



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AVRUPA KAĞIT ARILARI, *Polistes dominula* (Christ, 1791)
(Hymenoptera: Vespidae) VE *Polistes nimpha* (Christ, 1791)
(Hymenoptera: Vespidae)'NİN PATOJEN VARLIĞI**

DİDEM SAĞIRKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI

ORDU 2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Didem SAĞIRKAYA

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

ÖZET

AVRUPA KAĞIT ARILARI, *Polistes dominula* (Christ, 1791) (Hymenoptera: Vespidae) VE *Polistes nimpha* (Christ, 1791) (Hymenoptera: Vespidae)'NİN PATOJEN VARLIĞI

DİDEM SAĞIRKAYA

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 63 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ÖMER ERTÜRK)

Arılar biyolojik çeşitliliğin ve karasal ekosistemin zorunlu bir parçası olup, tarım için temel tozlayıcı ve önemli bir bal kaynağıdır. Arılar içerisinde farklı yaşamlarıyla oldukça ilgi çeken yaban arıları bulunmaktadır. Bu alımda, *Polistes dominula* ve *Polistes nimpha* yaban arılarının mezofilik bakteri florası belirlenerek elde edilen bakteri izolatlarının bal arıları (*Apis mellifera*) üzerindeki insektisidal etkilerinin belirlenmesi için bioassay denemeleri yapılmıştır. Samsun'un Terme ilçesinden sağlıklı ve ölü ergin arılar toplanmıştır. Toplanan arılardan mezofilik bakteri izolasyonu yapılarak VITEK® 2 Advanced Colorimetry™ yöntemi kullanılarak tür düzeyinde tanımlanmıştır. Çalışma sonucunda yaban arılarında *Staphylococcus lentus*, *Serratia marcescens*, *Granulicatella adiacens*, *Sphingomonas paucimobilis*, *Staphylococcus xylosus* ve *Enterococcus faecalis* bakterileri tespit edilmiştir. Ayrıca *Cryptococcus laurentii*, *Candida ciferrii* ve *Candida famata* mantarları, Microsporidium patojeni ve hücre içi paraziti olan Coccidia türü de ilk kez tanımlanmıştır. Bioassay denemeleri sonucunda *Serratia marcescens* ve *Enterococcus faecalis* bakteri türlerinin, bal arıları üzerinde oldukça yüksek derecede öldürücü etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Ayrıca tespit edilen mantarlardan da bioassay denemeleri yapılmıştır ve *Cryptococcus laurentii* ve *Candida famata* mantar türlerinin de bal arıları üzerinde öldürücü etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Yapılan çalışma ile yaban arılarının bakteri florasının belirlenmesinin yanı sıra fungal patojenler ve parazit varlığı belirlenmiştir. Zararlı böcekler ile biyolojik mücadelede oldukça etkili olduğu bilinen entomopatojenik bakterilerin, bal arılarında istenmeyen enfeksiyonlara neden olabileceği de bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışmanın yeni bakteri türlerinin tanımlanmasına da önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Apis mellifera*, Bakteriyal Flora, Coccidia, *Polistes dominula*, *Polistes nimpha*.

ABSTRACT

PATHOGEN PRESENCE OF EUROPEAN PAPER BEES, *Polistes dominula* (Christ, 1791) (Hymenoptera: Vespidae) AND *Polistes nympa* (Christ, 1791) (Hymenoptera: Vespidae)

DİDEM SAĞIRKAYA

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MOLECULAR BIOLOGY AND GENETICS

MASTER THESIS, 63 PAGES

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ÖMER ERTÜRK)

Bees are an essential part of biodiversity and terrestrial ecosystems and are the main pollinator for agriculture and an important source of honey. Among the bees, there are wild bees that attract a lot of attention with their different lives. In this study, bioassay experiments were carried out to determine the insecticidal effects of bacterial isolates on honey bees (*Apis mellifera*) by determining the mesophilic bacterial flora of *Polistes dominula* and *Polistes nympa* wasps. Healthy and dead adult bees were collected from the Terme district of Samsun. Mesophilic bacteria were isolated from the collected bees and identified at the species level using the VITEK® 2 Advanced Colorimetry™ method. As a result of the study, *Staphylococcus lentus*, *Serratia marcescens*, *Granulicatella adiacens*, *Sphingomonas paucimobilis*, *Staphylococcus xylosus* and *Enterococcus faecalis* bacteria were detected in wasps. In addition, *Cryptococcus laurentii*, *Candida ciferrii* and *Candida famata* fungi, Microsporidium pathogen and Coccidia species, an intracellular parasite, were also identified for the first time. As a result of the bioassay trials, it was observed that the bacterial species *Serratia marcescens* and *Enterococcus faecalis* have a very high lethal effect on honey bees. In addition, bioassay experiments were carried out from the detected fungi and it was observed that *Cryptococcus laurentii* and *Candida famata* fungal species also had a lethal effect on honey bees. In this study, besides the determination of the bacterial flora of wasps, the presence of fungal pathogens and parasites was determined. This study also revealed that entomopathogenic bacteria, which are known to be very effective in biological control against harmful insects, can cause unwanted infections in honey bees. In addition, it is thought that the study will make important contributions to the identification of new bacterial species.

Keywords: *Apis mellifera*, Bacterial flora, Coccidia, *Polistes dominula*, *Polistes nympa*.

TEŞEKKÜR

Tüm alıőmalarım boyunca her zaman bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren lisansüstü eğitimim boyunca tez konunun seimi, alıőmalarımın yrtlmesi sırasında deneyim ve bilgilerini benimle paylaőan danıőman hocam Doç. Dr. Ömer ERTÜRK'e teşekkür ederim.

Tez çalıőmalarım sırasında her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen arkadaőım Mikrobiyoloji Uzm. Dr. Selim GRGN'e, Alev ALDAŐ'a ve Halim TOPAL DEMİR'e en içten teőekkürlerimi sunarım.

Aynı zamanda, manevi desteklerini her an üzerimde hissettiğim Aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VII
ÇİZELGE LİSTESİ	VIII
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ	1
1.1 Arılar.....	1
1.1.1 Arıların Genel Özellikleri.....	2
1.1.2 Yaban Arıları (Vespidae).....	3
1.1.3 <i>Polistes dominula</i> (Christ, 1791).....	6
1.1.4 <i>Polistes nimpha</i> (Christ, 1791).....	12
1.2 Patojenler.....	17
1.3 Parazitlik.....	18
1.4 Coccidia.....	19
1.5 Mikrosporidia.....	21
2. GENEL BİLGİLER	23
3. MATERYAL ve YÖNTEM	29
3.1 Yaban Arıların Toplanması.....	29
3.2 Bakteriyal Florayı Oluşturan Bakterilerin İzolasyonu ve Karakterizasyonu.....	29
3.3 Saf Kültürlerin Hazırlanması.....	31
3.4 Saf Kültürlerin Stoklanması.....	31
3.5 Bakteriyal İzolatların Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	31
3.5.1 Koloni Morfolojisinin Belirlenmesi.....	31
3.5.2 Basit Boyama.....	31
3.5.3 Gram Boyama.....	32
3.5.4 Endospor Boyama.....	32
3.5.5 Kristal Boyama.....	32
3.6 İzolatların Tür Tayinlerinin Yapılması.....	32
3.7 İzolatların İnsektisidal Etkilerinin Belirlenmesi.....	33
3.8 Taramalı elektron mikroskobu için numune hazırlama:.....	35
3.9 Makroskobik Çalışmalar.....	35
3.10 Işık Mikroskobu Çalışmaları.....	35
3.11 Transmisyon Elektron Mikroskobu Çalışmaları.....	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	37
4.1 Bakteriyal İzolatların Morfolojik Özellikleri.....	38
4.2 İzolatların İnsektisidal Etkileri.....	43
4.3 Işık Mikroskobu Çalışmaları ile Mikrospor Enfeksiyonunun Belirlenmesi.....	45
4.4 Işık Mikroskobu Ve Taramalı Elektron Mikroskobu Çalışmaları İle Hücre İçi Parazit Varlığının Belirlenmesi.....	46
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	49

6. KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ	63

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Arının genel vücut yapısı.....	3
Şekil 1.2 <i>Polistes dominula</i> Christ, 1791 dişi (♀) ve erkeklerinin (♂) ağız parçaları (sağda) dorsal ve ventralden genel vücut görünüşleri.	7
Şekil 1.3 <i>Polistes nimpha</i> (Christ, 1791)'nin Genel görünüşü (a), Baş ve Üstten görünüşü (b), Baş ve mezozomanın Dorsal görünüşü (c), Metazomanın Dorsal görünüşü (d)	12
Şekil 1.4 <i>Coccidia</i> ookist'lerinin görünümü.....	20
Şekil 1.5 Mikrosporidia görüntüsü.	21
Şekil 3.1 Bakterilerin izolasyon yöntemi şeması.....	30
Şekil 3.2 İzolatların tür tayinleri.	33
Şekil 3.3 Bal arıları İnsektisidal etkileri için kurulan deney düzeneği	34
Şekil 3.4 Elde edilen bakteriler ve hazırlanan çözeltiler.....	34
Şekil 4.1 Samsun Terme lokalitesi <i>Serratia marcescens</i> (1) ve <i>Granulicatella adiacens</i> (2) bakterilerine ait mikroskop ve petri görüntüsü.	39
Şekil 4.2 Samsun Terme lokalitesi <i>Enterococcus faecalis</i> (6) ve <i>Staphylococcus xylosus</i> (9) bakterilerine ait mikroskop ve petri görüntüsü.....	39
Şekil 4.3 Samsun Terme lokalitesi <i>Sphingomonas paucimobilis</i> (11) ve <i>Staphylococcus lentus</i> (13) bakterilerine ait mikroskop ve petri görüntüsü.40	
Şekil 4.4 <i>Staphylococcus lentus</i> taramalı elektron mikroskop görüntüsü.....	40
Şekil 4.5 <i>Serratia marcescens</i> taramalı elektron mikroskop görüntüsü	41
Şekil 4.6 <i>Granulicatella adiacens</i> taramalı elektron mikroskop görüntüsü.	41
Şekil 4.7 <i>Sphingomonas paucimobilis</i> taramalı elektron mikroskop görüntüsü.....	42
Şekil 4.8 <i>Staphylococcus xylosus</i> taramalı elektron mikroskop görüntüsü.	42
Şekil 4.9 <i>Enterococcus faecalis</i> taramalı elektron mikroskop görüntüsü.....	43
Şekil 4.10 <i>Serratia marcescens</i> ve <i>Enterococcus faecalis</i> bakterilerininin <i>Apis mellifera</i> üzerindeki insektisidal etkisi.....	44
Şekil 4.11 <i>Cryptococcus laurentii</i> ve <i>Candida famata</i> mantarlarınının <i>Apis mellifera</i> üzerindeki insektisidal etkisi.....	44
Şekil 4.12 Işık mikroskobunda mikrosporların görünümü.	46
Şekil 4.13 Işık mikroskobunda coccidian patojeni.....	47
Şekil 4.14 Taramalı elektron mikroskobunda (SEM) coccidian patojeni.....	47

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 <i>Apis mellifera</i> 'nın sistematığı.....	2
Çizelge 1.2 <i>Polistes dominula</i> 'nın sistematığı	7
Çizelge 1.3 <i>Polistes nimpha</i> 'nın sistematığı.	12
Çizelge 2.1 Bal arıları ile ilişkili başlıca bakteri türleri.	24
Çizelge 4.1 Çalışmada <i>Polistes dominula</i> 'dan elde edilen izolatlar, laboratuvar kodları ve yüzde oranları.....	37
Çizelge 4.2 Çalışmada <i>Polistes nimpha</i> 'dan elde edilen izolatlar, laboratuvar kodları ve yüzde oranları.....	37
Çizelge 4.3 <i>Polistes dominula</i> ve <i>Polistes nimpha</i> 'dan izole edilen bakteri ve mantarların morfolojik özellikleri.....	38
Çizelge 4.4 <i>Polistes dominula</i> ve <i>Polistes nimpha</i> 'dan izole edilen bakteri ve mantarların <i>Apis mellifera</i> üzerine insekdisidal etkileri Abbott's analizi sonuçları.....	43

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

kV	: Çözünürlük Değeri
ddH₂O	: İki kere Deiyonize Su
JH	: Juvenil Hormon
CaCl₂	: Kalsiyum Klorür
µL	: Mikrolitre
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
M	: Molar
pH	: Potansiyel Hidrojen
KCl	: Potasyum Klorür
rRNA	: Ribozomal Ribonükleik Asit
cm	Santimetre
NaHCO₃	Sodyum Bikarbonat
NaCl	Sodyum Klorür
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TEM	Transmisyon Elektron Mikroskobu
CBB	Ventral Işın Sayısı
RMS	Yanıt Yüzey Yöntemi

1. GİRİŞ

1.1 Arılar

Tozlaşmadaki ve bal üretimindeki rolleriyle bilinen arılar, yaban arıları ve karıncalarla yakından ilişkili uçan böceklerdir. Apidae ailesinin içinde yer alan tek tip bir soydur. Günümüzde Anthophila sınıfı olarak kabul edilirler. Yedi biyolojik ailede bilinen 16.000'den fazla arı türü bulunmaktadır (Danforth ve ark., 2006).

Arılar, Antarktika dışında her kıtada ve böceklerle tozlaşabilen çiçekli bitkileri barındıran bütün habitatlarda bulunabilirler. En yaygın arılar Kuzey Yarımküre de yer alan Halictidae arı veya ter arılardır, ancak bunlar küçüktür ve genellikle yaban arısı veya sinek ile karıştırılırlar. Arıların boyutları, işçileri 2 milimetreden daha kısa olan küçük iğnesiz arı türlerinden, dişileri 39 milimetre uzunluğa ulaşabilen en büyük yaprak kesici arı türü olan *Megachile pluto* B. Smith, 1860 (Hymenoptera: Megachilidae)'ye kadar değişiklik göstermektedir. Arıların omurgalı predatörleri arasında; kuşlar gibi arı yiyiciler, böcek avcıları ve bunların yanında kuzu kurtları ve yusufçuklar sayılabilir. Arılarda tozlaşma hem ekolojik olarak hem de ticari olarak önemlidir ve yabani arıların sayılarındaki azalma, ticari olarak kontrolü sağlanan bal arılarının kovanlarının tozlaşmasının değerini artırmaktadır (Sakagami ve Zucchi, 1974).

Bal arıları (şu ana kadar on türü tanınan *Apis* cinsi) yüksek düzeyde sosyal olup en iyi bilinen böcekler arasında yer alır. Kolonileri, bir kraliçe ve birkaç yüz işçi arıdan oluşan sürüler tarafından oluşturulur. Bu türlerden biri olan *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera. Apidae)'nin Avrupa, Orta Doğu ve Afrika'ya özgü 29 alt türü vardır (Sanford, 2006). *A. mellifera* sistematigi Çizelge 1.1 de gösterilmiştir.

A. mellifera'nın en önemli yararları tarımsal üretimde çiçekli bitkilerin tozlaşmasını sağlamak ve bal üretmektir. Hızlı nüfus artışı ile birlikte insanların gıdaya olan talepleri de hızlı bir şekilde artış görülmektedir. Bu gereksinimleri karşılamak için üretimin yükselmesi ve devamlılığın sağlanması açısından arılar büyük öneme sahiptirler (McGregor, 1976).

Çizelge 1.1 *Apis mellifera*'nın sistematığı

Alem : Animalia (Hayvanlar)
Şube : Arthropoda (Eklembacaklılar)
Sınıf : Insecta (Böcekler)
Takım : Hymenoptera (Zar kanatlılar)
Familya : Apidae (Arılar)
Cins : <i>Apis</i> (Bal arıları)
Tür : <i>Apis cerana</i> Fabricius, 1793
<i>Apis andreniformis</i> F. Smith, 1858
<i>Apis dorsata</i> Fabricius, 1793
<i>Apis florea</i> Fabricius, 1787
<i>Apis koschevnikovi</i> Enderlein, 1906
<i>Apis laboriosa</i> Smith, 1871
<i>Apis lithohermaea</i> Engel, 2006
<i>Apis nearctica</i> Engel, Hinojosa-Diaz & Rasnitsyn, 2009
<i>Apis nigrocincta</i> F. Smith, 1861
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758

Arılarda görülen hastalıkların yaygınlığı ve zararlılarının çeşitliliği; ekonomik zararlara, yavru ve bal üretiminin düşmesine, arılarda kış kayıplarına ve kolonilerin ilkbahar gelişmelerinin yavaşlamasına sebep olmaktadır. Ülkemizdeki bal veriminin az olmasının en büyük sebeplerinden birisi de bal arısı hastalık ve zararlıları olarak gösterilmektedir (Uygur ve Girişgin, 2008).

