#### **4.3.9 $\beta$ -glukosidaz enzim aktivitesinin analizi**

Asetat tamponu (50  $\mu$ l) içindeki bağırsak özütü, 0.15 M NaCl içeren 400 mL sodyum asetat pH 5.5 tamponu içinde hazırlanmış % 0.1 (w/v) p-nitrofenil- $\beta$ -D-glukopiranozit çözeltisi ile inkübe edilmiştir (50°C; 10 dakika). İnkübasyondan sonra, reaksiyonu durdurmak için 500  $\mu$ l % 10 (w/v) sodyum bikarbonat eklenerek her reaksiyonun 200  $\mu$ l'lik alikotlarının absorbanı 410 nm'de bir mikropilaya okuyucu kullanılarak ölçülmüştür. Substratın hidrolizi ile salınan pNP miktarı, standart eğri kullanılarak belirlenmiştir. Bir birim aktivite, dakikada 1 mmol pNP üretmek için gereken enzim miktarı olarak tanımlanmıştır (Napoleão et al., 2013). Her deney 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

#### **4.3.10 $\alpha$ -amilaz enzim aktivitesinin analizi**

Asetat tamponu (100  $\mu$ l) içindeki bağırsak özütü, 0.02 M CaCl<sub>2</sub> ve 0.15 M NaCl içeren 400  $\mu$ l 0.1 M sodyum asetat pH 5.5 tamponu içinde % 1 (w/v) nişasta çözeltisi ile 10 dakika boyunca 50°C'de inkübe edilmiştir. 500  $\mu$ L DNS eklenerek reaksiyon durdurulmuş ve sonrasında numuneler 100 °C'de kaynar suda 6 dakika ısıtılıp hemen buz üzerinde 15 dakika soğutulmuştur. Absorbans, spektrofotometre kullanılarak 540 nm'de ölçülmüştür ve indirgeyici şekerlerin miktarı, glikoz ve DNS arasındaki reaksiyonun standart eğrisi kullanılarak hesaplanmıştır. Bir birim  $\alpha$ -amilaz aktivitesi, dakikada 1 mmol glikoz üretmek için gereken enzim miktarı olarak tanımlanmıştır (Napoleão et al., 2013). Her deney 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

#### **4.3.11 Taramalı elektron mikroskopu (sem) görüntü eldesi**

Dikkatlice diseksiyonu yapılan böceklerden anten, baş ve aedeagus parçaları ayrılmıştır. Görüntüler ölçüm yapılacak şekilde küçültüldükten sonra bir karbon bant üzerinde Quorum marka Au/Pd kaplama cihazına konularak daha iletken bir yüzey elde etmek amacıyla altın kaplama yapılarak 45 saniye tutulmuştur. Kaplama işleminin tamamlanmasının ardından görüntü alınması için numuneler elektron mikroskopunun örnek yükleme kısmına yüklenerek vakum altında görüntüler elde edilmiştir. Görüntüleme işlemi Balıkesir Üniversitesi Merkez laboratuvarındaki JEOL NeoScope marka, JMC-5000 model SEM cihazında alınmıştır.

#### 4.3.12 Ergin *Tropinota (Epicometis) hirta*'da vücut mutlak formal indeks (i.f.a) hesaplanması

Toplanan böceklerden 100 adet dişi ve 100 adet erkek birey etil alkol ile öldürüldükten sonra vücut ölçümleri yapılmıştır. Dişi ve erkek bireyler için Dutto (2007) kullanımı referans alınarak vücut mutlak formal indeks (i.f.a.) değerleri hesaplanmıştır. L=Böceğin pronotum anteriorundan elitra bitimine kadar toplam uzunluk (baş uzantısı farklılık gösterebileceğinden bu şekilde alınmıştır), l.e=elitranın enine max. genişliği, Lp=orta hat boyunca pronotum uzunluğu, l.p= pronotum enine max. genişliği (Dutto, 2007).

$$i.f.a. = \left(\frac{L}{l.e}\right) \times \left(\frac{Lp}{l.p}\right) \quad (4.2)$$

#### 4.3.13 İstatistiksel analiz

Çalışmalar boyunca her deney grubunda 12 birey olmak üzere bir deney seti (her sette 14 deney grubu bulunmaktadır) için toplam 168 birey kullanılmıştır. Tüm deneyler 3 biyolojik tekrarlı yapılarak toplamda 1008 adet birey kullanılmıştır. Standart hata değerleri ve ölüm oranları/yaşayanların oranları için istatistiksel analizler, IBM SPSS statistics 20 programından tek yönlü ANOVA testi ile hesaplanmıştır. Varyanslar arası homojenliğin kontrolü Levene testi ile yapılmıştır. Ölüm oranları, total oksidan seviyesinin ve sindirim enzim aktivitelerinin belirlenmesinde tek yönlü ANOVA ve Dunnett's post-hoc testleri uygulanmıştır. P < 0.05 değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. LD<sub>50</sub> değerleri ise probit analizi (IBM SPSS statistics 20) ile belirlenmiştir. Enzim ünitesi, 1 mL enzim çözeltisi için 1 dakikada absorbansta 0.001'lik değişim olarak tanımlanmıştır.

Bu çalışmada uygulanan deneysel tasarımda düşük (50-150 mg/g) ve yüksek (200-300 mg/g) dozlara ait deney sonuçları, aşağıda belirtilen sebeplerden dolayı ayrı olarak değerlendirilmiştir. Bunlar;

1) Çalışma, canlı böcekler üzerinde gerçekleştirilmiş olup tamamen *in vivo* koşullarda yürütülmüştür. Bu durum, çevresel ve bireysel değişkenlerin sonuçlar üzerindeki etkisini artırabilmektedir.

2) Düşük doz gruplarında dişi/erkek sayısına ilişkin bir kısıtlama olmamasına (çoğunlukla dişi bireyler kullanılmış) rağmen, yüksek doz gruplarında dişi ve erkek bireylerin sayısı eşit tutulmuştur. Bu durum, biyolojik yanıtların cinsiyet temelli farklılık gösterebileceği olasılığı nedeniyle dikkate alınmıştır.

3) Dişi ve erkek bireylerin toplandığı aylar, çalışmanın yürütüldüğü iki yıl (2023 ve 2024) boyunca değişkenlik göstermiştir. Bu değişkenlik, dönemsel sıcaklık ve iklim koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanmıştır ve deney sonuçlarına etki edebilecek potansiyel bir faktör olarak değerlendirilmiştir.

4) Enzim deneyleri hassas ölçümler gerektirmektedir. Spektrofotometrede gerçekleştirilen enzim aktivitelerinin ölçümleri her 1 dk'da farklılık göstermektedir.

5) Deneylerde iki farklı *Phaseolus vulgaris* lektini kullanılmış ve bunların içerisindeki protein miktarında farklılık bulunmaktadır. Bu durum doz etkinliğini etkileyebilmektedir.

6) TOS analizlerinde iki farklı markaya ait ticari analiz kiti kullanılmıştır. Kitler arasındaki metodolojik ve duyarlılık farklılıkları, ölçüm sonuçlarını etkileyebileceğinden dolayı deney grupları ayrı değerlendirilmiştir.

Son sonuçlarda her iki deney serisinde sindirim enzimlerinin ve tos sonuçlarının kendi grubundaki negatif kontrol grubuna göre inhibisyonu yüzdelik (%) olarak hesaplanıp tek bir tablo ile gösterilmiştir.

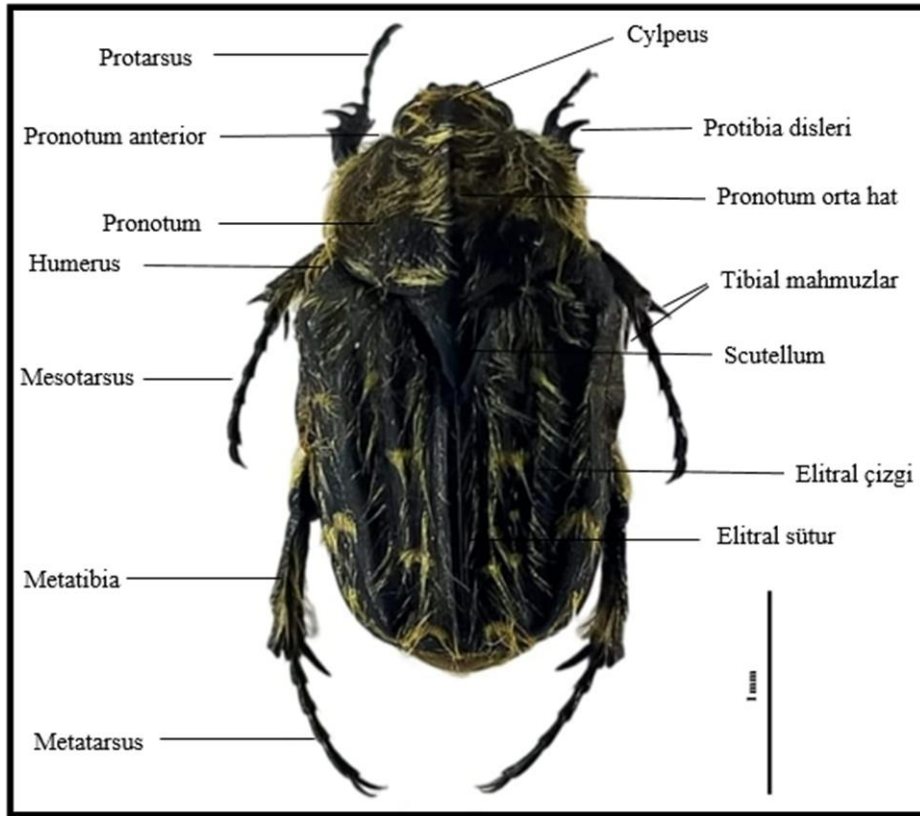
## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 5.1 *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) ile İlgili Morfolojik Bulgular

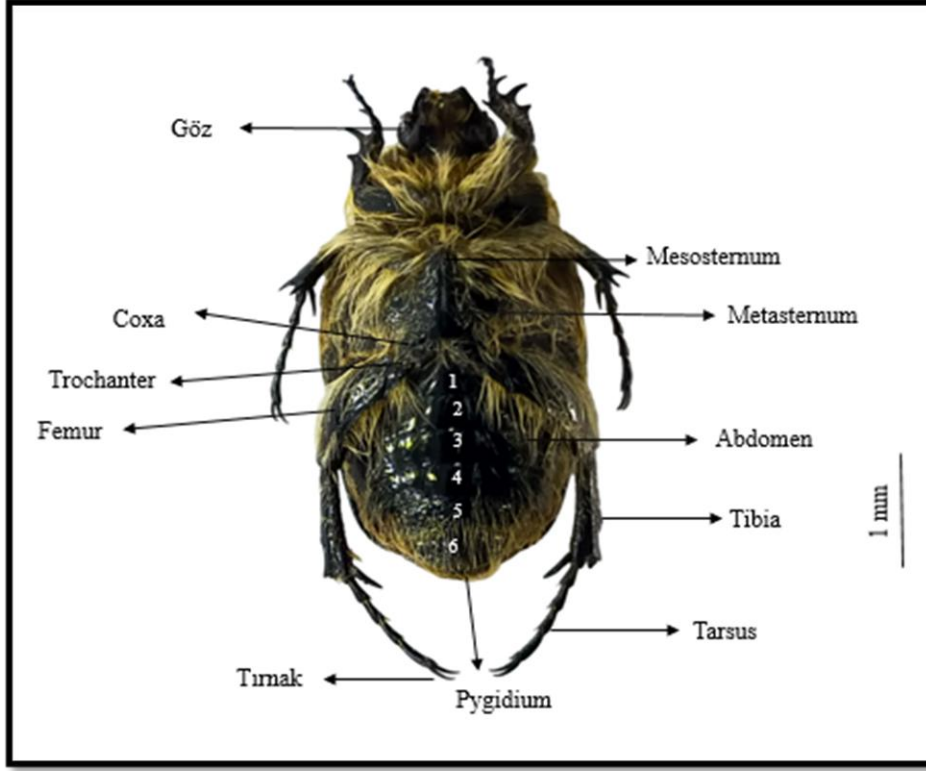
#### 5.1.1 Ergin morfolojisi

Vücutlarının geneli sarımsı ve kremi tüylerle yoğun şekilde kaplıdır (Şekil 5.1 ve 5.2). Elitra üzerindeki noktalanmalar birbirine simetrik ve sayıları her bir elitra için 5-7 arasında değişkenlik göstermektedir (n=100). Genel olarak benekler sarımsı ve beyaz renkte görünür. Çoğu böceğin vücutlarının dorsal kısmı mat siyah, ventral kısım ise daha parlak siyahtır.

Ergin böceklerde vücut uzunluğu (pronotum anteriorundan elitra bitimine kadar) dişilerde 8-11 mm arası, erkek bireylerde ise 9-11 mm arası değişmektedir (n=100). Küçük ve orta boylu böceklerdir. Vücut mutlak formal indeks (i.f.a.) değerleri; erkeklerde i.f.a.= 1.2, dişilerde ise i.f.a.=1.26'dır (n=100).

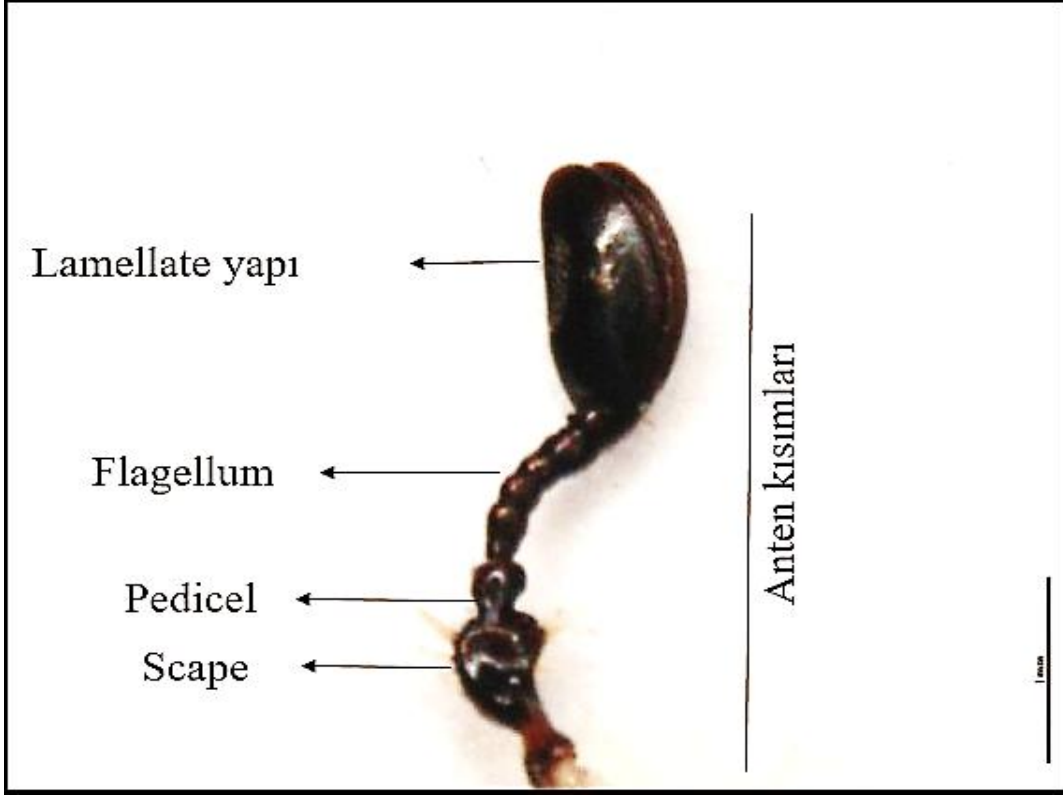


Şekil 5.1: *Tropinota (Epicometis) hirta* dorsal görünüm (ölçek: 1 mm)



**Şekil 5.2:** *Tropinota (Epicometis) hirta* ventral görünüm (ölçek: 1 mm)

Anten 10 segmentlidir ve son 3 segment lamellate yapıyı oluşturur (Şekil 5.3, 5.4). Dişi ve erkek bireylerde ayırt edilmeksizin anten 2.5-3 mm, anten topuzu 1 mm uzunluğundadır (Şekil 5.4) (n=100).

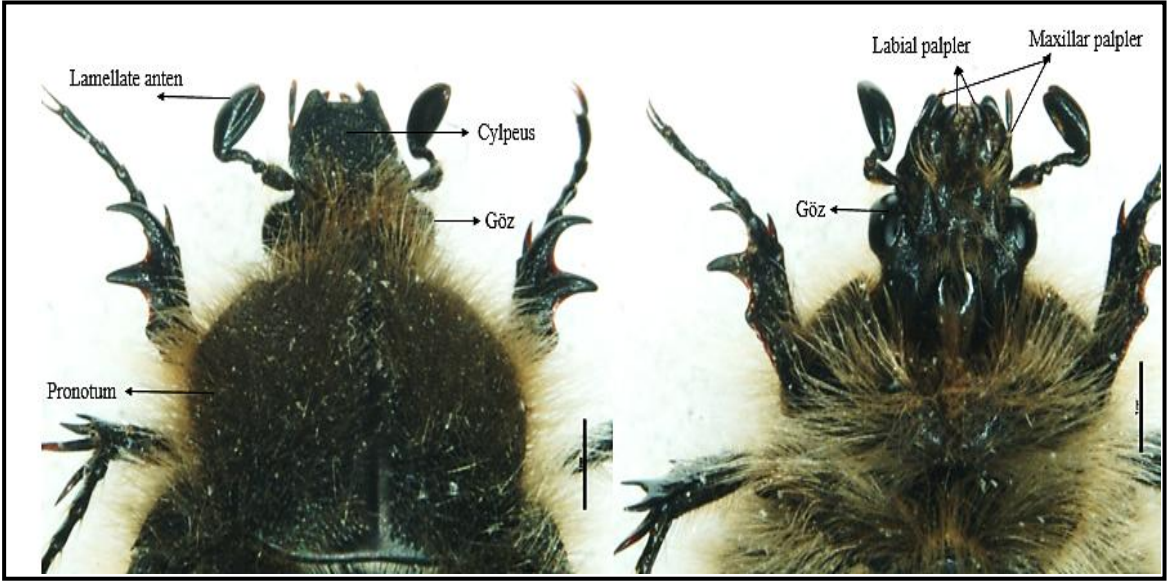


Şekil 5.3: Erkek *Tropinota (Epicometis) hirta* lamellate anten yapısı (ölçek: 1 mm)

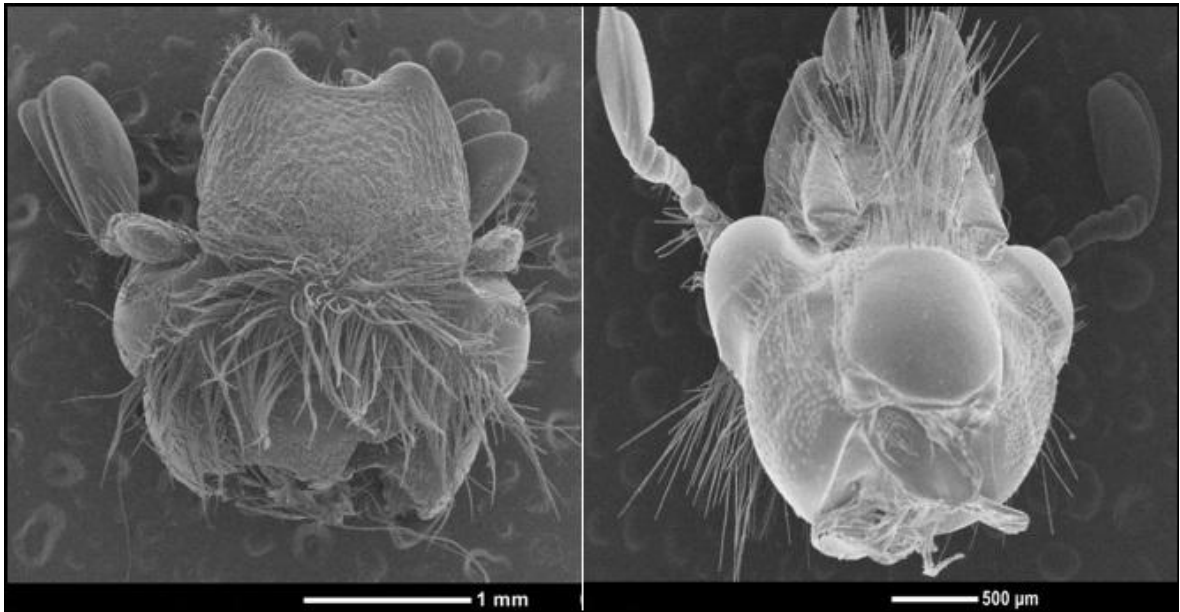


Şekil 5.4: Dişi *Tropinota (Epicometis) hirta* lamellate tip anten (elektron mikroskop görüntüsü)

Baş tipi hipognat görünümde, tek parçalı mandibula, 3 segmentli maxillar palpler ve diğer parçalara oranla küçük bir labruma sahiptir (Şekil 5.5, 5.6). Clypeus, ağız parçalarını kapatır. Yandan uç kısımları küt dişli, iki diş arası mesafe 1 mm (Şekil 5.6) (n=100)'dir.