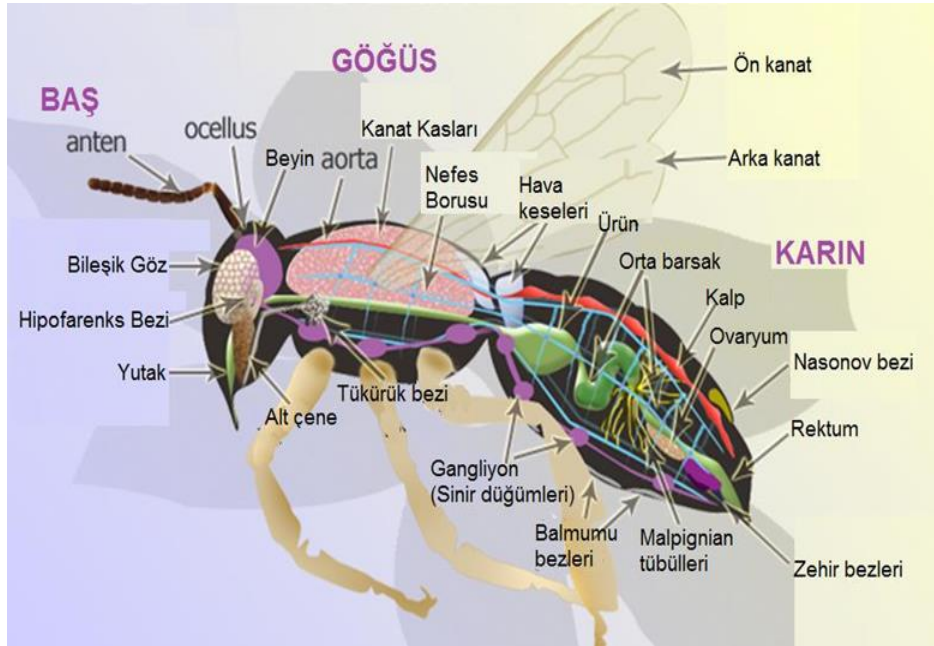
Arıcılık veya insan arıcılığı, Eski Mısır ve Antik Yunan zamanlarından bu yana hemen hemen bin yıldır yapılmaktadır ve Kuzey Yarımkürede çok daha yaygındır. Arıların ataları, diğer böceklerle beslenen Crabronidae familyasındaki yaban arılarıdır. Böcek avından polene geçişin evrimi, çiçek ziyaretleri sırasında kısmen polenle kaplı yaban arısı larvalarıyla beslenmeleri sonucunda gerçekleşmiş olabilir (Cardinal ve Danforth, 2011).

1.1.1 Arıların Genel Özellikleri

Başın büyük bir kısmını kaplayan bir çift büyük bileşik göz, bunların arasında ve üstünde ışık yoğunluğuyla ilgili bilgi iletimini sağlayan üç küçük basit göz (ocelli) vardır. Antenler genellikle erkeklerde 13, dişilerde 12 bölmeye sahip olup, genikulat yapıdadır ve kısmen bir dirsek eklemi vardır. Dokunmayı, kokuyu ve tadı algılayabilen

çok sayıda duyu organı barındırırlar. Hava hareketlerini algılayabilen tüy benzeri mekanoreseptörleri sayesinde, aynı zamanda sesleri duymada da kullanırlar.

Ağız kısımlarındaki bir çift çene ve nektarı emmek için uzun bir hortumu sayesinde hem çiğneme hem de emme için uyarlanmış yapılara sahiptirler. Göğüste, her birinde bir çift bacak ve ilk bölüm hariç arkadaki iki bölümde ise üzerinde iki çift zarlı kanatın yer aldığı üç bölüm bulunur. Birçok türde arka ayaklar, toplanan poleni sabitlemek için kıvrık tüylerle düzleştirilmiş bölümler ve/veya polen sepetleri bulundurulur. Biraz daha küçük olan arka kanatlar, ön kanattaki bir deliğe bir kanca yardımıyla bağlanarak uçuş esnasında kanatların eş zamanlı olarak hareket etmesi sağlanır. Karın dokuz bölümden meydana gelir, en sondaki üç bölüm çiftleşme ve dişilerde iğne ile ilgili kısımları barındırmaktadır (Hedtke ve ark., 2013).



Şekil 1.1 Arının genel vücut yapısı

1.1.2 Yaban Arıları (Vespidae)

Arılar, doğada en ilginç canlılar ve sosyal böcekler olarak anılmaktadır ve arı deyince de aklımıza ilk olarak bal arıları gelmektedir. Fakat, bu familya içerisinde bal arılarının dışında farklı yaşam döngüleriyle ilgi çeken yaban arıları da bulunmaktadır. Birçoğumuz bu yaban arılarından korkar, onları öldürmek, yok etmek isteriz. Doğada çeşitli nedenlerle bu hayvanların sayısı giderek azalmaktadır. Yaban arısı yuvalarının

doğrudan imha edilmesi ve ilkbaharda uçan kraliçelerin öldürülmesi bu arıların giderek azalmasının önemli nedenlerindedir. Doğal alanların ve ormanların hızla yok edilmesi de bunda büyük bir rol oynamaktadır. Ayrıca bilinçsiz olarak kullanılan insektisitlerin (böcek ilaçları) çevreyi sinsice zehirlemeleri ve yaban arılarının besin kaynaklarını oluşturan böceklerin bu insektisitleri vücutlarına doğrudan almaları da giderek azalmalarında önemli bir etkidir (Kulike, 1986).

Yaban arıları, dünya çapında yüz binden fazla tanımlanmış türü olan ve henüz tanımlanmamış çok daha fazla türü olduğu düşünülen çeşitli bir gruptur. Yaban arısı, Hymenoptera takımındaki Apocrita alttakımından ne arı ne de karınca olan Vespidae familyasına ait kanatlı böceklerdir. Sarı ceketler ve eşek arıları gibi en yaygın bilinen yaban arıları Vespidae ailesindedir ve yumurtlayan bir kraliçe ve üremeyen işçilerle birlikte bir yuvada birlikte yaşarlar. Hymenopterlerde olduğu gibi haplodiploid cinsiyet belirleme sistemi vardır. Bu, dişilerin dişi kardeşleri ile alışılmadık şekilde yakın akraba olduğu anlamına gelmektedir. Bu da akraba seçiminin tüm sosyal davranışın evrimini desteklemesini sağlar. Bununla birlikte, yaban arısı türlerinin çoğunluğu, her ergin dişi bağımsız olarak yaşar ve üremek için yalnızdır. Dişiler diploid, yani (2n) kromozoma sahiptirler ve döllenmiş yumurtalardan gelişirler. Erkek arı adı verilen erkek ise haploid, yani (n) sayıda kromozoma sahiptir ve döllenmemiş yumurtadan gelişir (Grimaldi ve Engel, 2005). Yaban arıları, spermi vücutlarının içinde depolar ve yumurtlama sırasında her bir yumurta için sperm salımını kontrol ederler. Bir dişi, erkek bir yumurta üretmek için, yumurtayı döllemeden bırakır. Bu nedenle, çoğu türdeki çoğu koşulda, yaban arısı yavrularının cinsiyeti üzerinde tam kontrole sahiptir (Houston, 2013).

Yaban arılarının büyük bir çoğunluğu tozlaşmada rol oynamasa bile, birkaç türleri polenleri etkili bir şekilde taşıyabilir ve çeşitli bazı bitki türlerini tozlaştırabilirler. Bazı arılarda olduğu gibi yaban arısı genellikle kürk benzeri yumuşak tüy örtüsüne ve polen depolamak için özel bir vücut parçasına (polen sepeti) sahip olmadığı için, polen onlara iyi derecede yapışmaz (Sühs ve ark., 2009).

Yaban arısı larvaları kurtçuklara benzer ve korunaklı bir ortamda yaşam sürdürebilmeleri için uyarlanmıştır. Bu, bir konak organizmanın gövdesi veya bir

yuvadaki bir hücre olabilir, burada larva ya kendisi için kalan yiyeceği yiyor ya da sosyal türlerde erginler tarafından besleniyor. Bu tür larvaların uzuvları olmayan yumuşak gövdeleri ve muhtemelen hücrelerini kirletmemeleri için kör bağırsakları vardır (Hoell ve ark., 1998).

Birçok yaban arısı türü parazitoittir ve ergin dişiler yumurtalarını larvalarının beslenmesini sağlayacağı konak eklembacaklıların üzerine ve/veya içine bırakırlar. Bazı larvalar yaşamlarına parazitoit olarak başlarlar, fakat daha sonra konaklarının beslediği bitki dokularını tüketirler. Diğer türlerde ise yumurtalar doğrudan bitki dokularına bırakılır ve bu durum gelişmekte olan larvaları predatörlerden korur, fakat diğer parazitik yaban arılarından koruyamaz. Bazı türlerde ise larvaların kendileri yırtıcıdır. Bir yaban arısı parazitoidi olan *Venturia canescens* (Gravenhorst, 1829) (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nin dişileri, akraba tanıma sistemleri sayesinde kardeşleriyle çiftleşmekten kaçınabilir. Bir dişinin akrabası olmayan bir erkekle çiftleşme olasılığı, erkek kardeşleriyle çiftleşme olasılığının yaklaşık iki katı kadardır. Dişi yaban arıları, erkeklerin taşıdığı ya da yaydığı kimyasal bir iz ile kardeşlerini tanıyor gibi görünmektedirler (Metzger ve ark., 2010). Kardeşleriyle çiftleşmeden kaçınma, büyük ölçüde homozigot zararlı resesif mutasyonların frekansını düşürerek akraba depresyonunu azaltmaktadır (Charlesworth ve Willis, 2009).

Yaban arısı yumurtaları diğer böcekler tarafından bırakılan yumurta kümelerinde birikirler ve bunlar daha sonra gelişen yaban arısı larvaları tarafından tüketilirler. Predatör yaban arısı türleri de avlarını sokarak felç ederler ve daha sonra yumurtalarını konağının üzerine bırakırlar ya da konağını yuvalarına götürerek yuvaya mühürleyip üzerine yumurtalarını bırakırlar. Bu konaklarını, gelişmekte olan tek bir larvayı beslemek için kullanırlar. Yavrularına yiyecek sağlamanın dışında anne bakımı yapmazlar. Guguk yaban arısı Chrysididae ailesinin üyeleri ise kleptoparazitlerdir ve yumurtalarını akraba olmayan konak türlerin yuvalarına bırakırlar (O'Neill, 2001).

Bazı sosyal yaban arıları omnivordur; nektar, düşmüş meyve veya ölü böcekler gibi leşlerle beslenirler. Ergin erkek yaban arısı bazen nektar elde etmek için çiçekleri ziyaret eder. *Polistes fuscatus* (Fabricius, 1793) (Hymenoptera: Vespidae) gibi bazı yaban arıları, genellikle öncesinde yem bulmak için av buldukları yerlere geri dönerler

(Richter, 2000). Birçok sosyal türde larvalar, erginler tarafından büyük bir istekle tüketilen bol miktarda tükürük salgısı salgırlar. Bunlar hem şekerleri hem de aminoasitleri barındırır ve böylelikle erginlerde mevcut olmayan gerekli protein yapıcı besinleri temin edebilirler (Wilson, 2000).

Sosyal yaşam sürdüren arılar, ağaç dallarından kemirilmiş selülozlu maddeleri ve ağaç kurdu yeniği olan talaşı çiğneyerek kağıt gibi ince tabakalar meydana getirirler. Oluşan bu tabakaları yuva malzemesi olarak kullanırlar. *Polistes* cinsinde yuvalar, saçak altlarına, ağaç kovuklarına ve pencere çevrelerinde, ağırlık merkezine yakın bir noktadan ince ve kısa bir sap ile yapılırken, *Vespa* cinsine bağlı türlerde ise yuvalar, bina çatılarında, ağaçlar üzerinde bazen de toprak altlarındaki tünellerde ya da üzeri otlarla kaplı ufak sığınaklarda yapılır (Tutkun, 1988). Bir yaban arısı kolonisinde kurucu ve yumurtlayıcı bir **ana arı**, kısır dişilerden oluşan **işçi arılar** ve yılın bazı dönemlerinde karşılaşılan **erkek arılar** bulunur. Ana arı sonbaharda erkeklerle çiftleşir. Topluluğun yaşam süresi mevsimlik olduğundan sonbaharda işçi ve erkek arılar ölür. Kışı yalnızca ana arı ergin olarak taş ve yosunların altında geçirir ve ertesi senenin ilkbaharında yeni koloniyi meydana getirir. Bunun için ilk olarak birkaç petek göz inşa eder ve ilk yumurtalarını bırakır. İlk larvalarını getirdiği avlarla besler ve ilk işçiler de ergin olunca bakım işlerini onlara devreder (Kulike, 1986).

Yaban arıları genelde sanıldığı düzeyde korkulacak ya da endişelenecek canlılar değildirler. Ancak yuva yerini korumak ve savunmak için bir karşı saldırı söz konusu olabilmektedir. Bu durum hemen hemen her hayvan türü için geçerli son derece doğal bir davranıştır. Bazı yaban arılarının bal arılarına ve meyve bahçelerine zarar verdikleri görülmesine rağmen, bununla mücadele için yaban arılarını yok etmek izlenecek bir yol olmamalıdır. Yaban arılarının yoğunluğunun çok olduğu yerlerden arılıkların uzakta konuşlanması ve kovan giriş deliklerinin küçültülmesi önlem olarak düşünülebilir. Bunun dışında, bazı feromonlar kullanılarak yaban arılarını belirli bazı bölgelere çekmek de mümkün olabilir (Tolon, 1999).

1.1.3 *Polistes dominula* (Christ, 1791)

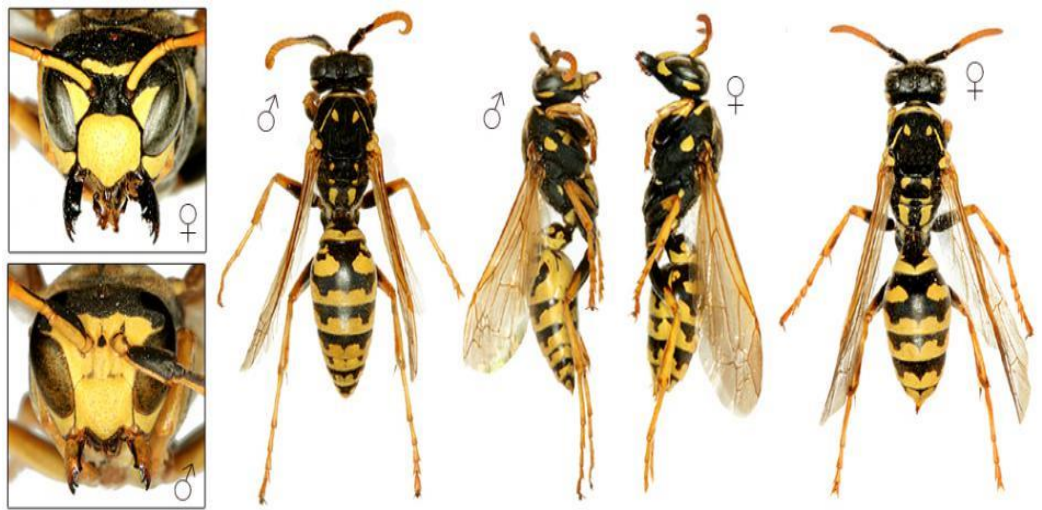
Polistes dominula (Avrupa kağıt yaban arısı) Avrupa'da en çok bulunan Vespidae familyasına ait bir yaban arısı türüdür. *P. dominula* türü sık olarak

kariştirılan diğer bir tür olan *Polistes gallicus* (Linnaeus, 1767) (Hymenoptera: Vespidae) olarak da anılır. *P. dominula* sistematigi aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 1.2), (Madden ve ark., 2010).

Çizelge 1.2 *Polistes dominula*'nın sistematigi

Alem : Animalia (Hayvanlar)
şube : Arthropoda (Eklembacaklılar)
Sınıf : Insecta (Böcekler)
Takım : Hymenoptera (Zar kanatlılar)
Familiya : Vespidae (Yaban arılar)
Cins : *Polistes*
Tür : *Polistes dominula* (Christ, 1791)

P. dominula, Akdeniz, Kuzey Afrika, Güney Avrupa, Orta Doğu ve Doğu Çin çevresindeki Palearktık Bölgeye özgü bir türdür. 1970'lerde ve 1980'lerde Kuzey Amerika'nın Yakın Kutup Bölgesi'nde de ortaya çıkmıştır. İlk olarak Amerika Birleşik Devletleri'nin doğu kıyısında bulunmalarına rağmen, o zamandan beri Orta Batı'ya ve son zamanlarda Batı ve Güneybatı Amerika Birleşik Devletleri'ne doğru yayılmışlardır. *P. dominula*, 1990'larda Ontario, Nova Scotia ve British Columbia dahil olmak üzere Kanada'da ve ayrıca Neotropikal Bölgede şili ve Arjantin ile Avustralya Bölgesinde Batı Avustralya'da da tanıtılmışlardır (Cervo ve Turillazzi, 1985).



şekil 1.2 *Polistes dominula* Christ, 1791 dişi (♀) ve erkeklerinin (♂) ağız parçaları (sağda) dorsal ve ventralden genel vücut görünüşleri (Khalid ve ark., 2012)

P. dominula, karın boyunca küme halinde halkalar ve karın üzerinde çeşitli yerlerde bulunan, cinsiyet ile ilişkili sarı lekeler içeren siyah yaban arısıdır. Clypeus (baş kısmında bulunan zırhlı bölüm) renklendirme desenlerindeki farklılıklar, saldırganlık ve buldukları statü seviyelerini düşündürtebilir. Bazı bireylerin clypeusunda bir nokta bulunur ve clypeus üzerinde daha fazla miktarda siyah, baskınlığı ve ayrıca fiziksel boyutu gösterir. Flagella (antenneler) parlak kırmızımsı turuncudur (Buck ve ark., 2008a, b; Green ve Field, 2010). *P. dominula*, yerli Kuzey kağıt yaban arısından daha küçüktür ve yaklaşık olarak 2.0 cm uzunluğundadır. İki taraflı simetrik ve vücutları, göğüs ve karın arasında ince bir daralma ile baş, göğüs ve karın dahil olmak üzere üç bölümden oluşur. Altı bacakları, bir çift antenleri, bir çift kanatları vardır. Mezopleuronda, propodeum boyunca (toraksa kaynaşmış ilk abdominal segment) çıkıntı yapan bir girinti vardır. Kendi cinslerindeki diğer türlerle karşılaştırıldığında, *P. dominula*'nın arka ayakları vücutlarının biraz altında olacak şekilde uçtuğu bilinmektedir (Buck ve ark., 2008a; Cranshaw, 2014). Renklenme ve boyut eşeyssel dimorfizm göstermektedir. Ventral yüzey dişilerde siyah, erkeklerde sarı renktedir. Dişiler erkeklerden daha büyük olma eğilimindedir. Dişi ön kanat uzunluğu 9.5 ile 13.0 mm arasında değişirken, erkeklerin ön kanatları 8.5 ile 12.0 mm arasında değişmektedir (Buck ve ark., 2008a, b).