**Şekil 5.5:** *Tropinota (Epicometis) hirta*, baş dorsal ve ventral görünüm (ölçek: 1 mm)



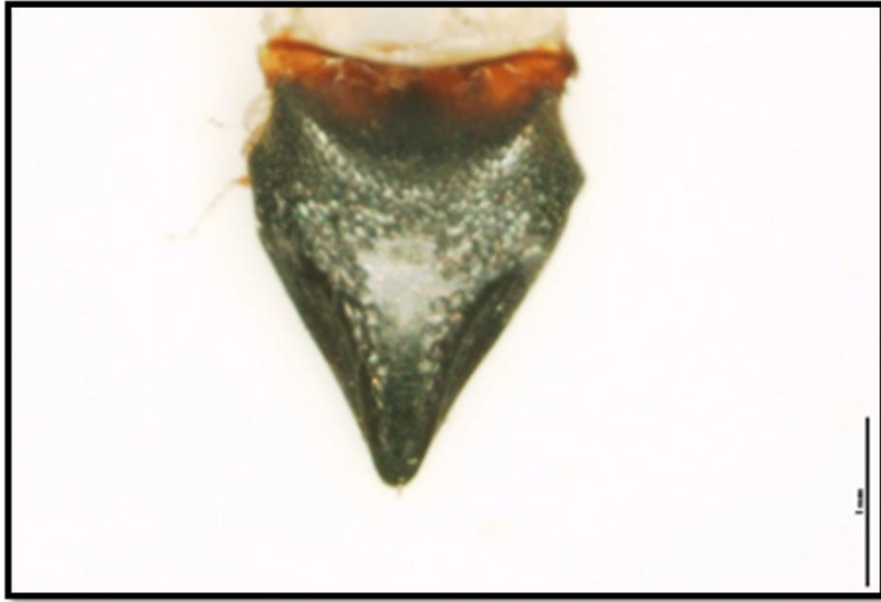
**Şekil 5.6:** *Tropinota (Epicometis) hirta*, baş kısımları (elektron mikroskop görüntüsü)

Pronotumun anterior kısmı düz kenarlardan hafif çıkıntılı, orta kısmı bombeli, kenarlar ince ve arka kısım yuvarlatılmış dörtgen görünümündedir (Şekil 5.7). Scutellum ve pronotumun tabanı düz görünür. Üzerinde küçük çukurcuklar, yoğun ve sık tüylenme gözlenir. Pronotumun ortasında belirgin şekilde yükseltilmiş uzunlamasına bir orta hat bulunur. Pronotumun boyu 3.8-5 mm, eni 4-6 mm'dir. Pronotumun eni boyundan daha uzundur (dişi: 1.17 katı, erkek: 1.3 katı, n=50).



**Şekil 5.7:** *Tropinota (Epiometis) hirta*, pronotum ve scutellum görünümü (ölçek: 1 mm)

Scutellum parlak görünümde, üzerinde tüylenme ve beyaz benekler yoktur. Saç görümlü tüyleri pronotumun posterior kısmında uzun şekilde belirgindir (Şekil 5.8). Genel olarak eni 2 mm, boyu ise 3 mm'dir (n=50). *Tropinota* cinsine dahil türlerin ayırt edici özelliklerinden olan scutellum üzerindeki noktalar *T. hirta*'da ikizkenar üçgen görünümünde konumlanarak scutellumun uç kısmına kadar inmektedir.



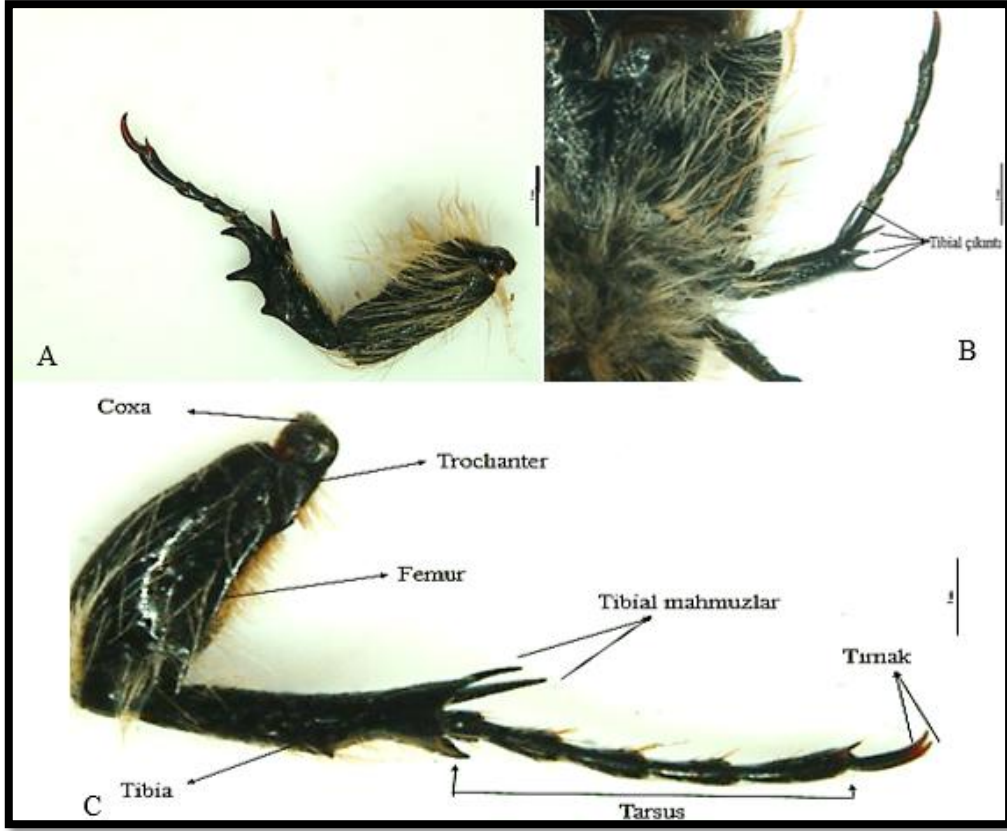
**Şekil 5.8:** *Tropinota (Epicometis) hirta*, uç kısma kadar noktalı scutellum (ölçek: 1 mm)

Kanat, yarı saydam, membranöz, arka kanatlar bu oyuğun altına gerilmiştir (Şekil 5.9). Uçuş sırasında elitra kapalı kalır. Kanat uzunluğu erkek ve dişilerde ortalama 13 mm'dir (n=50).



**Şekil 5.9:** *Tropinota (Epicometis) hirta*, arka kanat (ölçek: 1 mm)

Bacaklar tipik böcek bacağı formundadır; coxa, trochanter, femur, tibia ve tarsus'tan oluşur (Şekil 5.10). Tüm vücut kısımları gibi bacaklarda da yoğun tüyler bulunur. Tüm bacakların tarsusu 5 segmentlidir ve 1 çift hafif kıvrımlı tırnak bulunur. Protibia'nın dış yan kısmında 3 diş ve iç kısmında bir tane diken görünümünde toplam 4 çıkıntı; mesotibiada 4, metatibiada 3 çıkıntı görülür. Dişi bireylerde protibia: 7 mm, mesotibia: 10 mm, metatibia: 11 mm (n=20), Erkek bireylerde ise protibia: 8 mm, mesotibia: 10 mm ve metatibia: 11.5 mm uzunluğundadır (n=20).



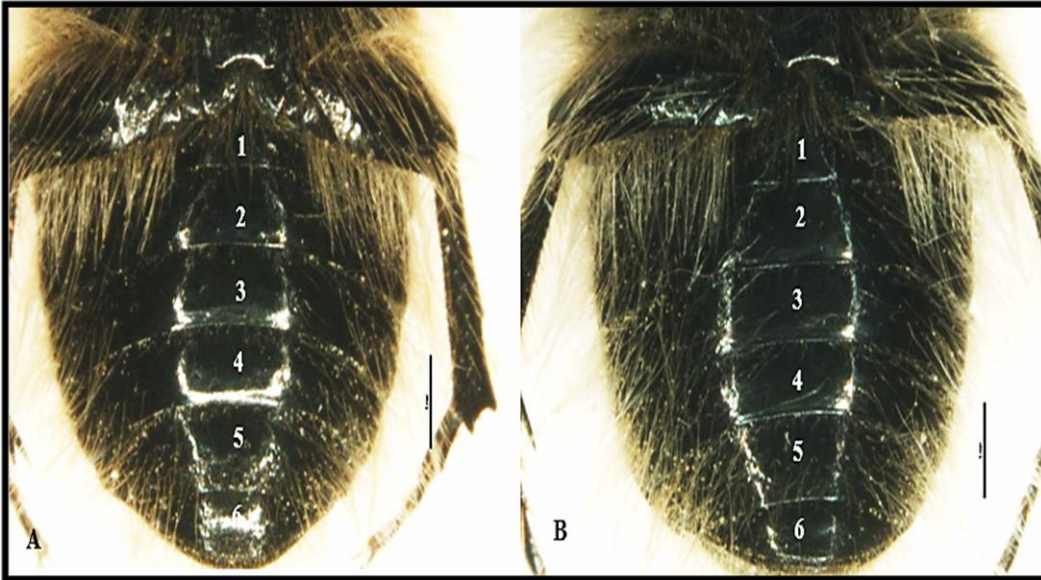
**Şekil 5.10:** *Tropinota (Epicometis) hirta*, erkek birey a) ön bacak, b) orta bacak, c) arka bacak yapıları (ölçek: 1 mm)

Elitra, geniş bir omuz ve pronotumdan büyük görünümündedir. Üzerinde çift sıralı 5 adet elitral çizgi bulunur (Şekil 5.11). Genelinde dorsalden bakılınca son abdomen segment görünür. Ventral görünümde 6 segment belirgindir. Dış kenarı omuzdan başlayarak içeri doğru girintili, elitra uçları yuvarlak kavislidir. Elitra üzerinde sarımsı ve beyaz noktalar düzensiz sayı ve şekillerde bulunur. Böceklerin elitra boyu 8 mm, eni (iki humerus arası mesafe) ise 6-7 mm uzunluğundadır (n=50).



**Şekil 5.11:** *Tropinota (Epicometis) hirta*, erkek elitra dorsal görünüm (ölçek: 1 mm)

Abdomen tüylü yapıda, orta kısmı hafif iç bükey, görünür 6 segmente sahiptir. Üst kısımdaki mat yapıya göre abdomen kısmı parlak siyah renktedir. Erkek bireylerde son abdomen segmenti sivri görünüm oluşturur (Şekil 5.12).



**Şekil 5.12:** *Tropinota (Epicometis) hirta*, a) dişi abdomen, b) erkek abdomen (ölçek: 1 mm)

*Tropinota* cinsine ait türlerin birbirine olan benzerliği sebebiyle aedeagus, tür ayrımında önemli ayırt edici farklılıklar taşımaktadır. Ortalama 3.3-4 mm arasında uzunluğa sahip, ortası kavisli, uç kısmı uzun birbirine doğrusal paramerler bulunur (Şekil 5.13 ve 5.14).



**Şekil 5.13:** *Tropinota (Epicometis) hirta*, paramerler a) dorsal görünüm, b) lateral görünüm tegmen (ölçek: 1 mm)



**Şekil 5.14:** *Tropinota (Epicometis) hirta*, lateral görünümde aedeagus (elektron mikroskop görüntüsü)

## 5.2 *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761)'da Bitki Lektinlerinin Entomotoksik Bulguları

### 5.2.1 Ölüm oranları

Deneyisel çalışmalarda ölüm sayıları ve hayatta kalma oranlarının karşılaştırılması, farklı tedavilerin ve bunların denekler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Tedaviye yanıt olarak ölen bireylerin hesaplanması gerekmektedir (Nohrman, 1953). Bu çalışma ile kullanılan lektinlerin hangi dozlarda böceklerin ölümüne neden olabileceğinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre lektinlerin biyopestisit olarak kullanımına yönelik ön verilerin oluşturulması amaçlanmıştır. Her iki bağımsız deneyi birleştirerek tayin edilen ölüm oranları Tablo 5.1'de verilmiştir.

**Tablo 5.1:** Lektin ve böcek ilacı içeren diyetlerle 7 günlük besleme sonucu *Tropinota (Epicometis) hirta* yetiştirkinlerinin ölüm oranları

Lektin konsantrasyonları (mg/g)	7. günün sonunda ölüm oranı (%)	P değeri
NK	0	
TV50	8.7 ± 2.9	1.000
TV100	13.4 ± 7.6	.994
TV150	32.4 ± 12.4	.232
TV200	47.8±7.8*	.015
TV250	51.1±10.6*	.008
TV300	60.6±16.4*	.001
PA50	0.0 ± 0.0	1.000
PA100	12.9 ± 8.4	.997
PA150	21.0 ± 12.4	.789
PA200	52.2±6.1*	.006
PA250	61.1±5.6*	.001
PA300	79.4±2.4*	.000
PV50	1.7 ± 1.7	1.000
PV100	8.7 ± 2.9	1.000
PV150	34.6 ± 11.4	.167
PV200	65.0±12.3*	.000
PV250	57.8±13.1*	.002
PV300	67.2±17.2*	.000
WF50	8.7 ± 2.9	1.000
WF100	21.2 ± 4.0	.777
WF150	39.6 ± 9.1	.074
WF200	51.1±10.6*	.008
WF250	66.7±17.4*	.000
WF300	77.7±12.1*	.000
PK	100 ± 0*	.000

NK: Negatif kontrol, TV: *Triticum vulgare*, PA: *Phytolacca americana*, PV: *Phaseolus vulgaris*, WF: *Wisteria floribunda* ve PK: Pozitif kontrol. \* tek yönlü ANOVA ve Dunnett's post-hoc testlerine göre anlamlı değerler (P<0,05).

Bitki lektinlerinin böceklere karşı toksik etkileri, biyopestisit olarak kullanılabilir kontrol proteinleri olduklarını göstermektedir (Mantzoukas et al., 2020). Farklı böcek takımlarına (Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, termit, arı ve Neuropteralara) karşı kullanılan

lektinlerin yumurta bırakma sayısını azaltması, beslenmeyi caydırıcı etkiye sahip olması, sindirim sistemindeki enzim faaliyetlerini engellemesi veya uyarması ve ölümlere neden olması, lektinlerin zararlılarla mücadeledeki potansiyelini ortaya koymaktadır (Powell, 2001; Carlini and Grossi-De-Sá, 2002; Jaber et al., 2010; Napoleão et al., 2013; Mishra et al., 2019).

Çalışmanın bulgularına göre sadece su ve çiçek ile hazırlanan mama verilen negatif kontrol grubunda herhangi bir böcek ölümü kaydedilmemiştir. Pozitif kontrole verilen delthametrin etken madde içeren Bayer SC50 (Deltametrin) kimyasal insektisiti ise bütün böceklerin ölümüne yol açmıştır. Tüm çalışmaların bulgularına göre, lektin eklenen mama ile beslenen böceklerde artan lektin dozları ile ölüm oranı artışında paralellik olduğu tespit edilmiştir ( $P < 0.05$ ) (Tablo 5.1). TV300, PA300, PV300 ve WF300 diyetiyle beslenen böceklerde ölüm oranları sırasıyla % 60.6, % 79.4, % 67.2 ve % 77.7 olmuştur (Tablo 5.1). Bu sonuçların negatif kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan PA50 dozu böcekleri öldürmede etkisiz kalırken PV50 dozu ise önemsiz sayılabilecek seviyede (% 1.7) öldürücü etki göstermiştir.

Böcekler uygulanan ilaçlara karşı böceklerde gözlenen tepkilere göre uygun öldürücü ilaç dozunun ve doza bağlı hangi ilacın daha etkili olduğunun belirlenmesi kontrol stratejilerinde önemlidir (Veznikli, 2019). Bu çalışmadaki deneylerin 7. gününden sonra negatif kontrol grubunda doğal ölüm yaşanmamıştır. Uygulanan lektinlerin böceklerin % 50'sini öldürecek dozunun belirlenmesi için LD<sub>50</sub> değerleri probit analizi (IBM SPSS 20 Statistic) yöntemi ile hesaplanmıştır. Sonuçlara göre LD<sub>50</sub> değerleri *Wisteria floribunda* lektin: 188.09 mg/g, *Phaseolus vulgaris* lektin: 253.01 mg/g, *Phytolacca americana* lektin: 217.27 mg/g, *Triticum vulgare* lektin: 211.85 mg/g olarak belirlenmiştir. Bulgulara göre, çalışmada en düşük LD<sub>50</sub> değerine sahip olan *W. floribunda* lektin, en toksik etkiyi göstermiştir ve öldürücü etkisi *P. americana*'ya benzer seviyededir. *P. vulgaris* lektin ise bu böcek türünde en az toksik etki göstermiştir. Analiz sonucunda lektin dozlarının LD<sub>50</sub> değerleri ve % 95 güven aralıkları Tablo 5.2'de verilmiştir.

**Tablo 5.2:** Kullanılan lektinlerin LD<sub>50</sub> değerlerinin hesaplanmasına yönelik probit analizinin sonucu

Lektin <sup>a</sup>	LD <sub>50</sub> (mg/g)	%95 Güven Aralığı (mg/g)	P <sup>b</sup>	Eğim± Standart Hata	Ki-kare (χ <sup>2</sup> )	Serbestlik Derecesi (df)	Lineer R <sup>2</sup>
TV	211.85	161.69–324.47	.007	2.488±0.250	14.041	4	0.897
PA	217.27	203.01–234.18	.173	4.057±0.366	6.366	4	0.949
PV	253.01	228.76–287.41	.174	2.863±0.301	6.357	4	0.969
WF	188.09	171.08–208.39	.286	2.655±0.249	5.012	4	0.967

<sup>a</sup> TV: *Triticum vulgare*, PA: *Phytolacca americana*, PV: *Phaseolus vulgaris*, WF: *Wisteria floribunda*

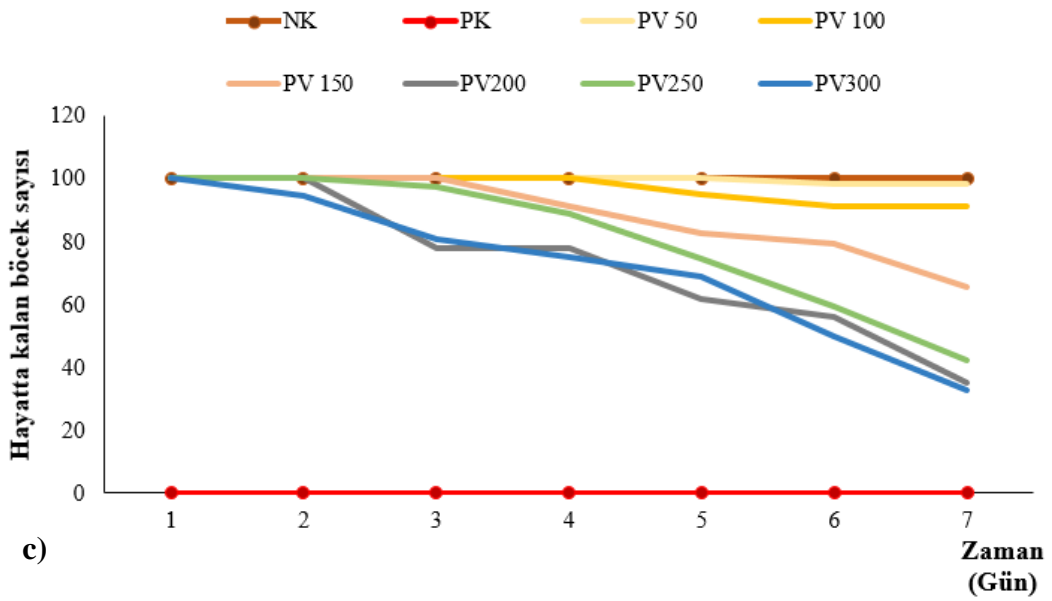
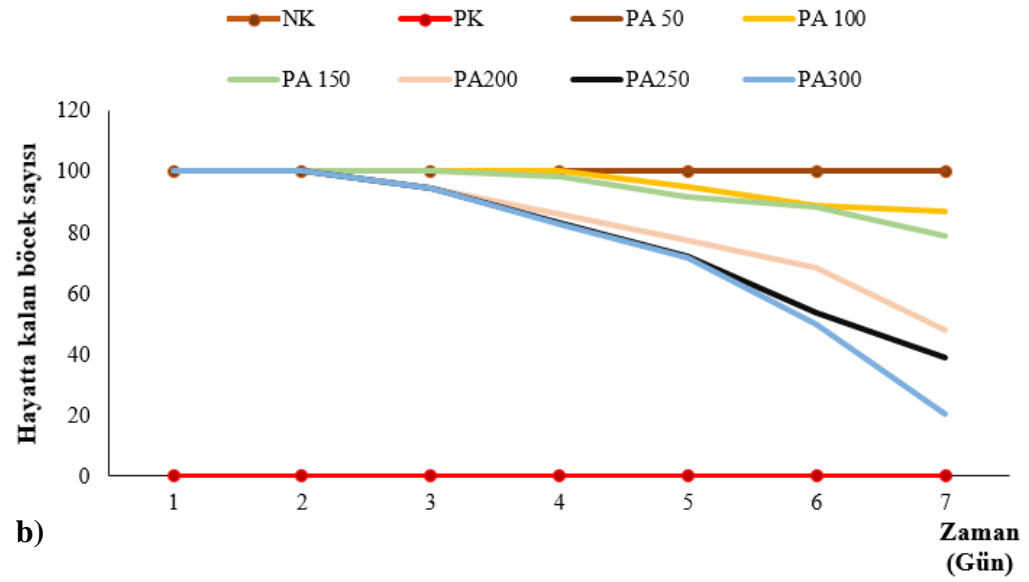
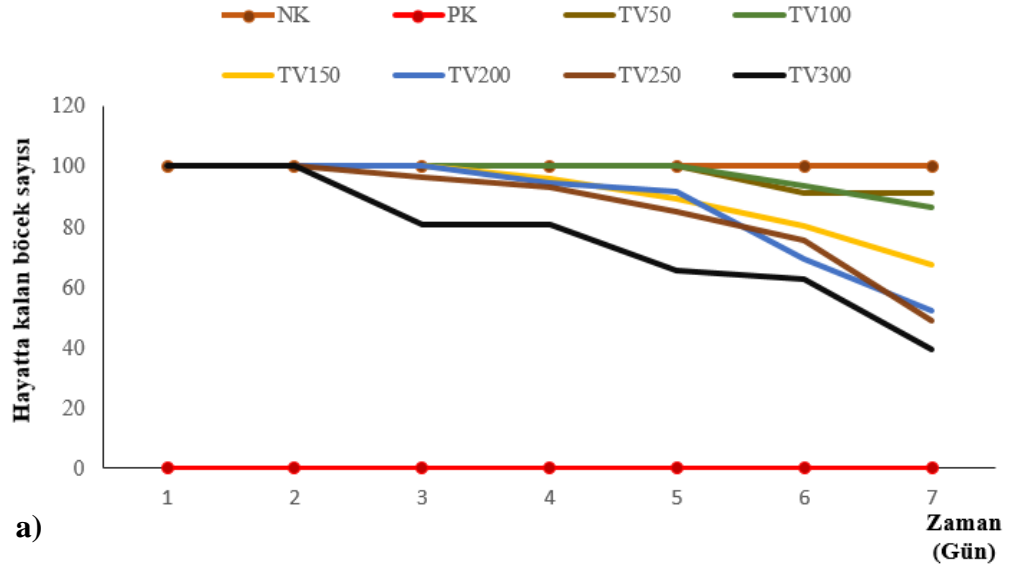
<sup>b</sup> Anlamlılık düzeyi (P) 0.150'nin üzerinde olan gruplarda güven aralığı hesaplamalarında heterojenlik faktörü kullanılmamıştır. Buna karşılık, P değeri 0.150'nin altında olan gruplarda ise güvenilir sonuçlar elde edebilmek amacıyla heterojenlik faktörü dikkate alınmıştır.