Gelişme metamorfoz şeklinde, yumurtaların larvalara dönüşmesiyle gerçekleşir ve larvalar hem kraliçe arı hem de yiyecek toplayan işçi arılar tarafından beslenir. Larvalar ilk olarak pupaya daha sonra ergine dönüşür. Sıcaklık ve beslenme koşulları uygun olduğunda, yumurtalar 40 gün içinde ergine dönüşür. Ergin *P. dominula*'nın sebep olduğu titreşimler, gelişmekte olan larvaların işçi mi yoksa kurucu mu olacağını etkiler. Bu titreşime, larvaları biyokimyasal olarak etkileyen ve larva aşamasında genin ifadesini değiştiren anten davulları sebep olur (Suryanarayanan ve ark., 2011). Juvenil Hormon (JH) birçok *Polistes* türünde bulunur ve gelişim, diyapoz ve üremeyi düzenlemede fonksiyon görür. Diğer türlerde JH tepkisi işçiler arasında farklılık gösterirken, *P. dominula*'da JH'nin tepkisi pozisyona bağlıdır ve işçiler arasında tepki verme konusunda net bir ayrım yoktur (Tibbetts ve ark., 2011).

P. dominula kolonilerinde üreme sırasında, bir kraliçe arı genellikle birden fazla erkekle çiftleşir. Kalıcı erkek arılar genellikle geçici erkek arılardan daha sık

kraliçe ile çiftleşir. Birkaç ardışık gün boyunca, kalıcı erkek arılar uçuşlarında bir dönüm noktasını savunurken, geçici erkek arılar birden fazla yer işareti arasında uçabilirler. Tercih ettikleri yer işaretleri ise genellikle büyük ağaçlardır. Kanatlarını, gövde tüneklerini, bacaklarını ve son sterniti (sternumun karnın ventral kısmındaki bileşeni) üzerlerine sürterek işaretleyebilirler. Bir kraliçe arı erkek arıları seçerken, farklı erkeklerin bölgeleri üzerinden uçar ve kalıcı bir erkeği seçme eğilimindedir, çünkü ikamet genellikle bir erkeğin büyük, saldırgan ve cinsel açıdan aktif olduğunu göstermektedir. Larvalar geliştikten sonra işçi arılar, kurucuya kooperatif üreme yoluyla larvalar için yiyecek sağlamada yardımcı olurlar (Beani ve Turillazzi, 1987; Beani ve ark., 1992). Kraliçe yaban arısı, yuva arkadaşı olmayan erkek arılarla, yuva arkadaşı olan erkek arılardan daha fazla çiftleşme eğilimindedir. Buna karşılık, erkek arılar da yuva arkadaşı olan veya olmayan dişiler arasında bir ayrım yapmazlar. Kraliçe, erkeklerin önemli sayıda çiftleşme çabasını reddeder. Dişilerin birkaç erkekle çiftleştiği bilinmektedir ve bu nedenle dişilerde çiftleşme sonrası bir seçim biçimi öngörülmektedir (Liebert ve ark., 2010).

Davranış olarak *P. dominula* hareketli olmak ile birlikte uçarak ve yürüyerek hareket eder. Sosyaldirler ve çalışan yaban arısı içindeki aşama sıraları dahil olmak üzere kraliçe ile işçiler arasında hakimiyet aşamaları sahip kolonilerde yaşarlar. İşçi arılar arasında dört tipik davranış meydana gelmektedir. Bunlar; yuvadaki genel hareketler ve davranışlar, av arama, yuvanın daha fazla inşa edilmesi ve yuvada yerleşik olmayı içermektedir. *P. dominula* gündüzdür ve gece olduğunda yuvaya dönerler (Theraulaz ve ark., 1990; Karsai ve ark., 1996). Agresif davranışlar kayıp verdiğinden, clypeal renklendirme de farklı bir yüz fenotipine sahip olmak, diğer yaban arısı ile rekabet seviyesini azaltabilir. *P. dominula*, clypeal modeline göre daha zayıf bir rakibe meydan okuma olasılığı daha yüksek olabilir (Theraulaz ve ark., 1992; Tibbetts ve Dale, 2004; Cervo ve ark., 2008; Sheehan ve Tibbetts, 2009; Green ve Field, 2010).

P. dominula bireylerinde iletişim ve algı, bireyler arasındaki farklılıklar, iş birliği düzeyini yükseltir ve eşzamanlı olarak yaban arıları arasındaki saldırganlık seviyesini azaltır. Fakat, yaban arısının daha önce karşılaşmış olmadığına bakılmaksızın, saldırgan davranışların miktarları aynı olduğundan, bireysel tanıma

uymayabilir (Sheehan ve Tibbetts, 2010). *P. dominula*, kütikülün dış mumsu tabakası olan epikutikül üzerinde bulunan izole edilmiş kütiküler hidrokarbonları, bu hidrokarbonların, kimyasal bir tanımlama sinyali görevi görmesi ile yuva arkadaşları ve koloni olmayan üyeler arasında ayırım yapılabilir (Bruschini ve ark., 2011). *P. dominula*, dokunsal iletişimini binme ve vuruşma olarak iki tür baskınlık davranışında kullanır. Daha aşırı biçim olan kurgu da, antenini başka bir yaban arısının kafasına vurup daha baskın olur ve bu da alıcı yaban arısının yanıt olarak başını ve antenlerini indirmesine neden olur. Boks, bir yaban arısının ön bacaklarını başka bir yaban arısına vurmak için kullanması ve rakibinin etrafını kıvrıp rakibinin etrafına dolanarak baskınlık kazanmaya çalışması da vuruşma davranış biçimidir. *P. dominula*, daha incelikli analizlerinde diğer yaban arısı kafalarına antenleriyle veya tamburlarıyla karınlarına vurarak onları inceler (Izzo, 2011). Bu arılar omnivordur, fakat bazen predatördür, böcek larvaları ile ve tırtıllarla beslenirler. Ayrıca çiçeklerden yaprak biti, bal özü ve nektar da tüketirler (Cervo ve ark., 2008).

P. dominula yetişme ortamları, orman ve otlak ekosistemleri dahil olmak üzere ılıman ve karasal habitatlardır. Kentsel ve tarımsal bölgelerde yaşarlar. İnsan yapılarında yuva yaptıkları için insanlar ile yakın yaşamaya eğilimlidirler. Ayrıca ormanlarda, beslenebilecekleri ve yuva yapabilecekleri bitkilerde yaşarlar. Yuvalama yaparken çoğunlukla çiftlik makineleri ve rekreasyon yapıları tarafından oluşturulmuş olan bölgeleri seçerler. Kış aylarında, kraliçe arılar, ev duvarları ya da içi boş ağaçlar ve oyukları gibi korumalı alanlarda yaşarlar (Buck ve ark., 2008a; Jacobs, 2011; Rusina ve ark., 2011b). Nisan ve Mayıs aylarında, genellikle karanlık, korunaklı yerlerde yuvalar kurarlar. Yuva yapmak için genellikle insan yapımı yapıları ve ayrıca koruyucu kayaları tercih ederler. Dişi arıları bazen başka dişi kurucular olmadan tek başlarına da yuva yaparlar. Alternatif olarak, dişiler diğer döllenenmiş dişilerle yuva yapmayı ve birden çok temel yuva alanı oluşturmayı seçerler. Bazen dişiler, başka bir kurucu tarafından terk edilmiş bir yuvayı devralabilecekleri sezonun ilerleyen zamanlarına kadar kış uykusu konumunda beklemeyi seçerler. Dökümhaneler, ağaç lifleri ve kağıttan yapılmış kağıt yuvalarını ahşap, metal veya kayaya tutturur. Sezon başında döllenenmiş dişi, yuvadaki birkaç kağıt hücrelerine yumurta bırakır. Sezon

boyunca işçi yaban arıları, yuvanın yeniden inşa edilmesine ve büyüklüğünün artmasına yardımcı olur (Cranshaw, 2008; Zanette ve Field, 2011).

Ekosistemdeki önemli rolleri, kolonilerinin bitkilerin tozlaşmasına katkı sağlamalarıdır. Yuvalarını ilkbaharda diğer yerli türlerden önce oluşturduğundan, kolonilerini önemli bir rekabet olmadan genişletebilirler. Mevsim ilk zamanlarında yuva yaparak, kuş avcılarında kaçınırlar, böylelikle hayatta kalma oranlarını erken dönemdeki yavruların hayatta kalma ve larvaları koruyabilen işçilere dönüşme ihtimalini yükseltir (Cervo ve ark., 2000; Stahlhut ve ark., 2006; Cranshaw, 2008; Jacobs 2011).

İnsanlar için olumlu etkileri, bitkileri tozlaştırarak insanlara fayda sağlar ve Tırtıllar, hornworm larvaları, lahana kurtları, çadır tırtılları ve Cimbicidae, Diprionidae ve Tenthredinidae testere sineği familyalarının larvaları gibi böceklerin kontrolün de yardımcı olurlar. Ayrıca Pollinat bitkileri zararlı popülasyonunu kontrol ederek olumlu etki sağlarlar (Cranshaw, 2008). Olumsuz etkileri ise yuvalarına çok yaklaştıklarında insanları ve diğer hayvanları sokar. Bunun yanı sıra, yerel yaban arısı türleri onlar tarafından tehdit oluşturabilir ve bu da sonucunda bölgedeki faunayı etkileyebilir (Buck ve ark., 2008a).

Akdeniz'deki yerli *P. dominula* genelde *Latibulus argiolus* (Rossi, 1790) (Hymenoptera: Ichneumonidae) ve *Xenos vesparum* Rossius, 1793 (Strepsiptera: Xenidae) gibi parazitoitler ile enfekte olurlar. Ergin parazitoitler, yumurtalarını bir konağın üzerine ve/veya içine bırakırlar, daha sonra konaklarını enfekte eden, sterilize eden ve bazen de öldüren larvalara dönüşür. Bu Kuzey Amerika parazitoitleri, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki *P. dominula*'yı konak olarak tanımadıkları için genellikle enfekte etmezler. *Wolbachia*, hem İtalya'da hem de Kuzeydoğu Amerika Birleşik Devletleri'nde erkek ve dişi *P. dominula*'yı enfekte eden parazitik bir bakteridir (Cervo ve ark., 2000; Stahlhut ve ark., 2006; Jacobs, 2011). *P. dominula* yuvaları; predatör Lepidoptera larvaları, Hymenoptera, Diptera ve Strepsiptera dahil olmak üzere yerleşik parazitleri ve parazitoitleri de barındırmaktadır (Madden ve ark., 2010).

1.1.4 *Polistes nimpha* (Christ, 1791)

Polistes nimpha, bütün Avrupa'da bulunan ve özellikle Türkiye, Finlandiya, Estonya ve Letonya'da görülen tüm sosyal bir türdür (Anonim, 1791; Pekkarinen, 1999). Ayrıca kuzey Afrika, Pakistan, İran, Hindistan (özellikle kuzeydeki Jammu, Keşmir ve Himachal Pradesh eyaletlerinde), Kazakistan, Moğolistan ve Çin'de de görülür (Carpenter, 1996). Bu bölgelerdeki iklim kışın nispeten soğuk ve karlı, yazlar ise bozkır bitki örtüsü ile birlikte genelde sıcak ve kuraktır (Bağrıaçık, 2013). *P. nimpha* kolonileri nispeten küçüktür ve kolaylıkla yönlendirilebilirler (Carpenter, 1996).

Çizelge 1.3 *Polistes nimpha*'nın sistematigi

Alem : Animalia (Hayvanlar)
Şube : Arthropoda (Eklembacaklılar)
Sınıf : Insecta (Böcekler)
Takım : Hymenoptera (Zar kanatlılar)
Familya : Vespidae (Yaban arılar)
Altfamilya : Polistinae
Cins : *Polistes*
Tür : *Polistes nimpha* (Christ, 1791)



Şekil 1.3 *Polistes nimpha* (Christ, 1791)'nın Genel görünüşü (a), Baş ve Üstten görünüşü (b), Baş ve mezozomanın Dorsal görünüşü (c), Metazomanın Dorsal görünüşü (d), (Khalid ve ark., 2012)

Polistinae, geniş bir tropikal dağılıma sahiptir ve Vespidae'nin en çeşitli alt familyasıdır. *Polistes* kalabalık bir cinsdir ve Kuzey Amerika'dan Avrasya'ya kadar yaşar. *Polistes* üyeleri, çok çeşitli siyah ve sarı renk desenler sergilerler. *P. nimpha*, akrabası olan *P. dominula*'dan genellikle daha da siyah desenlidir (Şekil 1.3). Renk özelliklerini karşılaştırarak yakından ilişkili *Polistes* türleri arasında ayırım yapılabilmektedir (Anonim, 1791).

P. nimpha, *P. dominula* ile karşılaştırıldığında genellikle daha siyah desenlidir, fakat *P. nimpha* ve *P. dominula*'nın dişileri arasında morfolojik olarak ayırım yapmak oldukça zordur. Dişilerde malar (yüzün gözün alt kısmı) bölgenin rengi (mandibula ile bileşik göz arasında) sarıdır ve 6. gastral sternum siyahtır. Erkeklerde clypeus (başın önündeki geniş plaka) yanal çıkıntılara sahiptir ve uçlarda anten segmentleri karanlıktır (Pekkarinen, 1999). *P. nimpha*'nın zehir bezinin yumurta şeklinde kaslı bir zehir kesesi bulunur. İğnenin ucu tepe noktasından ortaya doğru kıvrılır ve avuç içleri iğneden daha kısadır. Terminal palplar tüylerle kaplıdır (İşcanoğlu ve Bağrıaçık, 2011).

Yuvalar koyu çizgilerle bej renkli ve gri renklidir. Boyutları, 8.5cm×9.6cm ile 3.8cm×5cm arasında farklılık gösterir. Merkezi hücreler zemin morfolojisine göre yönlendirilir (Cervo ve Turillazzi, 1985). *P. nimpha* genelde ağaçlara ve bazen de boşluklara yuva yapar. Yuva, tek bir reçineli pedicel ve zarfla kapatılmamış bir taraktan meydana gelir (Bağrıaçık, 2013). *Polistes* yuvalarında zarf olmadığından, yuvanın içinde sıcaklık derecesi korunmaz. Bu nedenle, dış sıcaklıklar türlerin yavru gelişimi için gerekli olan sıcaklık ile aynı olmalıdır (Pekkarinen, 1999).

Tür, yuvalarını inşa ederken kağıt hamuru adı verilen bir ağız salgısı ile bitki lifleri karışımı kullanır. Yıpranmış odun ve diğer kaynaklardan çiğnenen bu bitki lifleri yuvanın yapısını meydana getirir. Lifler, yuvalama alanına yakın alanlardan toplanmaktadır. Ağız salgıları, yağmur ve hava koşullarında yuvanın dayanıklılığını gerçekleştirir. Çiğneme süresi, yuva kağıdının emiciliğini belirler. Dış özü çiğneme süresi koloniler arasında farklılık oluşturabilir. Yuvalar ayrıca organik ve inorganik malzemelerden meydana gelir. Azot ağız salgısının üretiminde kullanılırken yuvanın parçalarında ve duvarlarında oksijen, karbon, kalsiyum, silisyum, potasyum,

alüminyum ve demir bulunur. Çevre koşullarına bağlı olarak yuva yapımına katılan protein oranı değişmektedir. Buna bağlı olarak, yuva yapımında kullanılan oral salgı miktarı, yuvanın yağmura maruz kalmasıyla pozitif yönde ilişkilendirilir (Bağrıaçık, 2013). *P. nimpha* yaşam alanı için alçak ve oldukça sıcak, ekilmemiş toprakları tercih eder (Pekkarinen, 1999). Yaban arıları kapalı alanlarda, çatı ve bina saçaklarının altında ve bitkiler üzerinde yuva yapmayı tercih ederler. Sadece bir dişi temelli koloniler bitki örtüsünde bulunurken, iki veya daha fazla dişi temelli koloniler genellikle kapalı ve korunaklı alanlarda bulunur (Cervo ve Turillazzi, 1985).

Yaşam döngüsünde koloniler haplometrotik veya pleiometrotik olabilir. Haplometrotik kolonilerde tek bir dişi bulunurken, pleiometrotik kolonilerde iki veya daha fazla dişi bulunur (Cervo ve Turillazzi, 1985). Verimli kurucular kış boyunca yaşarlar ve Mayıs başında yuva yaparlar. Haziran ayının ilk yarısında ortaya çıkan ilk nesil işçileri yetiştirirler. Yaz boyunca koloniler gelişir ve işçi yetiştirmekten eşeyssel bireyler yetiştirmeye geçerler. Bu eşeyssel bireyler erkekleri ve gelecekteki kurucuları içerir. Ağustos ayında, erkek bireylerin kitlesel olarak ortaya çıkışı gözlenir ve bundan sonra da gelecekteki kurucular ortaya çıkar. Koloni yaz sonunda parçalanmaya başlar ve sonbahar boyunca gittikçe azalır. Üreyen bireyler çiftleştiğinde, erkekler ve işçiler ölür. Kışı atlatmak ve Haziran ayında döngüye yeniden başlamak için sonbaharın sonunda yalnızca gelecekteki temeller kalır (Rusina, 2011a). Türkiye'de bulunan *Polistes* kolonilerinin univoltin (yılda tek nesil veren) olduğu gözlenmiştir. *P. nimpha* kolonileri küçüktür ve koloni başına ortalama 100'den daha az işçi bulunur (Bağrıaçık, 2013).