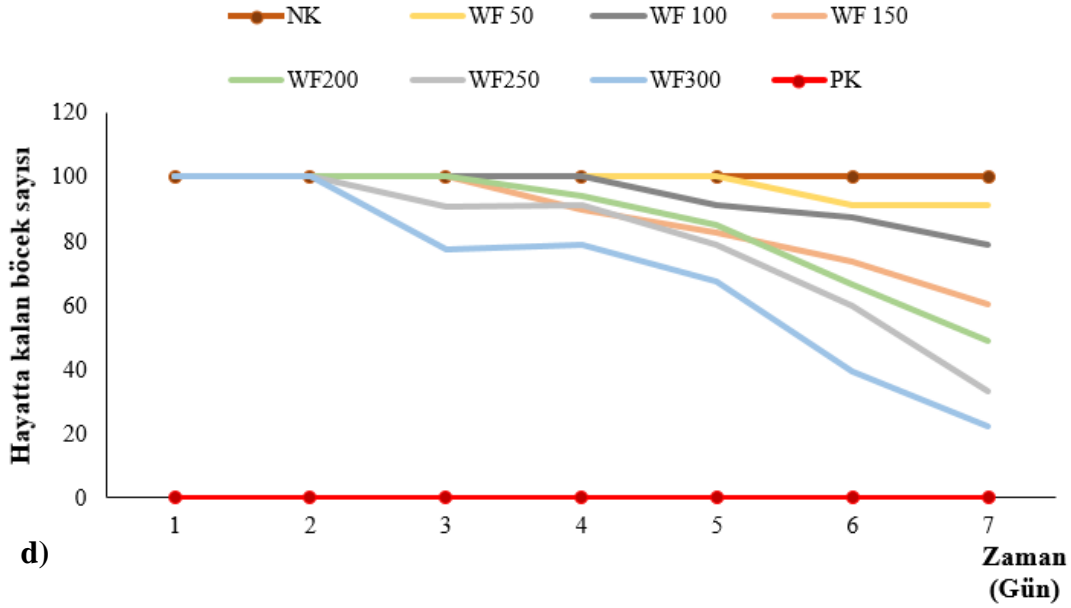
Çalışmada ayrı bir deney grubu oluşturularak 6 dişi ve 6 erkek bireyden oluşan 12 ergin böcek deney gruplarında kullanılan farklı bir plastik kaba bırakılmıştır. Bu gruptaki bireylere hiçbir besin maddesi ve su verilmeden, aynı nem ve sıcaklık koşullarında tutulmuştur. Çalışmanın amacı, böceklerin ölüm sebebinin açlık ya da lektin kaynaklı olup olmadığının belirlenmesidir. Bu gruptaki erginlerde 7. günün sonunda herhangi bir böcek ölümü kaydedilmemiştir. Hatta bu grupta ilk böcek ölümü 12. gün olmuştur. Son böceğin ölmesi ise 14. günün öğle saatlerinde kaydedilmiştir. Bu bulgu, çalışmamızda gözlemlenen böcek ölümlerinin sadece açlıktan değil, kullanılan lektinlerin toksik etkilerinden kaynaklandığını göstermektedir.

Bulgularımıza göre en öldürücü lektin dozu PA300, en düşük LD<sub>50</sub> değerine sahip lektin ise *Wisteria floribunda* olarak belirlenmiştir. *Triticum vulgare* lektini uygulanan ergin böceklerde, lektinin farklı dozlarında % 47.8 - % 60.6 arasında ölüm oranları tespit edilmiştir (Tablo 5.1 ). Literatürdeki diğer bulgulara göre, % 2'lik çözeltiye eklenen *T. vulgare* lektini *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Crambidae) larvaları üzerinde % 100 öldürücü etki göstermiştir. Ayrıca, *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber (Coleoptera: Chrysomelidae) larvalarına uygulanan *P. americana* lektini kontrol grubuna kıyasla böceklerin % 25'ini öldürmüştür (Czapla and Lang, 1990). Çalışmamızda ise bu lektinin PA200 dozundan itibaren öldürücü etki gösterdiği doz arttıkça bu etkinin de önemli oranda yükseldiği kaydedilmiştir (Tablo 5.1). *Phaseolus vulgaris* lektin dozlarında da yüksek öldürücülüğün PV200 dozu ile başladığı, daha düşük dozlarda öldürücü etkinin düşük seyrettiği ve doz artışının bu lektinde de ölümlerin artmasında etkili olduğu kaydedilmiştir

(Tablo 5.1). Çalışmamızdaki sonuç, *P. vulgaris*'in *Callosobruchus maculatus* larvalarının % 40'ını öldürebildiğini gösteren bulgularla da tutarlıdır (de Sá et al., 2014). *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) larvaları ile yapılan bir başka çalışmada, *P. vulgaris* PV25 dozunda % 40, PV100 dozunda ise % 86.7 oranında ölüme neden olmuştur (Mantzoukas et al., 2020). *Schinus terebinthifolius* L. yaprak lektini ile beslenen *S. zeamais* yetişkinlerinde ölüm oranı ise % 5 olarak raporlanmıştır (Camaroti et al., 2018). Murdock et al. (1990) çalışmasında, *C. maculatus*'a karşı en yüksek entomotoksik özelliğe sahip lektinin WGA olduğu ve doz artışına bağlı olarak böcek ölümlerini artırdığını bildirmiştir. Çalışmamızın bulgularında da buğday lektini kullanılan gruplarda doza bağlı hayatta kalmada azalma olduğu belirlenerek en yüksek dozda görülen ölüm % 60.6 oranında kaydedilmiştir (Tablo 5.1). Napoleão et al. (2013)'ün yaptığı çalışmada *Myracrodruon urundeuva* ekstraktının en yüksek dozlarının (100-150 mg/g) *Sitophilus zeamais* yetişkinlerinde öldürücü etkisi raporlanmıştır. Lektinlerin sadece gıda reddine neden olmadığı, aynı zamanda içerdikleri toksik maddelerin böceklerde ölümü tetiklediği bilinmektedir. Yüksek dozlarda verilen ekstraktlar ve lektinler hedef organizmanın sindirim ve emilim faaliyetlerinde deformasyona neden olmaktadır (Napoleão et al., 2013). Bu çalışma sonucuna ve literatürdeki diğer bulgulara göre; bitki kökenli pestisitlerin, uygulanan doğru doza bağlı olarak böceklerin ergin ve larva evrelerinde yüksek öldürücü potansiyele sahip olduğu raporlanmıştır.

7 günlük yapay diyetle beslenen böceklerin günlük hayatta kalan ve ölenleri sayılmıştır. Dışarıdan pens ile temasa tepki vermeyen ve hafif üflemeyle hareket etmeyen böcekler bir süre daha gözlenerek ölü sayılmıştır. Günlere göre hayatta kalan böcek sayısının grafiği Şekil 5.15 ile gösterilmiştir.





**Şekil 5.15:** Her lektin dozu kendi içerisindeki dozlarla ve NK, PK gruplarıyla grafikte gösterilmiştir. a) *Triticum vulgare* lektin, b) *Phytolacca americana* lektin, c) *Phaseolus vulgaris* lektin, d) *Wisteria floribunda* lektin

Şekil 5.15'te verilen sonuçlara göre günlük olarak takip edilen böceklerde, ilk böcek ölümünün PV300 dozunun 2. gününde, diğer lektinlerin en yüksek dozunda ise 3. gününde kaydedilmiştir. PV300 dozu 2. günde gruptaki böceklerin % 5.6'sının ölümüne neden olmuştur. Ölüm oranı her gün artarak devam etmiştir. 3. günde WF300 dozu böceklerin % 22.8'ini, PA300 dozu % 5.6'sını ve TV300 dozu % 19.4'ünü öldürmüştür. İlk böcek ölümüne PV300 dozu neden olsa da, en yüksek öldürücü etki 7. günün sonunda PA300 dozunda kaydedilmiştir (Şekil 5.15). *Phaseolus vulgaris*'in deneyin başlamasından 24 saat sonra yaprak biti ölümlerinde artışa neden olduğu bildirilmiştir (Sprawka, 2008). Yapılan diğer bir çalışmada, *P. vulgaris*'in en düşük dozda kullanılan lektinler arasında en erken böcek ölümüne neden olduğu kaydedilmiştir. Doz artırıldığında, aynı lektinin böceklerin çoğunu 2 gün içinde öldürdüğü bildirilmiştir (Habibi et al., 1993). Lektinlerin böcekleri öldürmedeki etkinliği, sindirim sisteminde erken yayılma yetenekleriyle ilişkili olabilir. Nitekim, bu çalışmanın sonuçları bu hipotezle tutarlıdır.

### 5.2.2 Bağırsak dokularında total oksidan (tos) analizi

Oksidatif stres, reaktif oksijen türlerinin (ROS) aşırı üretimi veya organizmanın ROS üretimi ile bunların ortadan kaldırılması arasındaki dengesizlik olarak tanımlanabilir. Oksidatif stres, bir organizmanın normal fonksiyonu için gerekli olan proteinlerin, lipidlerin ve nükleik

asitlerin bozulmasına neden olabilir (Plavšin et al., 2015). Bu çalışmada gözlemlenen TOS değerleri Tablo 5.3 ve Tablo 5.4'te verilmiştir.

**Tablo 5.3:** Bostonchem tos kiti (50-150 dozları) sonuçları (ANOVA)

Lektin dozu (mg/g)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> konsantrasyonu± hata (mmol/L)	P değeri
Negatif Kontrol	9.5±9.5	
TV50	41.76±7.4	.166
TV100	48.22±3.3	.066
TV150	50.16±2.1*	.049
PA50	37.01±8.1	.219
PA100	48.40±7.1*	.036
PA150	39.25±6.6	.158
PV50	36.72±7.4	.228
PV100	39.49±10.3	.223
PV150	44.72±6.2	.110
WF50	29.25±12.6	.562
WF100	34.21±10.7	.319
WF150	20.19±1.0	.985
Pozitif Kontrol <sub>Düşük</sub>	54.11±2.1*	.026

Tablo 5.3 ve 5.4'te verilen bulgulara göre insektisit içeren büyüme ortamı ile beslenen pozitif kontrol grubundaki böceklerin bağırsaklarında yüksek miktarda oksidan tespit edilmiştir. PK<sub>Yüksek</sub> dataları anlamlı olmasa da kimyasal insektisit oksidan miktarını artırdığı görülmektedir. Pestisitlerin, böcekler de dahil olmak üzere çok çeşitli hayvan türlerinde önemli oksidatif strese neden olduğu bilinmektedir (Chakrabarti et al., 2015). Bu nedenle negatif kontrolde oksidanların düşük, pozitif kontrolde ise en yüksek olması beklenen bir sonuçtur (Tablo 5.3 ve 5.4). Çalışmada kullanılan dozların çoğu oksidan miktarını artırırsa da istatistiksel olarak anlamlı olanlar TV150, TV300 ve PA100 lektin dozlarıdır. Bu dozların böceklerde oksidan miktarı artışına paralel olarak oksidatif stresi tetiklemiş olabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 5.4:** Rel Assay tos kiti (200-300 dozları) sonuçları (ANOVA)

Lektin dozu (mg/g)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> konsantrasyonu± hata (mmol/L)	P değeri
Negatif Kontrol	0.82±0.5	
TV200	6.10±1.6	.181
TV250	6.70±1.7	.107
TV300	7.51±2.9*	.049
PA200	4.80±0.2	.475
PA250	4.72±0.6	.630
PA300	5.49±1.7	.296
PV200	5.47±1.4	.300
PV250	6.51±2.2	.127
PV300	6.09±1.5	.183
WF200	4.94±1.0	.436
WF250	5.13±0.4	.383
WF300	4.92±1.4	.440
Pozitif Kontrol <sup>yüksek</sup>	5.65±2.2	.261

Deneyin bulgularına göre bu çalışmada kullanılan bitki lektinlerinden anlamlı verilerin sebep olduğu toksik etkiler, delthametrin etken maddesi içeren böcek ilacına benzer ve daha yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5.3 ve 5.4). Birçok fitofag böcek, bitki pestisitlerinden kaynaklanan oksidatif radikalleri azaltmak için detoksifikasyon enzimleri sergilemektedir. Yaprak bitleri üzerinde yapılan çalışmada kullanılan yaprak ekstraktı ve sentetik insektisitlerin birbirine benzer seviyelerde öldürücü etki gösterdiği ve hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ile malondialdehit birikimine neden olduğu rapor edilmiştir (Quandahor et al., 2022). *Myracrodruon urundeuva* lektininin termitlerin orta bağırsak epitelinde kontrole göre daha fazla peroksidaz lekelenmesine neden olduğu da bildirilmiştir. Kontrol grubunda daha az rastlanan bu lekelenmenin sebebi bitkiden alınan toksik bileşiklerin böceklerde reaktif oksijen türlerini artırmasının sonucunda antioksidan savunma sisteminin aktifleşmesine yol açması ve peroksidazın ekspresyonu sonucu oksidatif stresi tetiklemeinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Lima et al., 2016). Başka bir çalışmada *Sitophilus oryzae*'de kullanılan *Polygonum persicaria* lektin (PPA) 'nın toksik etkileri sindirim sistemi deformasyonu ve oksidatif stres gibi fizyolojik bozukluklara neden olmuştur (Khoobdel et al., 2022). Kinoa bitkisinin besin olarak verildiği *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae) larvalarında Tos değerleri kontrol grubuna göre yüksek oranlarda artmıştır. Ayrıca total antioksidan seviyesinde (Tas) de artış gözlenmiştir. Bu bulgu böcekte savunma sisteminin aktif hale geldiğini göstermektedir

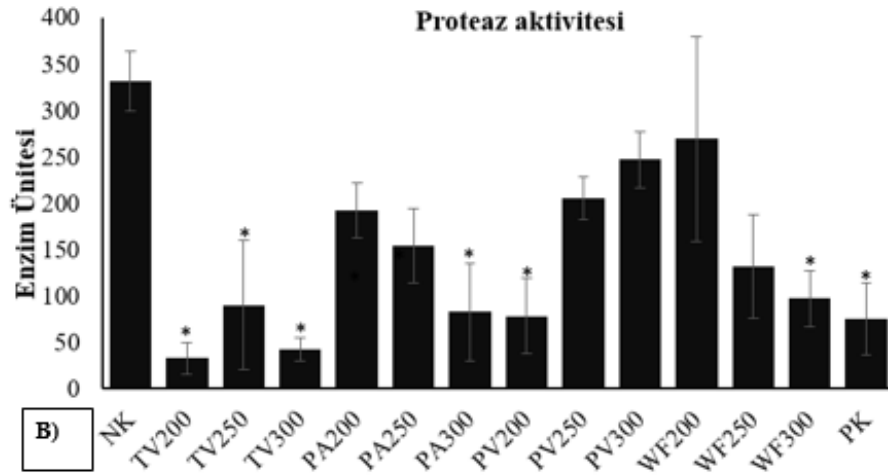
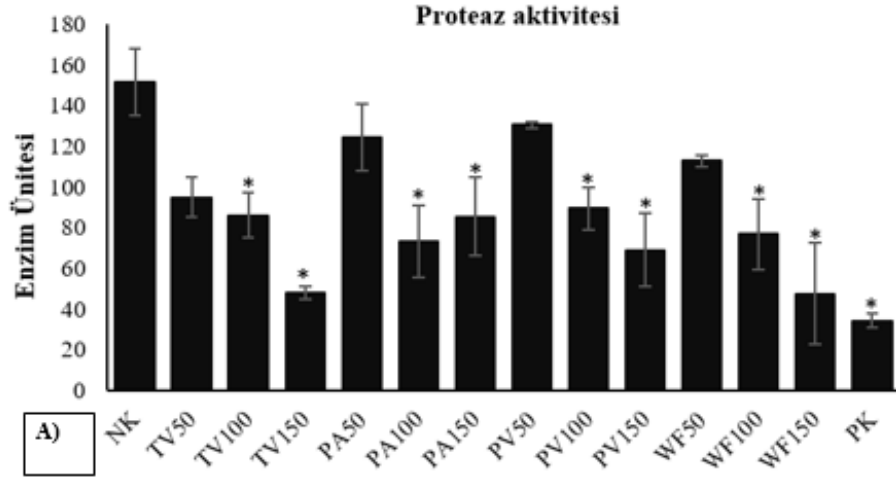
(Güneş, 2016). Bu çalışmanın ve literatürün bulguları, alınan besinlerdeki çeşitliliğin böceklerin normal beslenme şeklinde farklılaşmaya yol açtığını ve bu durumun oksidatif radikallerin artışını etkileyerek oksidatif stresin tetiklendiğini gösteren veriler sunmaktadır (Krishnan and Sehnal, 2006).

### **5.2.3 Sindirim enzim aktivitelerinin analizi**

Zararlı böceklerin kontrolünde kullanılan doğal bileşiklerin birçoğunun sindirim enzimlerini etkilediği bilinen bir gerçektir (Senthil-Nathan et al., 2006). Bu bileşiklerden biri, bir veya daha fazla karbonhidrat bağlama bölgesi içeren küresel protein alt birimlerine sahip olan lektin glikoproteinleridir. Moleküler yapıları nedeniyle tüketildiklerinde sık maruziyet sindirim sisteminde başlar, çünkü ısı denatürasyonuna ve proteolitik sindirime karşı nispeten dayanıklıdır (Muramoto, 2017). Geleneksel kimyasal böcek ilaçlarına kıyasla ekonomik ve çevresel avantajları göz önüne alındığında, sindirim enzimi inhibitörleri gibi yeni kontrol yöntemlerine ihtiyaç duyulduğu açıktır (Mehrabadi et al., 2012). Bu nedenle, bu çalışmada farklı bitki lektinlerinin sindirim enzimleri üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

#### **5.2.3.1 Proteaz enzim aktivitesinin analizi**

Proteinlerin proteazlar tarafından parçalanmasıyla açığa çıkan amino asitler, böceklerin büyüme, gelişme ve enerji ihtiyaçlarının karşılanması gibi hayati faaliyetlerinde kullanılmaktadır (Gholamzadeh Chitgar et al., 2013). Bu sebeple ilk deney seti ile amaçladığımız, bitki lektinlerinin böceklere karşı öldürücü etkisinin tespit edilmesi dışında daha az dozlarda kullanılan lektinlerin böceklerin sindirim sisteminde oluşturabileceği inhibisyon ya da uyarılmayı tespit edebilmektir. Bu çalışmada gözlenen proteaz aktivitelerinin sonuçları Şekil 5.16'da, inhibisyon oranları ise Tablo 5.5'te verilmiştir.



Şekil 5.16: Proteaz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘\*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder

Tablo 5.5: Lektin dozlarının proteaz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu

Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)
TV50	37.3	PA50	18.1	PV50	13.9	WF50	25.4	PK <sub>Düşük</sub>	77.3*
TV100	43.1*	PA100	51.5*	PV100	40.9*	WF100	49.3*	PK <sub>Yüksek</sub>	77.4*
TV150	68.2*	PA150	43.6*	PV150	54.5*	WF150	68.5*		
TV200	90.1*	PA200	42.0*	PV200	76.3*	WF200	18.8		
TV250	72.7*	PA250	53.4*	PV250	38.0	WF250	60.2*		
TV300	87.0*	PA300	75.1*	PV300	25.6	WF300	70.7*		

‘\*’ ANOVA ve Dunnett’s post hoc testlerine göre P<0.05 anlamlı değerlerdir.

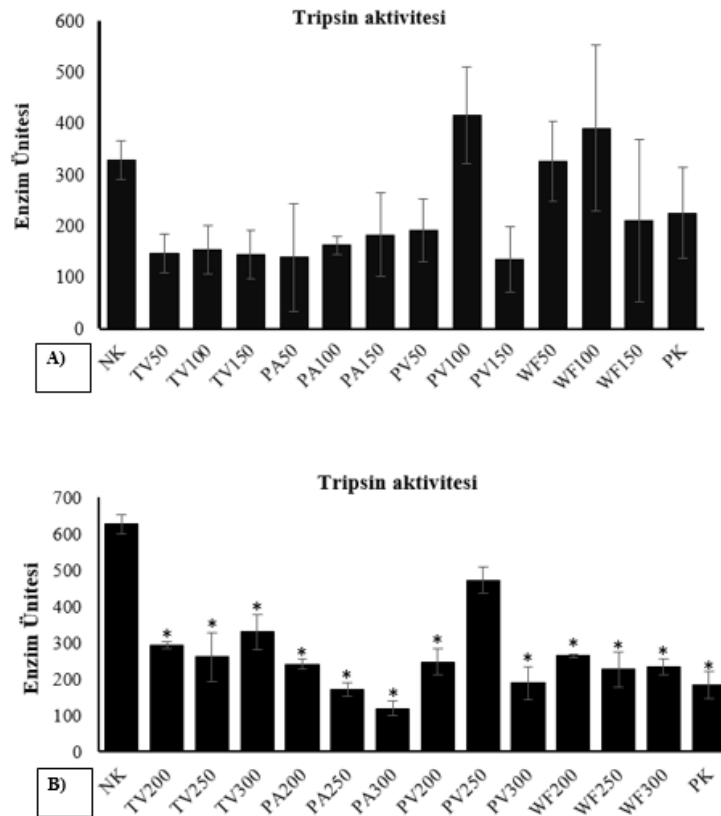
Bulgularımıza göre uygulanan lektin dozlarının çoğu inhibitör etki göstermiştir. TV lektininin bütün dozları aktiviteyi azaltmada başarılı olmuştur. Özellikle pozitifte göre TV200 ve TV300 dozlarının etkinliği yüksektir. Her iki pozitif grupta da aktivite % 77

oranlarında azalmıştır (Şekil 5.16 ve Tablo 5.5). Çalışmada uyguladığımız en düşük dozlarda bile bu enzim aktivitesinin baskılanması, lektinlerin böceğin yaşamsal ve fizyolojik ihtiyaçlarını karşılamasında fayda sağlayacak amino asitlere ulaşmasına engel olabileceğini ve zararlı mücadelesi için önemli veriler sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Proteaz enziminin rolü düşünüldüğünde *Triticum vulgare* lektininin böceklerin sindirimini engelleyebileceği görülmektedir. Enzim aktivasyonunun böcek vücudundaki anlık besin dönüşümünde ve ihtiyaçlar dahilinde yapıldığı varsayıldığında, bazı değişimlerin gözlenmesi muhtemeldir. Ama sonuç olarak görülmektedir ki; bitki lektinleri, böceklerin sindirim sisteminde farklı bölgelere bağlanarak sindirim enzimlerinin çalışmasını sınırlandırabilmektedir (Macedo et al., 2002; Camaroti et al., 2018; Lima et al., 2018). *Myracrodruon urundeuva* lektini (MuLL) verilen *S. zeamais* erginlerinde proteaz aktivitesinin kontrole göre % 69.7 oranında azaldığı ve verilen lektinlerin böceklerde protein metabolizmasında görev alan enzimlerin aktivitesini azaltmada daha etkili olduğu bildirilmiştir (Napoleão et al., 2013). Çalışmamızda uygulanan farklı lektinler proteaz aktivitesini azaltmada % 37.3 ile % 90.1 arasında doza bağlı etkiler göstermiştir (Şekil 5.16, Tablo 5.5). *Phaseolus vulgaris*'in proteaz aktivitesini azaltıcı etkileri *C. maculatus* larvalarında da tespit edilmiştir (De Sá et al., 2014). Bulgularımıza göre *P. vulgaris* lektini, *T.hirta*'nın sindirim enzimlerinde de inhibitör etki göstermiştir. *M. urundeuva*'dan elde edilen iki farklı lektin olan MuBL ve MuLL (sırasıyla % 40.4 ve % 27) böceklerde proteaz aktivitesini azaltmıştır (Lima et al., 2018). *Sitophilus zeamais* erginlerine uygulanan *Schinus terebinthifolius* yaprak lektininin (SteLL) proteaz aktivitesini önemli ölçüde azalttığı ve bu etkinin lektinin peritrofik membran ile etkileşimi sonucu besin emiliminin baskılanmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Camaroti et al., 2018). *Opuntia ficus - indica* lektini verilen böceklerde proteaz aktivitesinin uyarıldığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, sindirim sırasında proteinlerin dengesiz hidrolizine neden olabilir (de Santana Souza et al., 2018). Bu veriler değerlendirildiğinde, böcek sindirim enzimlerini hedeflemek özellikle tarım zararlısı böceklerin kontrolünde önemli bir katkı sağlayabilir.

### 5.2.3.2 Tripsin benzeri enzim aktivitesinin analizi

Tripsin benzeri enzimler böceklerde deri değiştirme, diyapoz, doku yenilenmesi, üreme ve gelişme gibi fizyolojik faaliyetlerde etkin rol oynar. Lektin ve çeşitli proteaz inhibitörleri substrat bağlanmasını önleyerek, tripsin sentezi ve salgılama mekanizmalarında olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Tripsin enzimini hedef alan kontrol yöntemleri haşere kontrolünde başarılı olabilir (Lazarević and Janković-Tomanić, 2015). Şekil 5.17'de gösterilen sonuçlara

göre, tripsin enzim aktivitesi düşük doz lektinlerden anlamlı seviyede etkilenmemiştir. Hatta PV100 ve WF100 gibi dozların uyarıcı etkiye yol açtığı kaydedilmiştir fakat bu değerler anlamsızdır. Yüksek dozlar ise aktiviteyi önemli seviyede baskılamıştır. Bulgularımıza göre, PV250 hariç kullanılan yüksek dozların hepsi bu enzim aktivitesinde inhibitör etki göstermiştir. Pozitif grupla karşılaştırıldığında PA250 ve PA300 dozları kullanılan insektisitten daha etkilidir (sırasıyla % 72.7, % 81.1, PK<sub>Yüksek</sub>: % 70.7, P < 0.05) (Şekil 5.17 ve Tablo 5.6).



**Şekil 5.17:** Tripsin enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘\*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder

**Tablo 5.6:** Lektin dozlarının tripsin benzeri enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu

Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)
TV50	55.3	PA50	57.7	PV50	41.5	WF50	0.7	PK <sub>Düşük</sub>	31.4
TV100	53.1	PA100	50.6	PV100	+26.75	WF100	+19.12	PK <sub>Yüksek</sub>	70.7*
TV150	55.9	PA150	44.4	PV150	58.9	WF150	35.9		
TV200	53.2*	PA200	61.6*	PV200	60.7*	WF200	57.9*		
TV250	58.5*	PA250	72.7*	PV250	24.7	WF250	64*		
TV300	47.5*	PA300	81.1*	PV300	70.0*	WF300	62.9*		

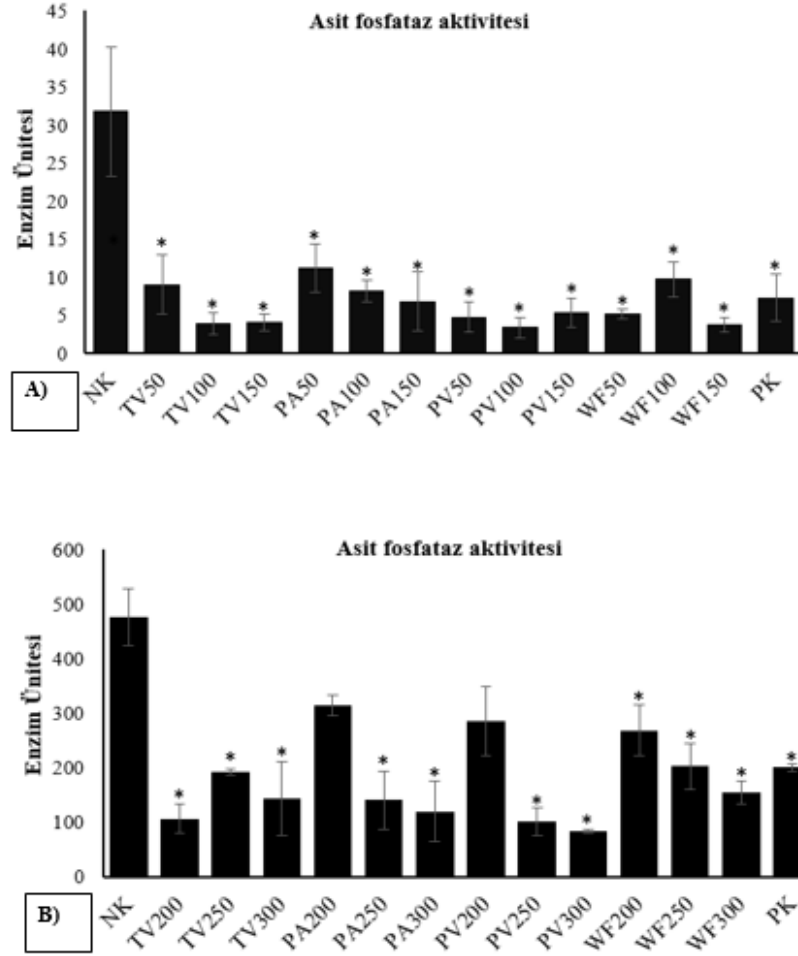
\* ANOVA ve Dunnett's post hoc testlerine göre P<0.05 anlamlı değerlerdir.

Bulgularımıza göre çalışmada kullandığımız *Triticum vulgare* lektinin yüksek dozları tripsin aktivitesini % 47.5- 58.5 arasında azaltmıştır. Benzer sonuçlar Macedo et al. (2011)'nin çalışmasında da kaydedilmiştir. *Talisia esculenta* tohum proteini ile beslenen *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Erebidae) larvalarında kontrol grubuna göre tripsin aktivitesi % 55 azalmıştır (Macedo et al., 2011). Lektinin protein, proteoglikan ve kitinden oluşan peritrofik membrana bağlanması, bu kısımdaki gözenekli yapının dezenformasyonuna ve dolayısıyla enzim düzenleyici sistemin bozulmasına neden olabilir (Martinez et al., 2012). MuLL ile muamele edilen yetişkin *S. zeamais*'in aktivitesinin % 55 oranında azaldığı bildirilmiştir (Napoleão et al., 2013). Eisemann et al. (1994), *Lucilia cuprina*'ya uygulanan lektinin peritrofik membrana bağlanarak bu kısımdaki geçirgenliği azalttığını bildirmiştir. *Annona coriacea* lektini *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarında tripsin aktivitesini % 34 oranında azaltmıştır. Bu durum peritrofik membranın bozulmasına neden olan lektinlerin tripsin aktivitesinin azalmasında bir faktör olabileceği sonucuna bağlanmıştır (Coelho et al., 2007; Camaroti et al., 2018). Bulgularımıza göre, tripsin benzeri aktivitede inhibitör etki en az TV300 (% 47.5) dozunda, en yüksek PA300 (% 81.1) dozunda gözlenmiştir (Şekil 5.17 ve Tablo 5.6). Lektinlerin spesifik bağlanma bölgeleri ve enzim inhibitör özellikleri bu oranlarda farklılıklara sebep olabilir. Glikozillenmiş enzimlerdeki şekerlere bağlanan lektinler, glikozillenmemiş enzimlerde substrat bağlama bölgesinden başka bölgelere bağlanır ve böylece enzim aktivitesini inhibe eder. Bu bölgelere lektin bağlanması sindirimi engeller ve böceğin ihtiyaç duyduğu metabolik faaliyetleri sınırlamaktadır (Macedo et al., 2007).

### **5.2.3.3 Asit fosfataz (ACP) ve alkalın fosfataz (ALP) enzim aktivitelerinin analizleri**

Böceklerde üreme ve büyüme gibi fizyolojik olaylarda önemli rol oynayan ACP ve ALP, sindirimin son aşaması olan doku sitolizi, deri değiştirme ve üreme hücrelerinin olgunlaşmasında hidrolaz olarak görev yapar (Zibae and Bandani, 2010; Hamadah et al., 2016).

Sonuçlarımıza göre, PA200 ve PV200 dışındaki tüm dozlar asit fosfataz aktivitesini negatife kıyasla % 43.6 ile % 89.5 arasında inhibe etmiştir (Şekil 5.18 ve Tablo 5.7). Pek çok doz pozitif gruplardan daha etkilidir. Asit fosfataz aktivitesinde verilen çoğu lektin dozu yüksek etkinlik göstermiştir. Enzim inhibisyonu düşük dozlardan itibaren önemli seviyelerde azalmıştır ( $P < 0.05$ ). Düşük dozlarda etkinliğin yüksek olması özellikle fosfataz gibi yaşamsal faaliyetlerde görevli enzimlerin baskılanması açısından önemlidir.



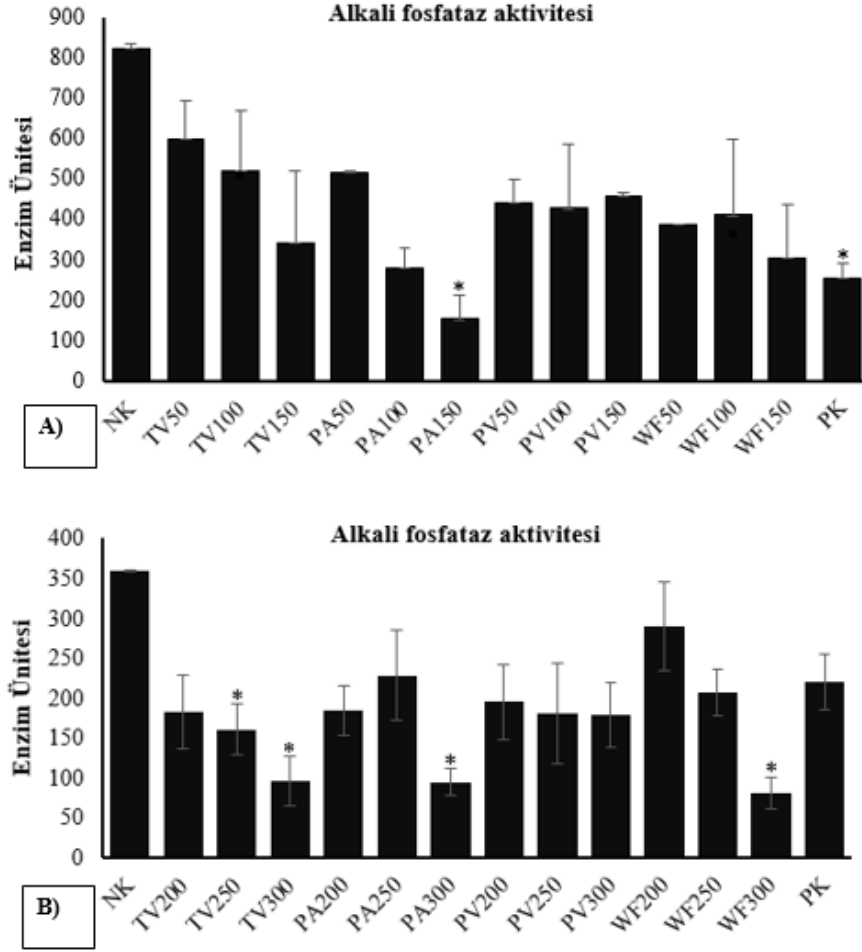
**Şekil 5.18:** Asit fosfataz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘\*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder

**Tablo 5.7:** Lektin dozlarının asit fosfataz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu

Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)
TV50	71.7*	PA50	65.0*	PV50	85.3*	WF50	83.9*	PK <sub>Düşük</sub>	77.3*
TV100	87.8*	PA100	74.5*	PV100	89.5*	WF100	69.6*	PK <sub>Yüksek</sub>	57.8*
TV150	87.4*	PA150	78.7*	PV150	83.6*	WF150	88.5*		
TV200	77.6*	PA200	34.0	PV200	40.2	WF200	43.6*		
TV250	59.6*	PA250	70.5*	PV250	79*	WF250	57.5*		
TV300	70.1*	PA300	75*	PV300	82.5*	WF300	67.7*		

‘\*’ ANOVA ve Dunnett’s post hoc testlerine göre P<0.05 anlamlı değerlerdir.

Alkali fosfataz aktivitesinde ise TV250, TV300, PA150, PA300 ve WF300 dozları bu aktivitenin azalmasında etkili olan dozlardır (Şekil 5.19 ve Tablo 5.8). TV250 dışındaki diğer anlamlı dozlar, pozitif gruba göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Düşük dozlarda ise anlamlı sonuçlar tespit edilmemiştir (P < 0.05).



**Şekil 5.19:** Alkali fosfataz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘\*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder

**Tablo 5.8:** Lektin dozlarının alkali fosfataz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu

Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)
TV50	27.2	PA50	37.4	PV50	46.3	WF50	53.0	PKDüşük	69*
TV100	36.9	PA100	65.9	PV100	48.1	WF100	50.1	PKYüksek	38.8
TV150	58.5	PA150	81.2*	PV150	44.2	WF150	62.8		
TV200	49.2	PA200	48.7	PV200	45.8	WF200	19.3		
TV250	55.2*	PA250	36.4	PV250	49.8	WF250	42.3		
TV300	73.3*	PA300	73.7*	PV300	50.2	WF300	77.6*		

\*’ ANOVA ve Dunnett’s post hoc testlerine göre P<0.05 anlamlı değerlerdir.

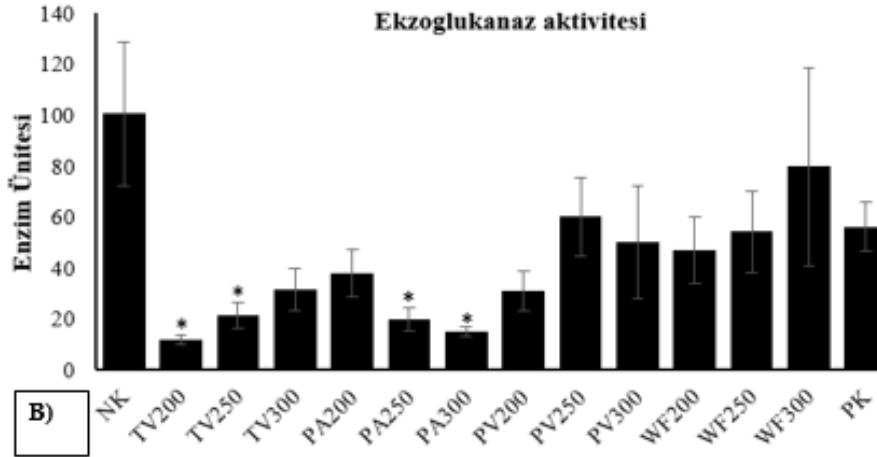
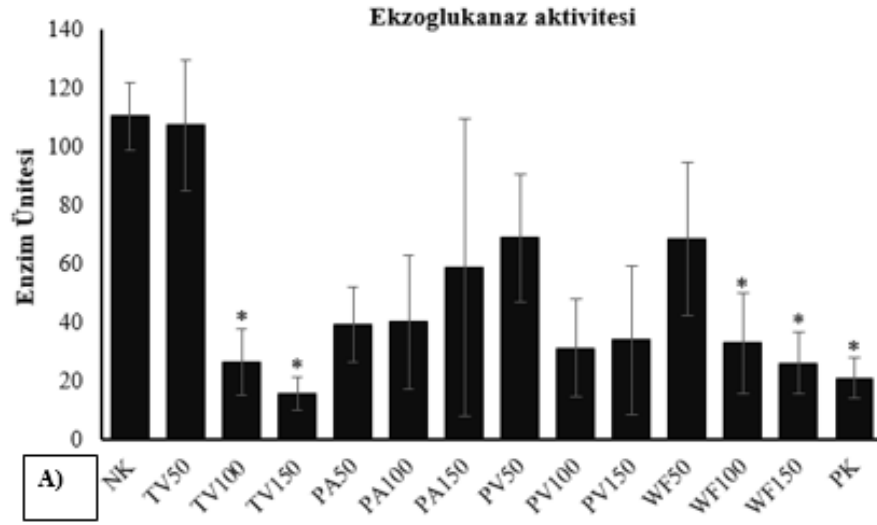
Bulgularımıza paralel olarak yüksek konsantrasyonlarda *Polygonum persicaria* (PPA) ile beslenen *Pieris brassicae* Linnaeus (Lepidoptera: Pieridae) larvalarında asit ve alkalin fosfataz aktivitelerinde önemli bir düşüş bildirilmiştir. Uygulanan lektinin lipid sindiriminde rol oynayan enzimleri etkilediği bildirilmiştir (Zibae et al., 2014). *Melia azedarach* L. tohum ekstraktının % 2 dozunda böceğin asit fosfataz aktivitesinde % 69, alkalin fosfataz aktivitesinde ise % 71 azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir. ALP ve ACP

aktivitelerindeki değişiklikler böceklerin bağırsak fizyolojisini olumsuz etkilemektedir (Senthil-Nathan, 2006). *Sitophilus zeamais*'te de verilen lektin, alkalın fosfataz aktivitesini azaltıcı etki göstermiştir (Napoleão et al., 2013). Kaur et al. (2006), *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae)'ye karşı kullanılan *Arisaema helleborifolium* lektininin asit ve alkalın fosfataz aktivitelerini baskıladığını bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Sprawka et al. (2011) tarafından da rapor edilmiştir. Lektinin fosfataz aktiviteleri üzerindeki inhibitör etkisi *P. vulgaris* lektini uygulanan yaprak bitlerinde tespit edilmiştir. Bulgularımızda *P. vulgaris* lektininin, *T. hirta*'nın asit fosfataz enzim aktivitesine inhibitör etkisi kaydedilmiştir (Şekil 5.18). *Artemisia annua* L. bitki ekstraktının yüksek dozlarında ALP ve ACP aktivitesi doz artışıyla orantılı şekilde azalmıştır (Zibae and Bandani, 2010). Çalışmamızın sonuçları literatürdeki verilerle uyumlu olup kullandığımız lektinler fosfataz enzim aktiviteleri üzerinde inhibitör etkiye sahiptir. Sonuç olarak bu lektinin fosfataz enzimlerinin sentezindeki geri bildirim mekanizmalarını baskılayabildiği ve böceklerin beslenme davranışlarını olumsuz yönde etkileyebileceği rapor edilmiştir. ALP azalması böceklerde önemli hasara neden olur. Bu nedenle böcek ilaçlarının bu enzime hedeflenmesi iyi bir strateji olabilir (Yan et al., 2011).