İşçi arıları, kolonideki yaşlarına bağlı olarak belirli görevleri üstlenirler ve uzmanlaşırlar. *P. nimpha*'nın uzman toplayıcıları yuvaya yiyecek (av ve nektar) ve inşaat malzemeleri (odun hamuru ve su) getirir ve bunları işçilere verir. Bireysel toplayıcılar, aktif yaşam süresi boyunca tek ya yiyecek veya inşaat malzemesi veya her iki yüklemeye seçeneğini de yapabilir. Bir toplayıcı farklı bir yüke geçse bile, genellikle aynı işlevsel gruba (yiyecek veya inşaat malzemeleri) aittir. İşçileri bölen üç işlevsel grup vardır. Bu; bölüm, yiyecek arama ve işleme uzmanlıklarına dayanmaktadır. İlk grup inşaatçılar, inşa etmek yerine avlanmayı tercih eden ve proteinli yiyecekleri diğer bireylere verme eğiliminde olan işçilerdir. İkinci grup av

toplayıcıları, inşaat malzemeleri dağıtan ancak diğer işçilere av vermeyen işçilerdir. Üçüncü grup, yalnızca yuvadaki faaliyetlerle uğraşan, yiyecek aramayan işçilerden oluşur. Aktif inşaatçılar, işçinin hakimiyet yapısının kurulmasına ve sürdürülmesine dahil olur. Yiyecekler tek tek toplayıcılar arasında paylaşılırken, inşaat malzemesi ve su yalnızca onları ilk getiren işçi tarafından kullanılır. Yuva inşa etme süreci ve davranışında, kağıt malzemeyi inşaat yerine teslim eden toplayıcılardır. Alan üzerinde hareket eden ve bazen karnı ile sallanma hareketi gösteren kurucu; yaprak sapı, hücre tabanı veya hücre duvarının yapımı için malzemenin tamamını veya bir kısmını kavrar. Kurucular, diş özü ile malzemeleri çenelerinde tutarken karnılarını sallarlar ve hamuru uygulamak için uygun bir yer bulana kadar bu sallanma hareketine devam ederler. Kurucu bazen yuva malzemesini (kısmen veya tamamen) yuvaya getiren avcılardan da alabilir. Bu özel davranış, daha büyük yuvaları inşa eden kurucular arasında daha fazla yaygındır (Rusina ve ark., 2011b).

Dişiler kış uykusundan sonra ve yeni yuvaların kurulması sırasından genellikle saçakların altına çekilirler. Yuvaların kış aylarında yok olması olağandır. Bu nedenle kurucular bazen daha korunaklı olan ebeveyn yuvalarına sığınır. Kurucular kardeş oldukları için anne, yuvalarına dönmelerine, yeni koloniler kurmadan önce bir araya gelmelerine izin verir. Bu filopatrik olay, kurucuların ilkbaharda kolonilerini nasıl kuracaklarına rehberlik eder ve aynı zamanda yuvalarını kiminle kuracaklarını da etkiler. Bir dişinin üreme potansiyeli, kolonilerinin nispeten pleyiometrotik veya haplometrotik olup olmamasında etkili olabilir (Cervo ve Turillazzi, 1985).

Bölgesel davranışında bir erkek genelde başı yaprağın üst kısmına bakacak şekilde yere iner. Daha sonra karnının ventral kısmını sürükleyerek bir daire şeklinde dönerek başı ters yöne bakacak şekilde hareketini sonlandırır. Dönme yönü belirli bir yaban arısı için genellikle ayındır ve daha sonra arka bacaklarını ve karnını temizler. Bu hareket, eşey feromonların bölgesel tüneklerinde biriktirilmesini sağlayabilir. Erkeklerin sternal gastral hipodermisinde bulunan ekzokrin bezler, çeşitli atılımlar için biyosentez ve depolanma yeridir. Bu salgı bezleri, dişilerde kovucu ve zehir, erkeklerde potansiyel olarak eşey feromonu gibi çok çeşitli maddelerin üretiminde görev alırlar (Delfino, 1991). Yerleşik erkekler; diğer erkekler, sinekler, diğer böcekler ve hatta çim saplarının uçlarına tutturulmuş kağıt modeller dahil olmak üzere

bölgelerinin yakınında uçan her şeye saldırırlar. Yerleşik erkekler davetsiz misafirlerin başlarına, bacaklarına saldırır ve ısırır, bu da bazen antenlerinin ve bacaklarının kalıcı olarak hasar görmesine neden olur. Erkekler saldırmadan önce çeneleri açar, kanatlarını ve antenlerini yükselterek agresif duruşlar sergileyebilirler. Yaban arıları tipik olarak havada asılı kalırlar, komşu alanlar arasında kavgalar da oldukça yaygındır (Turillazzi, 1982).

Çiftleşme sırasında eş arama, *P. nimpha* habitatının sınırlı bir bölümünde yoğunlaşmıştır. Çok sayıda erkek bir araya toplanarak, çiftleşmelerin gerçekleşebileceği yerden yüksekte uçarlar veya kış uykusuna uygun yerlerin yakınına tünemiş olan dişilerin gelmesini beklerler. Erkekler belirli sıcaklık ve yalıtım koşullarında toplanır. Hava koşullarına bağlı olarak bulutlar güneşi engellediğinde, yaban arıları çitlerini terk edebilir ve güneş tekrar çıktığında geri dönebilirler (Turillazzi, 1982). Erkek bireylerin gastral sternalarını, mandibulalarını veya bacaklarını çeşitli tüneklere sürmesi yaygın bir davranıştır. Bu davranış, bir feromonal salgılama ile ilişkili görünmektedir ve bir koku işareti olarak işlev gördüğü şeklinde yorumlanır. Eylül ve Ekim ayları boyunca, erkekler alçak-kapalı duvarlarda, (çalı ve ağaç) çitlerde seçilen tüneleri koklayarak işaretlemek ve savunmak amacıyla bir araya toplanırlar. Dalların yüzeyinde dairesel hareketler yaparak gastral sternaları ile ovalamak suretiyle izlerini bırakırlar. *P. dominula*'nın bu davranışının aksine *P. nimpha*, alternatif stratejiler ya da bireyler arasında göze çarpan boyut farklılıkları göstermez. *P. nimpha*'nın eş bulma stratejisi, dinlenme ve koku işaretleme gibi bir davranış kompleksi içerir. Bu ağ içinde gezinmek için, türlerde iyi gelişmiş bir hafıza gerekir. Bu yerlerde erkeklerin bir eşle karşılaşma olasılıkları daha yüksek olduğu için; işaretler ve tüneler sıcak noktalar olarak kabul edilebilirler (Beani, 1992).

P. nimpha, *Latibulus argiolus* (Rossi) (Hymenoptera: Ichneumonidae) ve *Elasmus schmitti* Ruschka 1920 (Hymenoptera: Eulophidae) parazitoitleri ile enfekte olurlar. *L. argiolus* istilası larva kütükülünde hücre kenarlarında oval eğimli, açık sarı veya açık turuncu kalıntıların varlığı ile belirlenir. *E. schmitti* istilası, parazitoit yavru dışkısı ile hücrelerin koyu gri örtülerle kaplanmasıyla belirlenir. Her iki parazitoit de iki nesilde gelişir. Birinci neslin dişileri, Mayıs sonundan Haziran ortasına kadar konak yuvayı istila eder. İkinci nesil, konak yuvayı Temmuz ortasından Ağustos başına kadar

istila eder. Her iki parazitoit de koloni kümelerinde daha fazla bulunur ve genellikle daha büyük yuvaları istila eder. Şayet çok miktarda parazitoit varsa, konak koloni daha erken istila edilir. İstila, işçi ortaya çıkmadan önce meydana gelirse, konak popülasyon yoğunluğu büyük ölçüde etkilenebilir. Bu nedenle, yuvaların mekansal dağılımları ve mevsimsel yönleri koloninin gelişimini ve parazitoitlere karşı savunmasızlığını etkiler. *P. nimpha* parazitoitlerle bir arada var olabilir, ancak bu stabilite, yaşam döngülerindeki yıllık değişikliklerin yanı sıra konak habitatın çeşitli özelliklerine de bağlıdır. Parazitoitlerin türlerin genel popülasyonuna etkisi sadece *P. nimpha*'nın savunma davranışına ve parazitoitlerin tür içi ve türler arası rekabetine bağlı değildir (Rusina, 2013).

1.2 Patojenler

Böcekler, tıpkı diğer hayvanlar ve bitkiler gibi, mikroorganizmalar tarafından enfekte olurlar ve hastalanabilirler. Böceklerin hastalanmasına ve ölmesine yol açan bu mikroorganizmalara genellikle entomopatojenler adı verilmektedir. Entomopatojenler; böcekler üzerinde beslenerek, büyüme oranlarını azaltarak, üremelerini yavaşlatarak, engelleyerek veya onları öldürerek etki gösterebilirler. Bu organizmalar; belirli koşullarda ve böcek yoğunluğunun yüksek olduğu zamanlarda, böcek popülasyonunda doğal bir şekilde çoğalarak ve yayılarak hastalıklara neden olurlar (Yaman, 2012).