#### **5.2.3.4 Ekzoglukanaz ve endoglukanaz enzim aktivitelerinin analizleri**

Selüloz parçalandıkça büyük miktarda serbest glikoz molekülü açığa çıkar. Bu nedenle selüloz fitofag böcekler için önemli bir karbonhidrat kaynağıdır. Selülozun hidrolizinde birbirine bağlı enzimler rol alır. Ekzoglukanazlar, endoglukanazlar ve betaglukosidazlar (Chapman, 2013).

Ekzoglukanaz aktivitesinin inhibisyonunda en etkili doz TV200 olarak kaydedilmiştir (Şekil 5.20). Ayrıca TV150 dozu, PK<sub>Düşük</sub> ile karşılaştırıldığında kimyasal insektisitten daha önemli veriler sunmaktadır. PK<sub>Yüksek</sub> için anlamlı bir veri alınamasa da yüksek doz lektinlerindeki verilerin pozitif göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Kitin bağlayıcı lektin olan *Triticum vulgaris* lektini N-asetilglukozamin spesikliğine sahiptir ve ekzoglukanaz aktivitede en etkili doz olarak belirlenmiştir. Bu spesifikliğe sahip *Triticum vulgaris* lektini *C. maculatus* larvalarında da oldukça başarılı olmuştur (Murdock et al., 1990). PV dozları ise bu enzim aktivitesinde herhangi anlamlı bir azalma sağlamayarak etkisiz kalmıştır ( $P < 0.05$ ) (Şekil 5.20 ve Tablo 5.9).



**Şekil 5.20:** Ekzoglukanaz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘\*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder

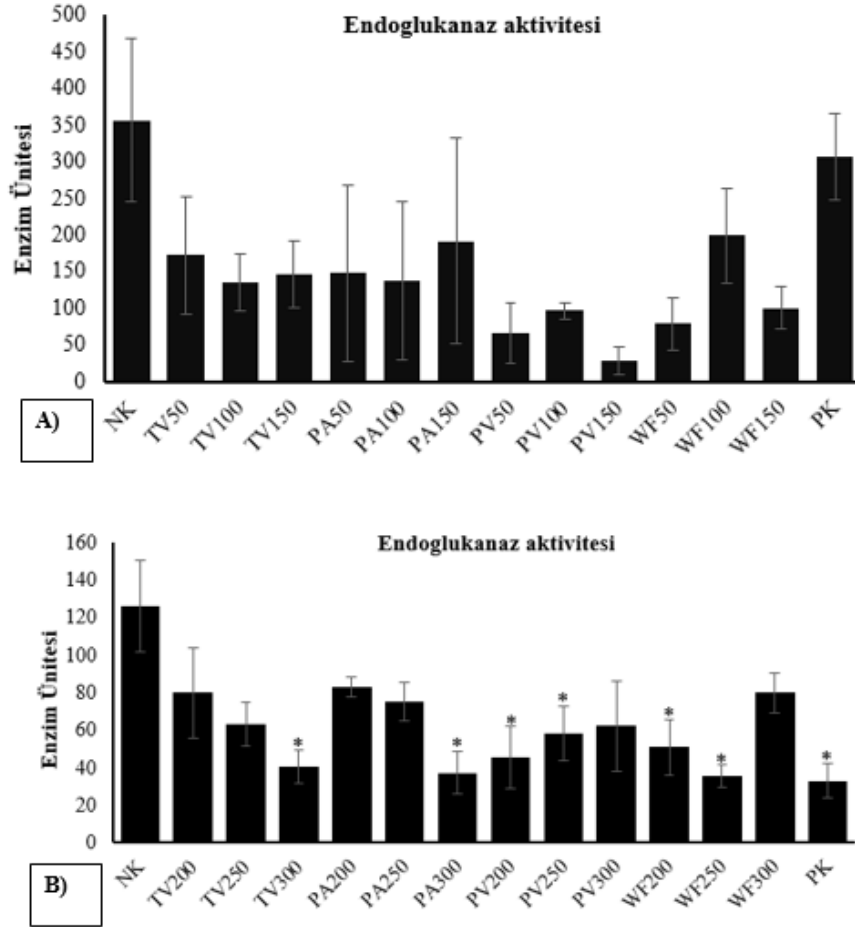
**Tablo 5.9:** Lektin dozlarının ekzoglukanaz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu

Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)
TV50	2.8	PA50	64.3	PV50	37.6	WF50	37.8	PK <sub>Düşük</sub>	80.9*
TV100	76.1*	PA100	63.6	PV100	71.8	WF100	70.1*	PK <sub>Yüksek</sub>	44.2
TV150	85.7*	PA150	46.7	PV150	69.1	WF150	76.3*		
TV200	88.3*	PA200	62.6	PV200	69.2	WF200	53.5		
TV250	78.7*	PA250	80.5*	PV250	40.3	WF250	46.2		
TV300	68.7	PA300	85.2*	PV300	50.1	WF300	20.7		

‘\*’ ANOVA ve Dunnett’s post hoc testlerine göre P<0.05 anlamlı değerlerdir

TV300, PA300, PV200 ve PV250, WF200 ve WF250 dozları, endoglukanaz enzim aktivitesini anlamlı seviyede düşürmüştür (Şekil 5.21 ve Tablo 5.10). Kullanılan düşük dozlar aktiviteyi azaltsa da anlamlı değildir. PK<sub>Yüksek</sub> endoglukanaz aktivitesini % 73.9

oranında azaltmıştır. WF250 ve PA300 dozu pozitif benzer düzeyde enzim aktivitesini inhibe etmiştir.



**Şekil 5.21:** Endoglukanaz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘\*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder

**Tablo 5.10:** Lektin dozlarının endoglukanaz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu

Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)
TV50	51.7	PA50	58.4	PV50	81.4	WF50	77.8	PK <sub>Düşük</sub>	13.9
TV100	62.1	PA100	61.6	PV100	72.9	WF100	44.2	PK <sub>Yüksek</sub>	73.9*
TV150	58.9	PA150	46.2	PV150	92.0	WF150	71.8		
TV200	36.5	PA200	34.2	PV200	64.2*	WF200	59.7*		
TV250	49.9	PA250	40.5	PV250	53.8*	WF250	71.8*		
TV300	68.1*	PA300	70.5*	PV300	50.6	WF300	36.6		

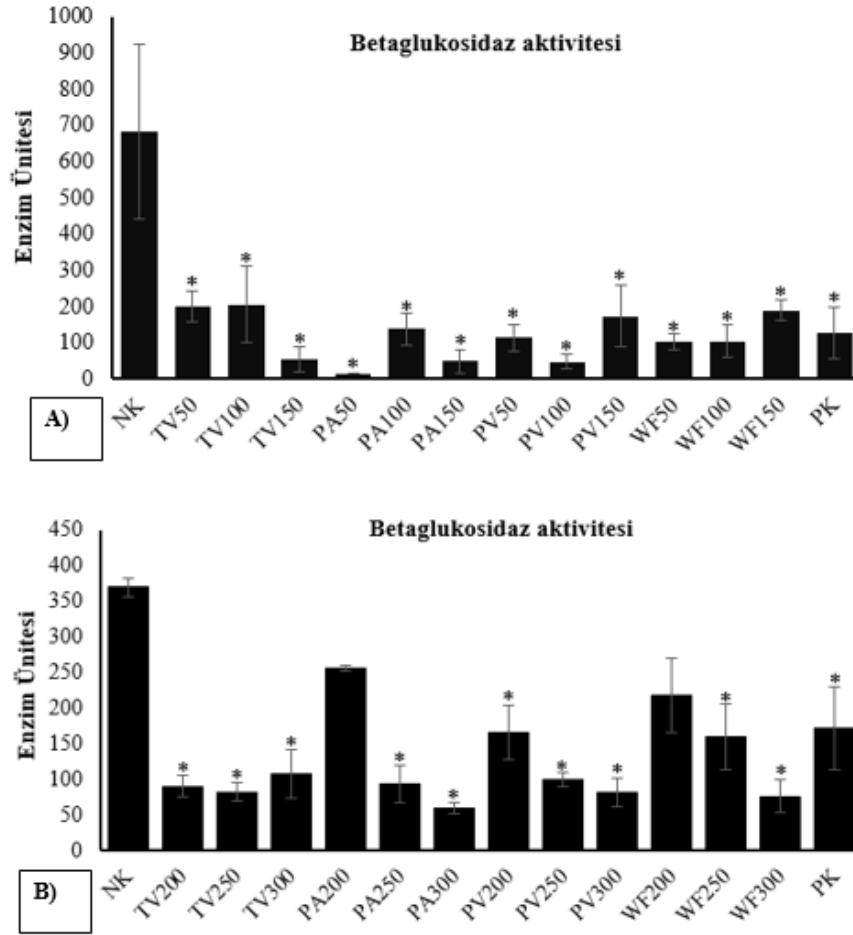
\*’ ANOVA ve Dunnett’s post hoc testlerine göre P<0.05 anlamlı değerlerdir.

Negatif grupla karşılaştırıldığında, lektin alımı, lektinin dozuna ve spesifikliğine bağlı olarak böcek endoglukanaz ve ekzoglukanaz aktivitesini azaltmıştır. Lima et al. (2018)’nın bulgularına göre *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (Isoptera; Termitidae) böceklerinde

MuBL ve MuLL'ye maruz kalma sonucunda endoglukanaz aktivitesinde bir değişiklik gözlenmediği, ancak ekzoglukanaz enzim aktivitesinin uyarıldığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, MuLL ile muamele edilen *S. zeamais*'te ekzoglukanaz aktivitesi değişmezken, endoglukanaz aktivitesi azalmıştır (Napoleão et al., 2013). *Moringa oleifera* lektini (WSMoLc) düşük dozdan başlayarak *N. corniger* işçi ve askerlerine uygulandığında ekzoglukanaz ve endoglukanaz aktivitelerinde azalmaya neden olmuştur (Oliveira et al., 2023). Bu tez kapsamında yapılan çalışmaya göre kullanılan lektinler de selüloz sindiriminde rol oynayan enzimler üzerindeki etkileri bakımından farklılık göstermektedir. Çalışmada kullanılan TV ve WF lektinler düşük dozlarda bile *Tropinota hirta*'da ekzoglukanaz aktivitesinin azalmasında etkili olmuştur (Şekil 5.20). Endoglukanaz aktivitede ise yüksek dozların enzim aktivitesini azalttığı görülmektedir (Şekil 5.21). Bu sonuçlara göre aynı böcek türüne uygulanan farklı lektinlerin hedef aldığı enzim değişkenlik göstermektedir. Selüloz sindiriminde yer alan enzimler birbirleriyle denge içinde çalıştığından dolayı bu sistemde oluşacak herhangi bir enzim değişikliği mekanizmanın bozulmasına yol açar ve sindirimi baskılar (Lima et al., 2018). Böylece yutulan gıdanın böceğin fizyolojik ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde dönüştürülmemesi böceklerde ölüme yol açabilmektedir.

### 5.2.3.5 $\beta$ -glukosidaz enzim aktivitesinin analizi

$\beta$ -glukosidaz enzimi, böcek sindiriminde sellobiyozun glikoza hidrolizinde rol oynar ve selüloz ve hemiselülozun parçalanmasında işlev görür (Huber et al., 2021). En yüksek glikozidaz aktivitesinin fitofag böceklerde olduğu tespit edilmiştir (Chapman, 2013). Bu çalışmada gözlenen  $\beta$ -glukozidaz aktiviteleri Şekil 5.22 ve Tablo 5.11'de verilmiştir. Bulgularımıza göre PA200 ve WF200 dozları hariç bütün dozlar negatife göre  $\beta$ -glukosidaz aktivitesini % 55.3–% 98.0 oranlarında inhibe etmiştir. Anlamlı olan çoğu lektin dozu pozitif gruplara benzer seviyelerde ya da daha yüksek inhibisyona neden olmuştur (Şekil 5.22). Özellikle düşük dozlar bu enzim aktivitesini baskılamada daha etkili görünmektedir. PA50 dozu en etkili doz olarak belirlenmiştir. Bu grupta dişi böcek sayısının fazla olduğu unutulmamalıdır ama bütün veriler değerlendirildiğinde verilen lektin dozları aktivitenin düşürülmesinde umut vadetmektedir. Çalışmada kullanılan bu lektinler düşük dozlarda uygulanırsa selüloz sindiriminde önemli basamaklardan olan  $\beta$ -glukosidaz enzim aktivitesinde büyük deformasyona yol açabilir. Bu durum lektinlerin böcek ilacına karşı daha etkili ve doğaya zararsız bir kontrol yöntemi olabileceğini düşündürmektedir.



**Şekil 5.22:** Betaglucosidaz enzim aktiviteyi a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘\*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder

**Tablo 5.11:** Lektin dozlarının  $\beta$ -glucosidaz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu

Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)
TV50	70.9*	PA50	98*	PV50	83.4*	WF50	85.0*	PK <sub>Düşük</sub>	81.5*
TV100	70.0*	PA100	80*	PV100	93.4*	WF100	85.1*	PK <sub>Yüksek</sub>	53.4*
TV150	92.4*	PA150	93.1*	PV150	74.9*	WF150	72.5*		
TV200	75.7*	PA200	30.6	PV200	55.3*	WF200	41.1		
TV250	77.9*	PA250	75*	PV250	73.1*	WF250	57*		
TV300	71.1*	PA300	84.0*	PV300	78.1*	WF300	79.5*		

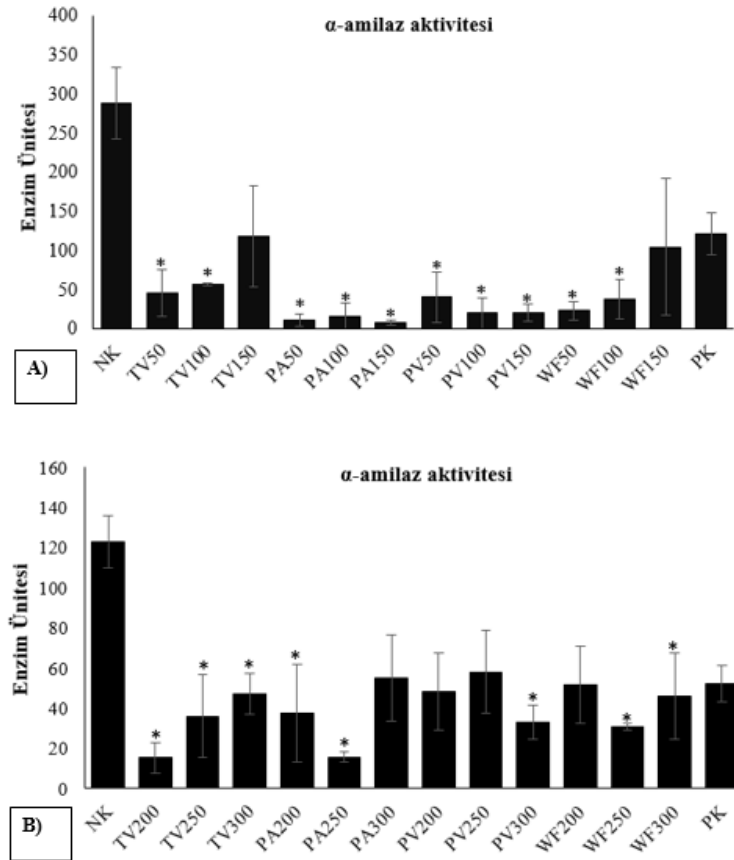
\* ANOVA ve Dunnett's post hoc testlerine göre  $P < 0.05$  anlamlı değerlerdir.

$\beta$ -glucosidaz enzimi selülozun glikoza dönüştürülmesinde etkin rol oynamaktadır. Bu enzim aktivitesinde oluşacak değişimler sindirim sisteminde aksaklıklara yol açarak sindirimin bozulmasına yol açabilmektedir. *Polygonum persicaria*'dan izole edilen lektinle beslenen *Pieris brassicae* larvalarının aktivitesinin önemli ölçüde azaldığı rapor edilmiştir (Zibae et al., 2014). Bu enzim aktivitesindeki değişiklikler sindirimin bozulmasına neden olmaktadır. *Nasutitermes corniger* termitleri MvRL ile beslendiğinde  $\beta$ -glucosidaz aktivitesinin inhibe

edildiği bildirilmiştir (Lima et al., 2018). Aynı sonuçlar *Sitophilus zeamais* yetişkinlerinde de gözlenmiş ve MvRL'nin  $\beta$ -glukosidaz aktivitesini azalttığı rapor edilmiştir (Albuquerque et al., 2020). Sprawka et al. (2011) PHA'nın yüksek dozlarda  $\beta$ -glukosidaz enzimini baskıladığını, düşük dozlarda ise enzim aktivitesini uyardığını bildirmiştir. Araştırmacılara göre enzim aktivitesinde tespit edilen bu uyarılmanın uygulanan lektinin detoksifikasyonunda etkili bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen veriler de özellikle fitofag böcekler için lektine düşük dozda maruz kalmanın  $\beta$ -glukosidaz enzimi üzerinde yüksek inhibitör etkiye yol açtığını ve hedeflenecek enzimlerden bir diğeri olabileceğini göstermektedir.

### 5.2.3.6 $\alpha$ -amilaz enzim aktivitesinin analizi

Amilaz enzimi, nişasta ve glikojen gibi polisakkaritleri daha küçük polisakkaritlere ve disakkaritlere hidrolize eder (Holtof et al., 2019).  $\alpha$ -amilaz enzimi özellikle tahılla beslenen böcekler karşı hassastır (Terra and Ferreira, 1994; Konarev, 1996). Bu çalışmada gözlenen amilaz enzim aktivitelerinin sonuçları Şekil 5.23 ve Tablo 5.12'de verilmiştir.



**Şekil 5.23:** Alfa-amilaz enzim aktiviteleri a) 50-150 dozlarının etkileri, b) 200-300 dozlarının etkileri. ‘\*’ istatistiksel anlamlılığı ifade eder

**Tablo 5.12:** Lektin dozlarının  $\alpha$ -amilaz enzim aktivitesi üzerinde % inhibisyonu

Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)	Lektin dozu	İnhibe etki (%)
TV50	84.2*	PA50	96.3*	PV50	86*	WF50	92*	PK <sub>Düşük</sub>	57.9
TV100	80.5*	PA100	94.3*	PV100	93.0*	WF100	86.8*	PK <sub>Yüksek</sub>	57.7
TV150	59.1	PA150	97.2*	PV150	93.1*	WF150	63.8		
TV200	87.5*	PA200	69.3*	PV200	60.7	WF200	58.0		
TV250	70.7*	PA250	87.2*	PV250	52.7	WF250	75.1*		
TV300	61.7*	PA300	55.1	PV300	73.2*	WF300	62.4*		

\* \*\* ANOVA ve Dunnett's post hoc testlerine göre  $P < 0.05$  anlamlı değerlerdir.

Bulgularımıza göre kullanılan dozlardan çoğu, kontrole kıyasla  $\alpha$ -amilaz aktivitesini önemli seviyelerde (% 61.7 - % 97.2) inhibe etmiştir ( $P < 0.05$ ). Pozitif kontrol gruplarında ise bu oran yaklaşık % 57'de kalmıştır fakat bu veriler anlamlı değildir (Şekil 5.23 ve Tablo 5.12). Sonuçlarımız göstermektedir ki, amilaz enzim aktivitesi de düşük lektin dozlarından itibaren yüksek inhibe edici etkiler sergilemiştir. Özellikle düşük dozlarda da etki göstermesi lektinin ağız yoluyla alınmasından itibaren ilk etkileşime girdiği bu enzimin etkilenmesinden kaynaklı olabileceğini düşündürmektedir. Düşük doz deneylerinde dişi böceklerin sayı olarak diğer gruplardan fazla olması da bu aktivitede inhibe oranının daha yüksek çıkmasına yol açmış olabilir. N-glikan yapıların cinsiyete bağlı farklılaşması ile ilgili yapılan çalışmada *Nilaparvata lugens*'in yetişkin dişilerinde yüksek mannoz N-glikanlar, yetişkin erkeklerle göre 10 kat daha fazla tespit edilmiştir. Dişilerin üreme süreçlerindeki proteinlerde bu glikanların yer alıyor olması, bu artışın sebebini açıklayabilir (Scheys et al., 2019).

MvRL (*Microgramma vacciniifolia* rizom), *Sitophilus zeamais*'te  $\alpha$ -amilaz aktivitesini inhibe etmiştir. Bunun, lektinlerin karbonhidrat sindirimine müdahale ederek biyokütleyle verimsiz dönüşümle sonuçlanmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Albuquerque et al., 2020). *Moringa oleifera* lektini, işçi termitlerde amilaz aktivitesini inhibe ederken, asker termitlerde aktiviteyi uyarmıştır. İnhibisyon veya stimülasyon gibi enzimatik farklılıkların karbonhidrat sindirimi üzerinde olumsuz etkileri vardır (Oliveira et al., 2023). *Polygonum persicaria* (PPA), *Sitophilus oryzae* yetişkinlerinde alfa amilaz aktivitesini % 63 azaltmıştır (PPA'daki  $\alpha$ -amilaz: 1.58, U/mg protein, kontrol 4.28, U/mg protein) (Khoobdel et al., 2022). *Glycine max* ve *Phaseolus vulgaris*'ten elde edilen lektinlerle yapılan çalışmada *Earias insulana* (Boisduval) (Lepidoptera: Nolidae) larvalarında amilaz aktivitesinde % 58.8-% 66 oranında azalmaya neden olduğu kaydedilmiştir (Metayi et al., 2024). Öte yandan lektinlerin amilaz aktivitesini uyararak StLL ile beslenen *Sitophilus zeamais* erginlerinde artışa neden olduğu rapor edilmiştir (Camaroti et al., 2018). MuBL ve MuLL verilen termitlerin  $\alpha$ -amilaz değerlerinin kontrol gruplarına göre % 28 ve % 48 oranlarında uyarıldığı bildirilmiştir.

Lektinlerin enzim aktivitelerinin uyarılmasına ya da artmasına yol açması sindirim de bozulmalara sebep olmaktadır (Lima et al., 2018). Lektinlerin etkisi uygulanan böcek türüne göre değişmekle birlikte sonuçta sindirim enzimlerinin normal fonksiyonunu bozduğu bir gerçektir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, *Wisteria floribunda*, *Triticum vulgare*, *Phaseolus vulgaris* ve *Phytolacca americana* lektinlerinin *Tropinota (Epicometis) hirta* üzerindeki insektisidal etkilerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, bitki lektini gibi doğal bileşiklerin fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri hedef alan güçlü toksik özelliklere sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bulgulara göre en yüksek öldürücü etki *P. americana* lektininde kaydedilmiştir. *T. hirta* bireylerinde gözlemlenen ölüm oranlarının tek sebebinin açlık olmadığı, aksine uygulanan lektinlerin içerdiği toksik ve biyolojik olarak aktif maddelerin doğrudan ölümcül etkiler yarattığı tespit edilmiştir. Bu durum, literatürde yer alan diğer entomotoksik etki raporlarıyla da örtüşmekte olup, bitkisel bileşiklerin pest kontrolünde stratejik öneme sahip olabileceğini göstermektedir (Lagarda-Diaz et al., 2009; Napoleão et al., 2013; Roy et al., 2014; De Oliveira et al., 2020; Khoobdel et al., 2022).

Ayrıca çalışmanın bulguları, oksidatif stres düzeyinin de arttığını göstermektedir. PA100 ve TV150 gibi düşük dozlarda oksidan seviyesinin kontrole göre yüksek olması oksidatif stresle ilişkilendirilebilir. Sindirim sisteminde bozulan denge ve yetersiz besin alımı, böcek metabolizmasında reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini tetiklemekte, bu da hücresel düzeyde oksidatif hasar riskini artırmaktadır (Chakrabarti et al., 2015; Plavšın et al., 2015). Oksidatif stresin artışı, hücre zarında peroksidasyona, protein ve DNA hasarına ve sonuç olarak hücresel işlevlerin geri dönüşümsüz bozulmasına yol açmaktadır (Plavšın et al., 2015; Lima et al., 2016; Khoobdel et al., 2022; Quandahor et al., 2022).

Çalışmada kullanılan lektinlerin, uygulanan böcekte doz düzeyine ve cinsiyete göre farklılık gösterdiği, fakat genel anlamda sindirim enzimleri üzerinde inhibitör etki oluşturarak böceklerin fizyolojik dengesini bozduğu açıktır. *P. americana* ve *T. vulgaris* gibi kitin bağlayıcı özellikte olan lektinlerin, bu enzimler üzerinde anlamlı inhibitör etkisi öne çıkmaktadır. Bu sonuca göre, *T. hirta* için kitin bağlayıcı lektinlerdeki inhibisyon yeteneğinin baklagil lektinlerinden daha yüksek olduğu söylenebilir. Çalışma bulguları, lektinlerin özellikle düşük dozlarda bile enzimsel deformasyonlar oluşturabileceğini göstermektedir. Lektinlerin pahalı olması ve tedarik sürecinin uzun olması gibi sebepler, düşük dozlardan maksimum verimin alınabilmesi adına bu bulguları önemli kılar. Lektinlere düşük dozda maruz kalma durumunda dahi protein sindiriminde görevli proteaz ve karbonhidrat sindiriminde anahtar rol oynayan  $\beta$ -glukosidaz ve  $\alpha$ -amilaz gibi enzimlerin

inhibisyonu, bu bileşiklerin zararlı kontrolü açısından stratejik hedefler olabileceğini göstermektedir.  $\alpha$ -amilaz enzimi üzerinde gözlemlenen yüksek düzeydeki inhibitör etki, böceğin karbonhidratlardan yeterli enerjiyi elde edememesine ve bu sebeple hareket, üreme ve bağışıklık sisteminde zayıflamalara neden olabilir. Bu da lektinlerin yalnızca akut toksisite açısından değil, uzun vadeli popülasyon kontrol stratejilerinde de etkili olabileceğini göstermektedir. Selüloz sindiriminde kritik önemi olan  $\beta$ -glukosidaz enziminin düşük doz lektinlerle baskılanması, selülozun sindirilememesine, dolayısıyla bitkisel besinlerin metabolize edilememesine yol açmakta ve bireyin enerji dengesini bozmaktadır (Huber et al., 2021). Bu durum sadece ölümle sonuçlanmakla kalmayıp, aynı zamanda davranışsal düzeyde gıda reddi, gelişim sürecinde uzama ve subletal etkilerle bireyin popülasyona katkı potansiyelinin azalması gibi sonuçlar doğurabilir. Asit fosfataz aktivitesinde de uygulanan lektinlerin büyük çoğunluğu yüksek inhibitör etki göstermiştir. Bu enzim, hücre içi metabolik süreçlerin düzenlenmesi, besin maddelerinin hücre içine alınması ve enerji dönüşüm yollarında önemli bir yere sahiptir (Zibae and Bandani, 2010). Düşük dozdan itibaren anlamlı inhibisyon oluşması ( $P < 0.05$ ), bu enzimin hedeflenmesinin böcek fizyolojisi üzerinde kalıcı etkilere yol açabileceğini ortaya koymaktadır.

Tüm bu veriler, sindirim enzimlerinin lektinlerle hedeflenmesinin, zararlı böceklerin kontrol stratejilerinde yeni ve çevre dostu yaklaşımlar geliştirilmesine katkı sunabileceğini göstermektedir. Bitkisel kaynaklı lektinler, biyobirikim yapmayan, spesifik hedeflere yönelik ve doğal döngülerde bozulabilen yapılarıyla konvansiyonel kimyasal insektisitlere alternatif olarak ön plana çıkmaktadır. Bu durum, lektinlerin entomotoksik etkilerinin sadece öldürücü değil, aynı zamanda subletal düzeyde de son derece etkin olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışma sonuçlarından tam verim alınabilmesi için çalışmanın tarla koşullarında test edilmesi ve özellikle larva ve pupa dönemlerini toprak altında geçiren bu böceğin kontrolüne yönelik analizler yapılarak bu yönde çalışmaların geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, dişi bireylerin sayıca fazla olduğu düşük doz gruplarında enzim inhibisyon düzeylerinin daha yüksek çıkması, bu çalışmalarda cinsiyete bağlı fizyolojik farklılıkların da dikkate alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

## 7. KAYNAKLAR

- Afrin, R. and Ikai, A.** (2014). Subunit unbinding mechanics of dimeric wheat germ agglutinin (WGA) studied by atomic force microscopy, *FEBS Letters*, 588(23):4472-4477p.
- Akbay, C., Serhan, C. ve Orhan, E.** (2005). Türkiye’de yaş meyve ve sebze ürünleri üretim ve pazarlaması, *Kahramanmaraş Sütçüimamoğlu Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2):96-107.
- Akpınar, F., Yüksel, E. and Canhilal, R.** (2020). Potential of local entomopathogenic nematode isolates to control the adults of the scarab beetle, *Epicometis hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae), *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3):461–468p.
- Alaserhat, İ.** (2019). Erzincan ili elma ağaçlarında bulunan zararlı ve faydalı böcek türleri ile bazı önemli zararlı türlerin doğada görülme zamanı, *European Journal of Science and Technology*, 17:1116-1124s.
- Albuquerque, L. P. de, Procópio, T. F., Guedes, C. C. da S., Pontual, E. V., Paiva, P. M. G. and Napoleão, T. H.** (2020). Antinutritional effects of the chitin-binding lectin from *Microgramma vacciniifolia* rhizome (MvRL) on *Sitophilus zeamais*, *Journal of Stored Products Research*, 88:1-6p.
- Alekseev, V. I.** (2018). Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) of the Kaliningrad Region (Russia): the commented actual checklist, assessment of rarity and notes to regional protection, *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*, 18(2):111-152p.
- Alves, D. T., Vasconcelos, I. M., Oliveira, J. T. A., Farias, L. R., Dias, S. C., Chiarello, M. D. et al.** (2009). Identification of four novel members of Kunitz-like  $\alpha$ -amylase inhibitors family from *Delonix regia* with activity toward Coleopteran insects, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 95(3):166-172p.
- Amirnia, R., Ghiyasi, M. ve Tajbakhsh, M.** (2012). Farklı gelişme yüksekliklerin hardal otunun (*Sinapis arvensis* L.) bazı özellikleri üzerine etkisi, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2):144-147s.
- Anlaş, S., Keith, D. and Tezcan, S.** (2011). Notes on the pitfall trap collected Scarabaeoidea (Coleoptera) species in Bozdağlar Mountain of Western Turkey, *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(1):1-5p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Aricigil, S. and Pryme, I. F.** (2015). Potential beneficial effects of dietary plant lectins on health, In S. Aricigil, V. K. Gupta and I. F. Pryme (Eds.), *Natural Products: Vol 2, Research Reviews*, 1-28p, New Delhi, India, Daya Publishing House.
- Arruda, F. V. S., Melo, A. A., Vasconcelos, M. A., Carneiro, R. F., Barroso-Neto, I. L., Silva, S. R. et al.** (2013). Toxicity and binding profile of lectins from the genus *Canavalia* on brine shrimp, *BioMed Research International*, 2013:1-7p.
- Arslan, Ö. M. ve Aslan, M. M.** (2015). Kahramanmaraş ili badem ağaçlarında bakla zınnı (*Epicometis hirta* (Poda,1761)) (Coleoptera:Scarabaeidae)'nın farklı tuzaklarla yakalanması üzerine araştırma, *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 18(4):6-12s.
- Atanasova, D., Ganchev, D. and Nenov, N.** (2017). In vitro screening for insecticidal activity of natural plant protection products against *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda) (Coleoptera:Cetoniidae), *Agricultural Sciences*, 9(21):47-52p.
- Atmaca, S., Pekbey, G. ve Canhilal, R.** (2018). Bazı entomopatojen fungusların baklazını, *Epicometis hirta* (Poda) (Coleoptera:Scarabaeidae) erginlerine karşı virülensliği, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2):37-42s.
- Auth, J., Fröba, M., Große, M., Rauch, P., Ruetalo, N., Schindler, M., et al.** (2021). Lectin from *Triticum vulgare* (WGA) inhibits infection with SARS-CoV-2 and its variants of concern alpha and beta, *International Journal of Molecular Sciences*, 22(19):10205p.
- Avalappa, H., Padiyappa, S. D., Pathappa, N., Bettadatunga, P. T. and Pramod, S. N.** (2023). Legume Indian bean (*Phaseolus vulgaris*) partially purified anti-nutritional protein factor exhibit anti-oxidant, immunomodulatory and anti-cancer properties, *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 15(2):8-17p.
- Avcı, H. İ. ve Özpınar, A.** (2021). Çanakkale ilinde farklı konukçularda (*Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Cetoniidae: Coleoptera))'nın mevsimsel uçuşu ve ergin popülasyon gelişmesi, *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2):237-246s.
- Avcı, M.** (2000). Yeryüzünün zoocoğrafya bölgeleri ve Türkiye'nin yeri, *Coğrafya Dergisi*, 8:157-200s.
- Ayaz, T.** (2022). Şırnak ili elma (*Malus domestica* Bark. (Rosaceae)) bahçelerinde bulunan zararlı ve yararlı Arthropod türlerinin belirlenmesi, *Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2):16-22s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Aydin, G.** (2011). Plant phenology-related shifts in color preferences of *Epicometis (Tropinota) hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) adults - Key to effective population monitoring and suppression, *Florida Entomologist*, 94(4):832-838p.
- Aydin, G. and Yaşar, B.** (2019). Comparison of color and attractant traps effect used for sampling apple blossom beetle (*Tropinota hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae)), *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(4):7453-7462p.
- Aygan, A.** (2008). Haloalkalofil bacillus sp. izolasyonu, amilaz selülaz ve ksilanaz enzimlerinin üretimi, karakterizasyonu ve biyoteknolojik uygulamalarda kullanılabilirliği, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 186s.
- Azizoglu, U., Bulut, S. ve Yilmaz, S.** (2012). Organik tarımda biyolojik mücadele; entomopatojen biyoinspektisitler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(5):367-373s.
- Balcı, H. ve Durmuşoğlu, E.** (2020). Bitki koruma ürünü olarak biyopestisitler: tanımları, sınıflandırılmaları, mevzuat ve pazarları üzerine bir değerlendirme, *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 11(2):261-274s.
- Balčiūnaitė-Murzienė, G. and Dzika, M.** (2021). Wheat germ agglutinin-from toxicity to biomedical applications, *Applied Sciences*, 11(2):884p.
- Balogh, L. and Magdolna, J.** (2008). American and Chinese pokeweed (*Phytolacca americana*, *Phytolacca esculenta*), In Z. Botta-Dukat and L. Balogh (Eds.), *The most important invasive plants in Hungary*, 1-255p, Hungary: Institute of Ecology and Botany, Hungarian Academy of Sciences, Vácrátót.
- Balthasar, V.** (1963). Monographie der Scarabaeidae und Aphodiidae der Paläarktischen und Orientalischen Region (Coleoptera: Lamellicornia), Band 1-3, 1-287p, *Tschechoslowak Akademie der Wissenschaften, Prag*.
- Baraud, J.** (1984). *Tropinota (Epicometis) villiersi* nouvelle espèce du Moyen-Orient (Coleoptera, Scarabaeoidea, Cetoniidae), *Revue Française d'Entomologie (N.S.)*, 6(2):61-63p.
- Baraud, J.** (1992), Coléoptères Scarabaeoidea d' Europe, *Faune de France*, 78:1-856p.
- Bayram, B., Yolcu, H. ve Aksakal, V.** (2007). Türkiye'de organik tarım ve sorunları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(2):203-206s.
- Belete, T.** (2018). Defense mechanisms of plants to insect pests: from morphological to biochemical approach, *Trends in Technical & Scientific Research*, 2(2):555584p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Botos, I., O’Keefe, B. R., Shenoy, S. R., Cartner, L. K., Ratner, D. M., Seeberger, P. H., et al.** (2002). Structures of the complexes of a potent anti-HIV protein cyanovirin-N and high mannose oligosaccharides, *Journal of Biological Chemistry*, 277(37):34336–34342p.
- Boyd, W. C. and Shapleigh, E.** (1954). Specific precipitating activity of plant agglutinins (lectins), *Science*, 119(3091):419p.
- Browne, J. and Scholtz, C. H.** (1999). A phylogeny of the families of Scarabaeoidea (Coleoptera), *Systematic Entomology*, 24(1):51–84p.
- Buşmachi, G. and Toderaş, L.** (2014). Some observation on *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera : Scarabaeoidea, Cetoniidae) from the republic of Moldova, In Z. Soós, M. Sămărghitan and D. R. Botoş (Eds.), *Marisia studii și materiale*, 123-130p, Târgu-Mureş, România.
- Camaroti, J. R. S. L., de Almeida, W. A., do Rego Belmonte, B., de Oliveira, A. P. S., de Albuquerque Lima, T., Ferreira, M. R. A., et al.** (2018). *Sitophilus zeamais* adults have survival and nutrition affected by *Schinus terebinthifolius* leaf extract and its lectin (SteLL), *Industrial Crops and Products*, 116:81-89p.
- Caner, E.** (2017). Patates böceği, *Leptinotarsa decemlineata*, (Coleoptera: Chrysomelidae)’nin larva döneminde peritrofik matriks proteinlerinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, 136s.
- Carlini, C. R. and Grossi-De-Sá, M. F.** (2002). Plant toxic proteins with insecticidal properties. A review on their potentialities as bioinsecticides, *Toxicon*, 40(11):1515–1539p.
- Caroline, N. M., Deogracious, P. M., George, M. T., James, R. M., Joel, W. D. and Paul, M. K.** (2022). Identification of potential seed storage protein responsible for bruchid resistance in common bean landraces from Tanzania and Malawi, *African Journal of Biotechnology*, 21(1):35–45p.
- Carpaneto, Giuseppe, M., Piattella, E. and Pittino, R.** (2000). The scarab beetles of Turkey: an updated checklist and chorotype analysis (Coleoptera, Scarabaeoidea), *Biogeographia -The Journal of Integrative Biogeography*, 21(1):217–240p.
- Carrizo, M. E., Capaldi, S., Perduca, M., Irazoqui, F. J., Nores, G. A. and Monaco, H. L.** (2005). The antineoplastic lectin of the common edible mushroom (*Agaricus bisporus*) has two binding sites, each specific for a different configuration at a single epimeric hydroxyl, *Journal of Biological Chemistry*, 280(11):10614–10623p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chakrabarti, P., Rana, S., Sarkar, S., Smith, B. and 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):107-129p.
- Chapman, R. F.** (2013). Alimentary canal, digestion and absorption, In S. J. Simpson and A. E. Douglas (Eds.), *The Insects: structure and function*, 46-80p, New York, Cambridge.
- Chen, P., De Schutter, K., Van Damme, E. J. M. and Smagghe, G.** (2021). Can plant lectins help to elucidate insect lectin-mediated immune response?, *Insects*, 12(6):1–19p.
- Chiheb, M.** (2014). Inventaire de l'entomofaune dans une culture de céréales et un verger d'agrumes dans la région de Guelma, Mémoire de master, Université 8 Mai 1945 Guelma Faculte Des Sciences De La Nature Et De La Vie Et Sciences De La Terre Et De L'univers, 68 p.
- Coelho, M. B., Marangoni, S. and Macedo, M. L. R.** (2007). Insecticidal action of *Annona coriacea* lectin against the flour moth *Anagasta kuehniella* and the rice moth *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae), *Comparative biochemistry and physiology, part C, toxicology and pharmacology*, 146(3):406-414p.
- Coelho, L. C. B. B., dos Santos Silva, P. M., Oliveira, W. F., Moura, M. C., Pontual, E. V., Gomes, F. S., et al.** (2018). Lectins as antimicrobial agents, *Journal of Applied Microbiology*, 125(5):1238–1252p.
- Corredor, Z. Y. C., Montaña, E. A. R. and Castro, N. A. V.** (2016). Lectinas con dominio de leguminosa: Características estructurales y utilidad como agentes insectostáticos e insecticidas, *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 32(2):157–169p.
- Czapla, T. H. and Lang, B. A.** (1990). 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):2480-2485p.
- Çelik, V. B. and Yaşar, B.** (2021). The effects of traps hung in different places in the cherry orchard on the capture and flower damage of *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera:Cetoniidae), *Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 7(4):582-589p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- De Oliveira, A. P. S., Agra-Neto, A. C., Pontual, E. V., Lima, T. de A., Cruz, K. C. V., de Melo, K. R., et al.** (2020). Evaluation of the insecticidal activity of *Moringa oleifera* seed extract and lectin (WSMoL) against *Sitophilus zeamais*, *Journal of Stored Products Research*, 87:101615p.
- De Sá, L. F. R., Wermelinger, T. T., Ribeiro, E. da S., Gravina, G. de A., Fernandes, K. V. S., Xavier-Filho, J., et al.** (2014). Effects of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) seed coat on the embryonic and larval development of the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), *Journal of Insect Physiology*, 60(1):50–57p.
- De Santana Souza, C., Procópio, T. F., do Rego Belmonte, B., Paiva, P. M. G., de Albuquerque, L. P., Pontual, E. V., et al.** (2018). Effects of *Opuntia ficus-indica* lectin on feeding, survival, and gut enzymes of maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Applied Biological Chemistry*, 61(3):337–343p.
- De Schutter, K. and Van Damme, E. J. M.** (2015). Protein-carbohydrate interactions as part of plant defense and animal immunity, *Molecules*, 20(5):9029–9053p.
- Demir, A.** (2005). Gazi Üniversitesi Zooloji Müzesindeki Cetoniidae (Coleoptera) familyası örneklerinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 124s.
- Demir, M.** (Nisan, 2004). İlçe Tarım Müdürlüğü, <http://ivrindi.gov.tr/ilce-tarim-mudurlugu>, (Erişim tarihi: 16 Nisan 2024).
- Demirözer, O. and Karaca, İ.** (2011). Phytophagous arthropod species associated with oil bearing rose, *Rosa damascena* Miller, in Isparta province with distributional remarks. *SDU Journal of Science*, 6(1):9–25p.
- Dutto, M.** (2007). *Tropinota (Epicometis) ilariae*, nuova specie di Israele (Coleoptera Scarabaeoidea Cetoniidae), *Naturalista Siciliano*, 31(1-2):85-90p.
- Ehrlich, P.** (1891). Experimentelle untersuchungen über immunitat. I. Ueber ricin, *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 17(32):976-979p.
- Eisemann, C. H., Donaldson, R. A., Pearson, R. D., Cadogan, L. C., Vuocolo, T. and Tellam, R. L.** (1994). Larvicidal activity of lectins on *Lucilia cuprina*: mechanism of action, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 72(1):1-10p.
- Elden, T. C.** (2000). Effects of proteinase inhibitors and plant lectins on the adult alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae), *Journal of Entomological Science*, 35(1):62-69p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Endrödi, S.** (1966). Monographie der Dynastinae:(Coleoptera, Lamellicornia), 453p, Staatliches Museum für Tierkunde.
- Erdem, M., Karahan, S. C., Menteşe, A., Yaman, S. O. and Demir, S.** (2021). The assessment of oxidative stress biomarkers in different serum and plasma specimens, *Erciyes Medical Journal*, 43(6):541–547p.
- Erdoğan, G.** (2022). Organik tarımda zararlılar ile mücadele yöntemleri, In F. Uslu, M. Balcı, ve H. Öztürk (Eds.), *Organik tarım ve gıda teknolojisinde sürdürülebilir üretim stratejileri*,73-98p, Konya,Palet.
- Erichson, W. F.** (1848). Naturgeschichte der Insecten Deutschlands. I. Coleoptera, *Nicolaischen Buchhandlung, Berlin*, 3(5):801-968p.
- Ersoy, D. E. ve Hasbenli, A.** (2022). Kazan Tepeleri (Ankara-Türkiye) Scarabaeidae (Coleoptera) faunasına katkılar, *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 9(1):60-71s.
- Ertop, S. ve Özpınar, A.** (2011). Çanakkale ili kiraz ağaçlarındaki fitofag ve yararlı türler ile bazı önemli zararlıların popülasyon değişimi, *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 1(2):109-118s.
- Ertürk, Ö.** (2022). *Cetonia aurata* L. (Coleoptera, Scarabaeoidea, Cetoniidae) gelişimi üzerinde *Cmyclamen coum subsp. cou* Miller bitki kök özütlerinin antifeedant (iştah kesici) ve toksik etkileri, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(2):243–262s.
- Estrada-Martínez, L. E., Moreno-Celis, U., Cervantes-Jiménez, R., Ferriz-Martínez, R. A., Blanco-Labra, A. and García-Gasca, T.** (2017). Plant lectins as medical tools against digestive system cancers, *International Journal of Molecular Sciences*, 18(7):1403p.
- Fauna Europaea** (2022). "*Tropinota (Epicometis) hirta*", <https://fauna-eu.org/>, (Erişim tarihi: 11 Nisan 2022).
- Fitches, E. and Gatehouse, J. A.** (1998). A comparison of the short and long term effects of insecticidal lectins on the activities of soluble and brush border enzymes of tomato moth larvae (*Lacanobia oleracea*), *Journal of Insect Physiology*, 44(12):1213–1224p.
- Fitches, E., Woodhouse, S. D., Edwards, J. P. and Gatehouse, J. A.** (2001). *In vitro* and *in vivo* binding of snowdrop (*Galanthus nivalis* agglutinin; GNA) and jackbean (*Canavalia ensiformis*; Con A) lectins within tomato moth (*Lacanobia oleracea*) larvae; mechanisms of insecticidal action, *Journal of Insect Physiology*, 47(7):777-787p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gatehouse, A. M. R., Dewey, F. M., Dove, J., Fenton, K. A. and Pusztai, A.** (1984). Effect of seed lectins from *Phaseolus vulgaris* on the development of larvae of *Callosobruchus maculatus*; mechanism of toxicity, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(4):373-380p.
- Gatehouse, A. M. R. and Gatehouse, J. A.** (1998). Identifying proteins with insecticidal activity: use of encoding genes to produce insect-resistant transgenic crops, *Pesticide Science*, 52(2):165-175p.
- Gautam, A. K., Shrivastava, N., Sharma, B. and Bhagyawant, S. S.** (2018). Current scenario of legume lectins and their practical applications, *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 21(3):217–227p.
- Gezer, B. ve Özpınar, A.** (2015). Çanakkale ilinde şeftali, elma, kiraz ve kayısılarda *Tropinota hirta* (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) ergin yoğunluğunu belirlemede farklı tuzakların değerlendirilmesi, *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2):27-34s.
- Gholamzadeh Chitgar, M., Ghadamyari, M. and Sharifi, M.** (2013). Identification and characterisation of gut proteases in the fig tree skeletoniser moth, *Choreutis nemorana* Hübner (Lepidoptera: Choreutidae), *Plant Protection Science*, 49(1):19-26p.
- Gray, A. M. and Flatt, P. R.** (1999). Insulin-secreting activity of the traditional antidiabetic plant *Viscum album* (mistletoe), *The Journal of endocrinology*, 160(3):409-414p.
- Grosche, V. R., Souza, L. P. F., Ferreira, G. M., Guevara-Vega, M., Carvalho, T., Silva, R. R. D. S., et al.** (2023). Mannose-binding lectins as potent antivirals against SARS-CoV-2, *Viruses*, 15(9):1886p.
- Gül, N.** (1998). *Agrotis segetum* (Dennis ve Schiffmüller) (Lepidoptera: Noctuidae) hemolenfindeki lektin aktivitesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 70s.
- Güllüdağ, B. ve Yoldaş, Z.** (2015). İzmir Seferihisar ilçesinde organik üretimi yapılan şevketi bostan (*Scolymus hispanicus* L.) bitkisinde görülen zararlı böcekler üzerine bir araştırma, *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 5(2):69-75s.
- Güneş, E.** (2016). *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera : Drosophilidae)'de Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nin total oksidatif stres üzerinde etkisi, *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(3):261-267s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Güvenç, C. ve Yaşar, B.** (2015). Mavi renkli huni tuzaklarda kullanılan farklı cezbedicilerin kiraz çiçeklerinde beslenen *Tropinota hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae) erginlerinin yakalanması üzerine etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(3):97–104s.
- Habibi, J., Backus, E. A. and Czapla, T. H.** (1993). Plant lectins affect survival of the potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae), *Journal of Economic Entomology*, 86(3):945-951p.
- Habibi, J., Backus, E. A. and Huesing, J. E.** (2000). Effects of phytohemagglutinin (PHA) on the structure of midgut epithelial cells and localization of its binding sites in western tarnished plant bug, *Lygus hesperus* Knight, *Journal of Insect Physiology*, 46(5):611-619p.
- Haji-Ghassemi, O., Gilbert, M., Spence, J., Schur, M. J., Parker, M. J., Jenkins, M. L., et al.** (2016). Molecular basis for recognition of the cancer glyco-biomarker, LacdiNAc (GalNAc[ $\beta$ 1→4]GlcNAc), by *Wisteria floribunda* agglutinin, *Journal of Biological Chemistry*, 291(46):24085-24095p.
- Hamadah, K., Ghoneim, K., Tanani, M., Basiouny, A. and Waheeb, H.** (2016). Deteriorated acid and alkaline phosphatase activities in certain tissues of *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) by some novel chitin synthesis inhibitors, *International Journal of Advanced Research*, 4(2):611–624p.
- Hamissou, M. and Kurdmongkoltham, P.** (2015). Molecular and cytotoxicity investigations of *Phytolacca americana* (L.) root, leaf, and berry extracts, *International Journal of Pharmacology and Toxicology*, 3(2):11-16p.
- Hans, A. L. and Saxena, S.** (2021). Plant bioprospecting for biopesticides and bioinsecticides, In S. K. Upadhyay and S. P. Singh (Eds.), *Bioprospecting of Plant Biodiversity for Industrial Molecules*, 1-431p, Newyork, Wiley&Sons.
- He, S., Simpson, B. K., Sun, H., Ngadi, M. O., Ma, Y. and Huang, T.** (2018). *Phaseolus vulgaris* lectins: A systematic review of characteristics and health implications, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(1):70–83p.
- Hellin, H.** (1891). Der giftige Eiweisskörper Abrin und seine Wirkung auf das Blut, Thesis, University of Dorpat, 109p.
- Holtof, M., Lenaerts, C., Cullen, D. and Vanden Broeck, J.** (2019). Extracellular nutrient digestion and absorption in the insect gut, *Cell and Tissue Research*, 377(3):397-414p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Huber, M., Roder, T., Irmisch, S., Riedel, A., Gablenz, S., Fricke, J., et al.** (2021). A beta-glucosidase of an insect herbivore determines both toxicity and deterrence of a dandelion defense metabolite, *eLife*, 10:e68642p.
- Jaber, K., Haubruge, É. and Francis, F.** (2010). Development of entomotoxic molecules as control agents: Illustration of some protein potential uses and limits of lectins, *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 14(1):225-241p.
- Janarthanan, S., Sakthivelkumar, S., Veeramani, V., Radhika, D. and Muthukrishnan, S.** (2012). A new variant of antimetabolic protein, arcelin from an Indian bean, *Lablab purpureus* (Linn.) and its effect on the stored product pest, *Callosobruchus maculatus*, *Food Chemistry*, 135(4):2839-2844p.
- Janssens, A.** (1949). Table synoptique et essai de classification pratique des Coléoptères Scarabaeidae, Bulletin du Musee royal d'Histoire naturelle de Belgique, 25(15):1-30p.
- Janzen, D. H., Juster, H. B. and Liener, I. E.** (1976). Insecticidal action of the phytohemagglutinin in black beans on a bruchid beetle, *Science*, 192(4241):795-796p.
- Junior, E. M. de A., Fernandes, I. M. dos S., Santos, C. S., Mesquita, L. X. de, Pereira, R. A., Maracajá, P. B., et al.** (2011). Toxicity of castor bean (*Ricinus communis*) pollen to honeybees, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141(1-2):221-223p.
- Kaplan, M.** (Haziran, 2019). Diyarbakır ili badem ağaçlarında bakla zınnı (*Epicometis hirta* (Poda,)) (Coleoptera: Scarabaeidae)'nın farklı şekildeki tuzaklarda yakalanma durumunun belirlenmesi. *ISPEC Uluslararası Tarım ve Kırsak Kalkınma Kongresi* içinde, 378-384s, Siirt.
- Kara, K.** (1995). *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda) (Coleoptera, Scarabaeidae)'nin Tokat ve çevresindeki konukçuları, yayılışı, zarar düzeyi, bazı biyolojik özellikleri üzerine araştırmalar, *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 12:15-26s.
- Karimi, J., Allahyari, M. and R., A.** (2012). Lectins and their roles in pests control, In A. R. Bandani (Ed.), *New Perspectives in Plant Protection*, 207-228p, London, Intech.
- Katoch, R. and Tripathi, A.** (2021). Research advances and prospects of legume lectins, *Journal of Biosciences*, 46(4):104p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kaur, A. P., Sohal, S. K., Kaur, M. and Singh, J.** (2013). Monitoring growth, survival and enzyme system of melon fruit fly *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) under the influence of affinity purified pea lectin, *Entomological Science*, 16(1):91-99p.
- Kaur, M., Singh, K., Rup, P. J., Kamboj, S. S. and Singh, J.** (2009). Anti-insect potential of lectins from *Arisaema* species towards *Bactrocera cucurbitae*, *Journal of Environmental Biology*, 30(6):1019-1023p.
- Kaur, M., Singh, K., Rup, P. J., Saxena, A. K., Khan, R. H., Ashraf, M. T., et al.** (2006). A tuber lectin from *Arisaema helleborifolium* Schott with anti-insect activity against melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) and anti-cancer effect on human cancer cell lines, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 445(1):156-165p.
- Kelemu, S., Cardona, C. and Segura, G.** (2004). Antimicrobial and insecticidal protein isolated from seeds of *Clitoria ternatea*, a tropical forage legume, *Plant Physiology and Biochemistry*, 42(11):867–873p.
- Keyaerts, E., Vijgen, L., Pannecouque, C., Van Damme, E., Peumans, W., Egberink, H., et al.** (2007). Plant lectins are potent inhibitors of coronaviruses by interfering with two targets in the viral replication cycle, *Antiviral Research*, 75(3):179-187p.
- Khoobdel, M., Rahimi, V., Ebadollahi, A. and 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):793p.
- Koçyiğit, E., Kocaadam-Bozkurt, B., Bozkurt, O., Ağagündüz, D. and Capasso, R.** (2023). Plant toxic proteins: their biological activities, mechanism of action and removal strategies, *Toxins*, 15(6):356p.
- Kohlmann, B.** (2006). History of Scarabaeoid classification, *The Coleopterists Bulletin*, 60:19-34p.
- Kohlmann, B. and Morón, M. A.** (2003). Análisis histórico de la clasificación de los Coleoptera Scarabaeoidea o Lamellicornia, *Acta Zoológica Mexicana*, 90:175-280p.
- Kolb, H., Oschilewski, M., Schwab, E., Greulich, B., Roos, P., and Kiesel, U.** (1986). Suppression of low-dose streptozotocin-induced diabetes by immunomodulatory lectins, *Diabetes Research*, 3(4):183-186p.
- Konarev, A. V.** (1996). Interaction of insect digestive enzymes with plant protein inhibitors and host-parasite coevolution, *Euphytica*, 92:89–94p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kouadio, E. J. P., Konan, K. H., Djè, K. M., Dué, E. A. and Kouamé, L. P.** (2016). Insect digestive glycosidases: strategies of purification, biochemical properties and potential applications, a review, *International Journal of Entomological Research*, 04(02):67-86p.
- Krajcik, M.** (1998). Cetoniidae of the World: Catalogue-Part I (Coleoptera: Cetoniidae), 95p, Typos Studio, Most.
- Krajcik, M.** (1999). Cetoniidae of the World: Catalogue-Part II (Coleoptera: Cetoniidae), 95p, Typos Studio, Most.
- Krikken, J.** (1984). A new key to the suprageneric taxa in the beetle family Cetoniidae, with annotated lists of the known genera, *Zoologische Verhandelingen*, 210(1):1-75p.
- Krishnan, N. and Sehna, F.** (2006). Compartmentalization of oxidative stress and antioxidant defense in the larval gut of *Spodoptera littoralis*, *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 63(1):1-10p.
- Kutinkova, H. and Andreev, R.** (2004). Integrated pest management in sweet cherry (*Prunus avium* L.) orchards in Bulgaria, *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12(Special edit):41-47p.
- Lagarda-Diaz, I., Guzman-Partida, A. M., Urbano-Hernandez, G., Ortega-Nieblas, M. M., Robles-Burgueño, M. R., Winzerling, J., et al.** (2009). Insecticidal action of PF2 lectin from *Olneya tesota* (palo fierro) against *Zabrotes subfasciatus* larvae and midgut glycoconjugate binding, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(2):689-694p.
- Lagarda-Diaz, I., Guzman-Partida, A. M. and Vazquez-Moreno, L.** (2017). Legume lectins: proteins with diverse applications, *International Journal of Molecular Sciences*, 18(6):1-18p.
- Landsteiner, K. and Raubitschek, H.** (1907). Observations on hemolysis and hemagglutination, *C Bakt*, 45:660-665p.
- Lawrence, J. F. and A. F. Newton Jr.** (1982). Evolution and classification of beetles, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 13(1):261-290p.
- Laz, B. and Avgin, S. S.,** 2017, A faunistic research on Cetoniidae family in Andirin district of Kahramanmaraş province. *Turkish Journal of Forest Science*, 1(1):25-32p.
- Lazarević, J. and Janković-Tomanić, M.** (2015). Dietary and phylogenetic correlates of digestive trypsin activity in insect pests, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 157(2):123-151p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Leite, Y. F., Silva, L. M., Amorim, R. C., Freire, E. A., Melo, J. D. M., Grangeiro, T. B., et al.** (2005). Purification of a lectin from the marine red alga *Gracilaria ornata* and its effect on the development of the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), *Biochimica et Biophysica Acta-General Subjects*, 1724(1-2):137-145p.
- Lelo, S.** (2006). Revizija Mikšićevog popisa balegara (Insecta: Scarabaeoidea) Bosne i Hercegovine, *Prilozi fauni Bosne i Hercegovine*, 2:8-31p.
- Leo, P.** (2010). Una nuova specie di *Tropinota* della Sardegna (Coleoptera, Scarabaeoidea, Cetoniidae), *Doriana, Supplemento agli Annali del Museo Civico di Storia Naturale "G. Doria"*, 8(369):1-10p.
- Li-Byarlay, H., Pittendrigh, B. R. and Murdock, L. L.** (2016). Plant defense inhibitors affect the structures of midgut cells in *Drosophila melanogaster* and *Callosobruchus maculatus*, *International Journal of Insect Science*, 8:71-79p.
- Li, Y. and Romeis, J.** (2009). Impact of snowdrop lectin (*Galanthus nivalis* agglutinin; GNA) on adults of the green lacewing, *Chrysoperla carnea*, *Journal of Insect Physiology*, 55(2):136-143p.
- Lima, T. A., Dornelles, L. P., Oliveira, A. P. S., Guedes, C. C. S., Souza, S. O., Sá, R. A., et al.** (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):1593-1599p.
- Lima, T. A., Fernandes, K. M., Patrícia, A., Oliveira, S. and Leonardo, P.** (2016). Termiticidal lectins from *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) cause midgut damages when ingested by *Nasutitermes corniger* (Isoptera; Termitidae) workers, *Pest Management Science*, 73(5):991-998p.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Atalay, R., Erkin, E., Karsavuran, Y., et al.** (1999). Faunistic studies on Scarabaeoidea (Aphodiidae, Cetoniidae, Dynastidae, Geotrupidae, Glaphyridae, Hybosoridae, Melolonthidae, Ochodaeidae, Rutelidae, Scarabaeidae) (Coleoptera) of Western Black Sea, Central Anatolia and Mediterranean Regions of Turkey, 64p, İzmir, Ege Üniversitesi.
- Macedo, M. L. R., Freire, M. D. G. M., Novello, J. C. and Marangoni, S.** (2002). *Talisia esculenta* lectin and larval development of *Callosobruchus maculatus* and *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae), *Biochimica et Biophysica Acta-General Subjects*, 1571(2):83-88p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Macedo, M. L. R., Freire, M. G. M., Silva, M. B. R. and Coelho, L. C. B. B.** (2007). Insecticidal action of *Bauhinia monandra* leaf lectin (BmoLL) against *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae), *Zabrotes subfasciatus* and *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 146(4):486-498p.
- Macedo, M. L. R., Freire, M. D. G. M., Kubo, C. E. G. and Parra, J. R. P.** (2011). Bioinsecticidal activity of *Talisia esculenta* reserve protein on growth and serine digestive enzymes during larval development of *Anticarsia gemmatalis*, *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*, 153(1):24-33p.
- Macedo, M. L. R., Oliveira, C. F. R. and Oliveira, C. T.** (2015). Insecticidal activity of plant lectins and potential application in crop protection, *Molecules*, 20(2):2014-2033p.
- Machuka, J. S., Okeola, O. G., Chrispeels, M. J. and Jackai, L. E. N.** (2000). The African yam bean seed lectin affects the development of the cowpea weevil but does not affect the development of larvae of the legume pod borer, *Phytochemistry*, 53(6):667-674p.
- MacLeay, W. S.** (1819). *Horae entomologicae or essays on the annulose animals*, 524p, London, S. Bagster.
- Majumder, P., Mondal, H. A. and Das, S.** (2005). Insecticidal activity of *Arum maculatum* tuber lectin and its binding to the glycosylated insect gut receptors, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(17):6725-6729p.
- Mantzoukas, S., Korbou, G., Magita, A., Eliopoulos, P. A. and Poulas, K.** (2020). Leguminous seeds powder diet reduces the survival and development of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae), *Biology*, 9(204):1-9p.
- Martinez, D. S. T., Freire, M. G. M., Mazzafera, P., Araujo-Júnior, R. T., Bueno, R. D. and Macedo, M. L. R.** (2012). Insecticidal effect of labramin, a lectin-like protein isolated from seeds of the beach apricot tree, *Labramia bojeri*, on the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*, *Journal of Insect Science*, 12(62):1-11p.
- Martinoviç, V.** (1962). Über die Schädlichkeit und Verbreitung des Blütenkäfers (*Epicometis hirta* Poda) in Ungarn, und Beobachtung über seine Flugzeit, *Folia Entomologica Hungarica*, 15:347-364p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mehrabadi, M., Bandani, A. R., Mehrabadi, R. and Alizadeh, H.** (2012). Inhibitory activity of proteinaceous  $\alpha$ -amylase inhibitors from *Triticale* seeds against *Eurygaster integriceps* salivary  $\alpha$ -amylases: Interaction of the inhibitors and the insect digestive enzymes, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 102(3):220-228p.
- Meinecke, C. C.** (1975). Riechsensillen und Systematik der Lamellicornia (Insecta, Coleoptera), *Zoomorphologie*, 82:1-42p.
- Mészáros, T. and Kondorosy, E.** (2019). Observations on non-Hymenoptera flower visitors of *Adonis vernalis* L., *Botanikai Közlemények*, 106(2):173-181p.
- Metayi, M. H. A., S. El-Tahawe, H. and 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):27-34p.
- Micó, E., Morón, M. Á., Šípek, P. and Galante, E.** (2008). Larval morphology enhances phylogenetic reconstruction in Cetoniidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) and allows the interpretation of the evolution of larval feeding habits, *Systematic Entomology*, 33(1): 128-144p.
- Mikšić, R.** (1982). *Monographie der Cetoniinae der paläarktischen und orientalischen Region: Coleoptera: Lamellicornia*. Bd. 3, Systematischer Teil: Cetoniini I. Teil, 530p, Forstinstitut in Sarajevo.
- Mishra, A., Behura, A., Mawatwal, S., Kumar, A., Naik, L., Mohanty, S. S., et al.** (2019). Structure-function and application of plant lectins in disease biology and immunity, *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 134:110827p.
- Mulsant, E.** (1842). *Histoire naturelle des coléoptères de France, pt. 2. Lamellicornes*, 656p, Maisson, Paris, France.
- Muradova, E.** (2022). Some biophenological characteristics of blossom feeder *Epicometis hirta* (Poda, 1761) in Sheki-Zagatala zone, *Bulletin of Science and Practice*, 8(6):59-65p.
- Muramoto, K.** (2017). Lectins as bioactive proteins in foods and feeds, *Food Science and Technology Research*, 23(4):487-494p.
- Murdock, L. L., Huesing, J. E., Nielsen, S. S., Pratt, R. C. and Shade, R. E.** (1990). Biological effects of plant lectins on the cowpea weevil, *Phytochemistry*, 29(1):85-89p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Naik, S. and Kumar, S.** (2022). Applications of plant lectins in biotechnology and therapeutics, *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 11(4):e4224p.
- Napoleão, T. H., Belmonte, B. do R., Pontual, E. V., de Albuquerque, L. P., Sá, R. A., Paiva, L. M., et al.** (2013). Deleterious effects of *Myracrodruon urundeuva* leaf extract and lectin on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae), *Journal of Stored Products Research*, 54:26-33p.
- Napoleão, T. H., Pontual, E. V., de Albuquerque Lima, T., de Lima Santos, N. D., Sá, R. A., Coelho, L. C. B. B., et al.** (2012). Effect of *Myracrodruon urundeuva* leaf lectin on survival and digestive enzymes of *Aedes aegypti* larvae, *Parasitology Research*, 110(2):609-616p.
- Niehuis, M.** (2009). Der Zottige Blütenkäfer - *Tropinota hirta* (Poda, 1761) - in Rheinland-Pfalz (Coleoptera: Lamellicornia: Cetoniidae), *Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz*, 11(3):815-830p.
- Nohrman, B. A.** (1953). Survival rate calculation, *Acta Radiologica*, 39(1):78-82p..
- Nowell, P. C.** (1960). Phytohemagglutinin: an initiator of mitosis in cultures of normal human leukocytes, *Cancer Research*, 20:462-466p.
- Okay, A., Aras, E. S. and Büyüç, İ.** (2022). Detailed characterization of lectin genes in common bean using bioinformatic tools, *Communications Faculty of Sciences University Ankara Series C, Biology*, 31(1):1-25p.
- Oliveira, A. P., Lima, T. de A., Paz, N. V. N. da, Coelho, L. C. B. B., Napoleão, T. H., Foguel, D., et al.** (2023). A termiticidal and high denaturation-resistant lectin from *Moringa oleifera* seed cake, *Journal of Natural Pesticide Research*, 5:100040p.
- Oltean, I., Macavei, L. I., Vasian, I., Totos, S., Varga, M. and Florian, T.** (2015). Use of semiochemical products in monitoring and control of *Epicometis hirta* Poda, *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, Agriculture*, 72(2):453-456p.
- Opassiri, R., Ketudat Cairns, J. R., Akiyama, T., Wara-Aswapati, O., Svasti, J. and Esen, A.** (2003). Characterization of a rice b-glucosidase highly expressed in flower and germinating shoot, *Plant Science*, 16(3):627-638p.
- Örücü, Ö. K. ve Bakkaloğlu, A. Ç.** (2019). Edirne kent ormanında zararlı biyotik etmenlerin belirlenmesi, *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD)*, 4(1):11-33s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özbek Çatal, B., Amangeldi, Z., Çalışkan Keçe, A. F. ve Ulusoy, M. R.** (2020). Adana ili kiraz yetiştiriciliği yapılan alanlarda belirlenen zararlı böcek türleri, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18:332-337s.
- Özpinar, A. ve Erbay, İ.** (2020). İki şeftali çeşidinde *Tropinota hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) ergin sayısının karşılaştırılması, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(3):250-258s.
- Pathak, S. K. and Malik, J.** (2023). *Phaseolus vulgaris* L., or common bean, has a wide variety of chemicals in its whole seed form, *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11(1):1735-1739p.
- Petrovitz, V. R.** (1971). Ergebnisse zoologischer Sammelreisen in der Türkei: Lamellicornia, Coleoptera, *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 75:565-589p.
- Peumans, W. J. and Van Damme, E. J. M.** (1996). Prevalence, biological activity and genetic manipulation of lectins in foods, *Trends in Food Science and Technology*, 7(4):132-138p.
- Peumans, W. J. and Van Damme, E. J. M.** (1998). Plant lectins: versatile proteins with important perspectives in biotechnology, *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 15(1):199-228p.
- Plavšín, I., Stašková, T., Šerý, M., Smýkal, V., Hackenberger, B. K. and Kodrík, D.** (2015). Hormonal enhancement of insecticide efficacy in *Tribolium castaneum*: oxidative stress and metabolic aspects, *Comparative Biochemistry and Physiology Part - C: Toxicology and Pharmacology*, 170:19-27p.
- Polat, A., Yıldırım, E. and Uliana, M.** (2017). A contribution to the knowledge of the Glaphyridae and Cetoniinae Scarabaeidae (Coleoptera:Scarabaeoidea) fauna of Turkey, *Linzer Biologische Beiträge*, 49(2):1505-1522p.
- Polat, A.** (Mayıs, 2024). Meyve ağaçlarında dikkat çeken bir zararlı: *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Baklazınını) (Coleoptera: Cetoniinae), International congress on information technologies in medicine, pharmacy, agriculture, food, forestry, environment and engineering konferansı içinde,419-427s, Tokat.
- Powell, K. S.** (2001). Antimetabolic effects of plant lectins towards nymphal stages of the planthoppers *Tarophagous proserpina* and *Nilaparvata lugens*, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 99(1):71-78p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Powell, K. S., Gatehouse, A. M. R., Hilder, V. A. and Gatehouse, J. A.** (1993). Antimetabolic effects of plant lectins and plant and fungal enzymes on the nymphal stages of two important rice pests, *Nilaparvata lugens* and *Nephotettix cincteps*, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 66(2):119-126p.
- Pusztai, A., Ewen, S. W. B., Grant, G., Brown, D. S., Stewart, J. C., Peumans, W. J., et al.** (1993). Antinutritive effects of wheat-germ agglutinin and other N-acetylglucosamine-specific lectins, *British Journal of Nutrition*, 70:313-321p.
- Pyati, P., Chellamuthu, A., Gatehouse, A. M. R., Fitches, E. and Gatehouse, J. A.** (2012). Insecticidal activity of wheat *Hessian* fly responsive proteins HFR-1 and HFR-3 towards a non-target wheat pest, cereal aphid (*Sitobion avenae* F.), *Journal of Insect Physiology*, 58(7):991-999p.
- Qadir, S., Hussain Wani, I., Rafiq, S., Ahmad Ganie, S., Masood, A. and Hamid, R.** (2013). Evaluation of antimicrobial activity of a lectin isolated and purified from *Indigofera heterantha*, *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 4(11):999-1006p.
- Quandahor, P., Gou, Y., Lin, C. and Liu, C.** (2022). Potato (*Solanum tuberosum* L.) leaf extract concentration affects performance and oxidative stress in green peach aphids (*Myzus persicae* (Sulzer)), *Plants*, 11(20):2757p.
- Rahbé, Y., Sauvion, N., Febvay, G., Peumans, W. J. and 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):143-155p.
- Reyes-Montaño, E. A. and Vega-Castro, N. A.** (2018). Plant lectins with insecticidal and insectistatic activities, In G. Begum (Ed.), *Insecticides - Agriculture and Toxicology*, 1-146p, London, IntechOpen.
- Romeis, J., Babendreier, D. and Wäckers, F. L.** (2003). Consumption of snowdrop lectin (*Galanthus nivalis* agglutinin) causes direct effects on adult parasitic wasps, *Oecologia*, 134(4):528-536p.
- Rössner, E.** (2005). Der Rosenkäfer *Tropinota hirta* (Poda, 1761) in Mecklenburg-Vorpommern und Nord-Brandenburg (Coleoptera, Scarabaeoidea, Cetoniinae), *Entomologischen Vereins Mecklenburg*, 8:31-34p.
- Rössner, E., Blochwitz, O. and Hillert, O.** (2018). Eine neue Art von *Tropinota* von der Iberischen Halbinsel und ergänzende Mitteilungen zur Verbreitung der iberischen Arten (Cetoniinae), *Entomologische Zeitschrift-Schwanfeld*, 128(2):115-120p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Roy, A., Gupta, S., Hess, D., Das, K. P. and Das, S.** (2014). Binding of insecticidal lectin *Colocasia esculenta* tuber agglutinin (CEA) to midgut receptors of *Bemisia tabaci* and *Lipaphis erysimi* provides clues to its insecticidal potential, *Proteomics*, 14:13-14p.
- Rozner, I. and Rozner, G.** (2009). Additional data to the Lamellicornia fauna of Turkey (Coleoptera: Lamellicornia), *Natura Somogyiensis*, 1908(15):69-100p.
- Ruiz, J. L.** (2015). Descripción de una nueva especie de *Tropinota* Mulsant, 1842 del subgénero *Epicometis* Burmeister, 1842 del norte de Marruecos (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae), *Graellsia*, 71(1):1-16p.
- Sabatinelli, G., Rittner, O. and Tausin, P. H.** (2010). *Tropinota vittula* Reiche & Saulcy 1856 is a good species (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae), *Lambillionea*, 110(1):35-42p.
- Sadeghi, A., Van Damme, E. J. M., Peumans, W. J. and Smagghe, G.** (2006). Deterrent activity of plant lectins on cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (F.) oviposition, *Phytochemistry*, 67(18):2078-2084p.
- Sağdaş, A.** (2011). Farklı tuzakların Afyonkarahisar İli Sultandağı ilçesinde kiraz ve elmalarda zarar yapan baklazınını (*Epicometis (Tropinota) hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae))'nın yakalanması üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 181s.
- Sağdaş, A. ve Yaşar, B.** (2013). Afyonkarahisar ili kiraz bahçelerinde cezbedici karışımı içeren farklı tipteki mavi renkli tuzakların baklazınını [*Tropinota hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae)] erginlerinin yakalanması üzerine etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(3):26-31s.
- Sarı, E. D. ve Yıldırım, E.** (2021). Gülnar (Mersin) ilçesi elma ağaçlarındaki zararlı ve yararlı Arthropoda türlerinin tespiti ve bazı biyoekolojik gözlemler, *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(6):1247-1262s.
- Sato, T., Tateno, H., Kaji, H., Chiba, Y., Kubota, T., Hirabayashi, J., et al.** (2017). Engineering of recombinant *Wisteria floribunda* agglutinin specifically binding to GalNAc $\beta$ 1,4GlcNAc (LacdiNAc), *Glycobiology*, 27(8):743-754p.
- Sauvion, N., Nardon, C., Febvay, G., Gatehouse, A. M. R. and Rahbé, Y.** (2004). Binding of the insecticidal lectin Concanavalin A in pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris) and induced effects on the structure of midgut epithelial cells, *Journal of Insect Physiology*, 50(12):1137-1150p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Scheys, F., De Schutter, K., Shen, Y., Yu, N., Smargiasso, N., De Pauw, et al.** (2019). The N-glycome of the hemipteran pest insect *Nilaparvata lugens* reveals unexpected sex differences, *Insect biochemistry and molecular biology*, 107:39-45p.
- Schmera, D., Tóth, M., Subchev, M., Sredkov, I., Szarukán, I., Jermy, T., et al.** (2004). Importance of visual and chemical cues in the development of an attractant trap for *Epicometis (Tropinota) hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae), *Crop Protection*, 23(10):939-944p.
- Senthil-Nathan, S.** (2006). Effects of *Melia azedarach* on nutritional physiology and enzyme activities of the rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae), *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 84(2):98–108p.
- Senthil-Nathan, S., Chung, P. G. and Murugan, K.** (2006). Combined effect of biopesticides on the digestive enzymatic profiles of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (the rice leaffolder) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae), *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 64(3):382-389p.
- Singh, K., Kaur, M., Rup, P. J. and Singh, J.** (2006). Exploration for anti-insect properties of lectin from seeds of soybean (*Glycine max*) using *Bactrocera cucurbitae* as a model, *Phytoparasitica*, 34(5):463-473p.
- Slav, M., Hoza, D. and Asănică, A.** (2018). Particularities of the blossom feeder attack , *Tropinota hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae), on blueberry (*Vaccinium corymbosum*) in a commercial orchard from Vrancea county, *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 22(4):1-6p.
- Smetana, A.** (2006). Subfamily Cetoniinae Leach, 1815, In I. Löbl and A. Smetana (eds), Catalogue of Palearctic Coleoptera, Volume 3. Scarabaeoidea - Scirtoidea - Dascilloidea - Buprestoidea - Byrrhoidea, 283-313p, Stenstrup, Denmark.
- Smith, A. B. T., Hawks, D. C. and Heraty, J. M.** (2006). An overview of the classification and evolution of the major scarab beetle clades (Coleoptera: Scarabaeoidea) based on preliminary molecular analyses, *The Coleopterists Bulletin*, 60:35-46p.
- Sprawka, I.** (2008). Toxicity of phytohemagglutinin [PHA] from *Phaseolus vulgaris* L. to the bird cherry-oat aphid [*Rhopalosiphum padi* L.], *Pesticides*, 3(4):101-108p.
- Sprawka, I., Golawska, S., Czerniewicz, P. and Sytykiewicz, H.** (2011). Insecticidal action of phytohemagglutinin (PHA) against the grain aphid, *Sitobion avenae*, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100(1):64-69p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sprawka, I., Goławska, S., Parzych, T., Goławski, A., Czerniewicz, P. and Sytykiewicz, H.** (2013). Induction of apoptosis in the grain aphid *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae) under the influence of phytohaemagglutinin PHA, *Applied Entomology and Zoology*, 48(4):525-532p.
- Sprawka, I., Goławska, S., Parzych, T., Goławski, A., Czerniewicz, P. and Sytykiewicz, H.** (2014). Mechanism of entomotoxicity of the Concanavalin A in *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae), *Journal of Insect Science*, 14(1):1-6p.
- Stefanelli, S., Della Rocca, F. and Bogliani, G.** (2014). Saproxyllic beetles of the Po plain woodlands, Italy, *Biodiversity Data Journal*, 22(2):e1106p.
- Sürgüt, H., Tüven, A., Varlı, V. S., Polat, A. and Tezcan, S.** (2014). An evaluation on the pitfall trap collected Scarabaeoidea (Coleoptera) species in Western Turkey, *Munis Entomology & Zoology*, 9(2):812-818p.
- Sürgüt, H.** (2022). Çataldağ'ın (Balıkesir-Bursa) önemli geniş yapraklı ağaç türlerinde bulunan bazı saproksilik böcek familyalarına (Coleoptera) bağlı türlerin belirlenmesi üzerine faunistik araştırmalar, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 395s.
- Sußner, U., Abel, G., Schulte, R. and Kreis, W.** (2004). Isolation and characterisation of a cysteine protease (phytolacain G), from *Phytolacca americana* roots, *Planta Medica*, 70(10):942-947p.
- Şenyüz, Y., Dindar, K. and Gülmez, M.** (2015). Additions to Scarabaeoidea (Coleoptera) fauna of Eskişehir, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi C-Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 4(1):13-23p.
- Tagem** (2008). Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, *Zirai Mücadele Teknik Talimatları Cilt 4* (M. Aydemir (Ed.), Ankara, 388s.
- Terra, W. R. and Ferreira, C.** (1994). Insect digestive enzymes: properties, compartmentalization and function. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part B: Biochemistry and*, 109(1):1-62p.
- Terra, W. R. and Ferreira, C.** (2012). Biochemistry and molecular biology of digestion, In L. I. Gilbert (Ed.), *Insect Molecular Biology and biochemistry*, 365-418p, San Diego, Academic Press.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tezcan, S.** (2024). An evaluation on the insect fauna of Turkey on the 100th anniversary of the foundation of the Republic of Turkey, *Munis Entomology & Zoology*, 19(2):803-843p.
- Tolga, M. F. ve Yoldaş, Z.** (2020). Muğla ve Manisa İlleri badem bahçelerinde saptanan coleoptera takımına ait türler ve bademde beslenen türler, *Çanakkale Ondokuz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2):443-453s.
- Tóth, M., Schmera, D. and Imrei, Z.** (2004). Optimization of a chemical attractant for *Epicometis (Tropinota) hirta* Poda, *Zeitschrift fur Naturforschung-Section C Journal of Biosciences*, 59(3-4):288-292p.
- Tsaneva, M. and Van Damme, E. J. M.** (2020). 130 years of plant lectin research, *Glycoconjugate Journal*, 37(5):533-551p.
- Tuskavetska, I.** (2020). Features of *Tropinota hirta* development in agroecosystems of strawberries of Brovary District, *International Scientific Journal «Education and Science»*, 1(28):47-50p.
- Uçar, S.** (2021). Bazı entomopatojen fungus izolatlarının bakla zınnı [*Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae)]'na karşı etkilerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 54s.
- Upadhyay, S. K. and Singh, P. K.** (2012). Receptors of garlic (*Allium sativum*) lectins and their role in insecticidal action, *Protein Journal*, 31(6):439-446p.
- Uzun, A.** (2013). Biyoçeşitlilik ve Türkiye biyoçeşitliliğine genel bir bakış, *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7:1-14s.
- Van Damme, E. J. M., Peumans, W. J., Barre, A. and Rougé, P.** (1998). Plant lectins: a composite of several distinct families of structurally and evolutionary related proteins with diverse biological roles, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 17(6):575-692p.
- Van Damme, E. J. M.** (2022). 35 Years in plant lectin research: a journey from basic science to applications in agriculture and medicine, *Glycoconjugate Journal*, 39(1):83-97p.
- Vasconcelos, I. M. and Oliveira, J. T. A.** (2004). Antinutritional properties of plant lectins. *Toxicon*, 44(4):385-403p.
- Veznikli, M.** (2019). Probit çözümlemesi ve sağlık alanında uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 133s.
- Vuković, S., Lazić, S., Gvozdenac, S. and Šunjka, D.** (2019). The control of *Epicometis hirta* Poda in apple orchards with azadirachtin, *Acta Horticulturae*, 1242:775-778p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Walski, T., Van Damme, E. J. M. and Smagghe, G.** (2014). Penetration through the peritrophic matrix is a key to lectin toxicity against *Tribolium castaneum*, *Journal of Insect Physiology*, 70:94-101p.
- Waterhouse, D. F.** (1957). Digestion in insects, *Annual Review of Entomology*, 2(1):1-18p.
- Yan, Y., Peng, L., Liu, W. X., Wan, F. H. and Harris, M. K.** (2011). Host plant effects on alkaline phosphatase activity in the whiteflies, *Bemisia tabaci* biotype B and *Trialeurodes vaporariorum*, *Journal of Insect Science*, 11(9):1-13p.
- Yaşar, B. ve Dahham, O. A. D.** (2019). Farklı elma çeşitleri üzerine asılan tuzakların *Tropinota hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae)'nın yakalaması üzerine etkisi, *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(1):57-64s.
- Zhang, J., Shi, J., Ilic, S., Jun Xue, S. and Kakuda, Y.** (2009). Biological properties and characterization of lectin from red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*), *Food Reviews International*, 25(1):12-27p.
- Zibae, A., Alborzi, Z., Karimi-Malati, A. and Salimi, M.** (2014). Effects of a lectin from *Polygonum persicaria* L. on *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera: Pieridae), *Journal of Plant Protection Research*, 54(3):250-257p.
- Zibae, A. and Bandani, A.** (2010). A study on the toxicity of a medicinal plant, *Artemisia annua* L. (Asteracea) extracts to the sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae), *Journal of Plant Protection Research*, 50(1):79-85p.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı- Soyadı : Zübeyde Nur Yalçın

Doğum tarihi ve yeri :

E-posta :

### Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Doktora	Balıkesir Üniversitesi/Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Anabilim Dalı/Zooloji	2019-2025
Y. Lisans	Dokuzeylül Üniversitesi/Eğitim Fakültesi/Biyoloji Öğretmenliği	2006-2012
Lisans	Dokuzeylül Üniversitesi/Eğitim Fakültesi/Biyoloji Öğretmenliği	2006-2012
Lise	Milli Piyango Anadolu Lisesi (1 yıl İngilizce hazırlık sınıfı)	2002-2006

### Yayın Listesi (Makaleler)

- 1) 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> [**Tezden türetilmiştir**].
- 2) Tüven, A., Varlı, S. V., Sürgüt, H., Yalçın, Z. N. (2025). Faunistic studies on Carabidae, Cerambycidae, Curculionidae, Elateridae, Scarabaeidae and Staphylinidae (Coleoptera) families detected by pitfall and bait trapping methods in Balya region (Balıkesir Province) in Türkiye. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27 (1), 56-67. <https://doi.org/10.25092/baunfbed.1469372>.
- 3) Yalçın, Z. N., Varlı, S. V. (2025). Insect fauna of Balıkesir province (Türkiye). *Munis Entomology & Zoology*, 20 (2), 2861-2878.

### Yayın Listesi (Bildiriler)

- 1) Effects of *Triticum vulgare* Lectin on Digestive and Detoxification Enzymes of Apple Blossom Beetle, 3rd International Scientific Research Congress, Nisan-2025, Özet Bildiri.
- 2) The Effect Of Botanical And Synthetic Insecticides On The Middle Intestinal Enzyme Activities Of Apple Blossom Beetle, 5th International Palestra Scientific Research Congress, Mayıs-2025, Özet Bildiri.

## **Projeler**

1) Farklı bitkisel lektin proteinlerinin *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) üzerinde biyobozunur insektisit özelliğinin incelenmesi (Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP-2022/095))

2) Bitki esansiyel yağların *Tropinota (Epicometis) hirta* 'ya karşı entomotoksik etkilerinin belirlenmesi (Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP-2024/105))

**\*TUBİTAK 2211-C Yurt İçi Öncelikli Alanlar (Biyoteknolojik İlaç Teknolojileri) doktora bursiyeri.**