Böceklerde hastalık oluşturan ya da doğrudan ölümüne neden olan entomopatojenler; virüsler, bakteriler, riketsiyalar, protistler, mantarlar ve nematodlardır. Bir böceğin genel yaşam şartlarını bozan etkenler veya böcekler üzerinde mikroorganizmaların yapmış olduğu hastalıkların etkeninin tespit edilmesi, karakterizasyonu, böcekteki semptomları, etkilediği dokuları ve böceğin fizyolojik davranışları üzerindeki etkilerini böcek patolojisi çalışmaları belirler. Günümüzde böcek patolojisi ağırlıklı olarak böceklerde hastalık yapan organizmaların tespiti, teşhisi ve böcek dokularındaki etkilerinin incelenmesini kapsamaktadır (Yaman, 2012).

Böcek patolojisinde temel araştırma hedeflerinden biri; ipek böceği, bal arısı ve biyolojik mücadelede kullanılan predatör böcekler gibi faydalı böceklerde gelişen

hastalıkların araştırılması ve bu hastalıklarla mücadelede başarı sağlanmasıdır. Son 15 yıla kadar bal arılarındaki nosematosis hastalığının etkeni *Nosema apis* olarak bilinen bir protist iken, şimdi ikinci bir tür olan *Nosema ceranae*'ninde aynı hastalığı yaptığı ve her iki türün farklı ekolojik şartlarda ortaya çıktığı böcek patolojisi sayesinde ortaya çıkarılmıştır (Yaman, 2012).

Bal arılarında hastalık oluşturan mikroorganizmaların çalışılması; sağlıklı arı kolonilerinin elde edilmesi, kovan başına düşen bal veriminin artırılması ve daha aktif ve etkili işçi arılarının temini açısından büyük önem arz etmektedir (Yaman, 2012).

1.3 Parazitlik

Parazitlik, bir tür simbiyotik yaşam şeklidir, bir parazit ile konağı arasındaki yakın ve kalıcı uzun vadeli bir biyolojik etkileşim vardır. Bir organizmanın veya parazitin başka bir organizmanın üzerinde ve/veya içinde yaşadığı, ona belli bir miktar zarar verdiği, yapısal olarak bu yaşam şekline uyum sağlayabilen türler arasında olan bir simbiyotik ilişkidir (Poulin, 2011).

Saprotroflardan farklı olarak parazitler, canlı konaklarla beslenirler. Buna karşılık, bazı parazit mantarlar öldürdükleri konaklarla beslenmeye devam edebilirler. Kommensalizm ve Mutualizmden farklı olarak parazitlik ya doğrudan konağıyla beslenerek ya da bağırsak parazitlerinde olduğu gibi yiyeceklerinin bir kısmını tüketerek konağa zarar verirler. Parazitler diğer türlerle sık etkileşime girdiğinden, kolaylıkla patojen taşıyıcıları olarak hareket ederek hastalığa neden olabilirler (Suzuki ve Sasaki, 2019).

Parazitler; sıtma, uyku hastalığı ve amipli dizanteri gibi tek hücreli protozoanlardan, kancalı kurtlar, bitler, sivrisinekler ve vampir yarasalar gibi hayvansal organizmalara, bal mantarı ve saçkıran ajanları gibi mantarlardan, ökse otu, ot ve süpürge tuzağı gibi bitkilere uzanan geniş bir spektruma sahiptirler (Poulin ve Randhawa, 2015).

Böcekler genellikle yuvalarını parazitliği azaltacak şekilde uyarlarlar. Örneğin, yaban arısı *Polistes canadensis* (Linnaeus, 1758) (Vespidae: Polistinae)'nin, cinsinin geri kalan üyeleri gibi tek bir tarak inşa etmek yerine, birden çok tarağa yuva yapmasının temel nedenlerinden biri, yuvasını tineid güvelerinin (Tineidae)

istilasından korumaktır. Tineid güveleri, yumurtalarını yaban arısı yuvalarına bırakır ve daha sonra bu yumurtalar, hücreden hücreye girip yaban arısı pupalarını avlayabilen larvalara dönüşür. Ergin yaban arıları, hücrelerin kenarlarını çiğneyerek ve ağızdan çıkan bir salgı ile hücreleri kaplayarak yuvaya koyu kahverengimsi bir görünüm vermesine neden olurlar, bu arada güve yumurtalarını ve larvaları çıkarmaya ve öldürmeye çalışırlar (Runyon ve ark., 2010).

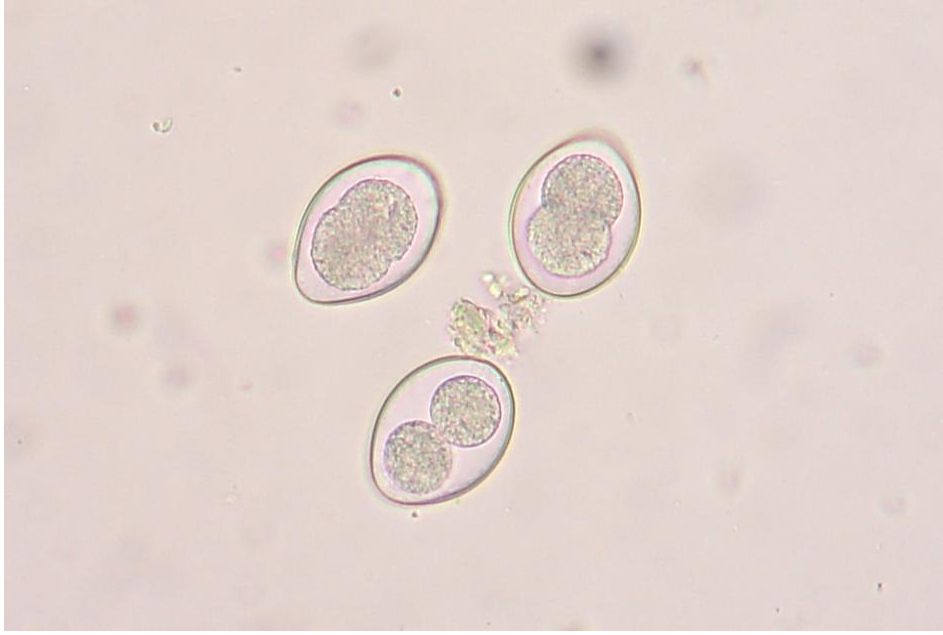
1.4 Coccidia

Coccidia (Coccidiasina), Apicomplexan sınıfı Conoidasida'ya ait mikroskopik, spor oluşturan, tek hücreli zorunlu hücre içi parazitlerin oluşturduğu bir alt sınıftır (Urquart ve ark., 1987) Zorunlu hücre içi parazitler olarak, bir hayvan hücresinde yaşamak ve çoğalmak zorundadırlar. Koksidiyen parazitler hayvanların bağırsak yollarını enfekte eder ve en büyük apikompleksan protozoa grubudur (Thomas, 1994).

Bu parazitlerle enfeksiyon, koksidiyoz olarak bilinir. Coccidia tüm memelileri, bazı kuşları, bazı balıkları, bazı sürüngenleri ve bazı amfibileri enfekte edebilir. Çoğu Coccidia türü, konaklarında türe özgüdür. Bir istisna, tüm memelileri enfekte edebilen *Toxoplasma gondii*'dir, bu tür yalnızca kedilerde cinsel üremeye maruz kalabilir. Coccidia türüne bağlı bir enfeksiyon; ateş, kusma, ishal, kas ağrısı ve sinir sistemi etkilerine ve davranış değişikliklerine neden olabilir ve hatta ölüme bile neden olabilir. Sağlıklı erginler ilaçsız iyileşebilir, fakat bağışıklığı baskılanmış veya gençlerde ölümü engellemek için kesinlikle ilaca ihtiyaç duyulur. İnsanlar genellikle az pişmiş et yiyerek enfekte olurlar. Bunun dışında, kedi atıklarını tutarken de kötü hijyen nedeniyle *T. gondii* ile enfekte olabilirler.

Coccidia'nın yaşam döngüsünde üç ana aşama vardır: Sporogoni, Schizogoni, Gametogoni. İlk iki aşama aseksüeldir, üçüncü aşamada eşeyli üreme meydana gelir. Kalın kabuklu ookistler, konağının dışkısında sporogoni aşamasını sporsuz olarak geçirilir. Bunlar protoplazma havuzunda tek bir çekirdekten oluşur. Sporlaşma, yüksek nem, iyi oksijenlenme ve 27°C civarında sıcaklık gibi ortam koşulları uygun olduğunda gerçekleşir. Çekirdek, Coccidia'nın türüne bağlı olarak birkaç kez bölünecektir ve oluşturacağı sporokistlerin sayısı da türe bağlıdır. Çekirdeğin bölünmesinden sonra protoplazma, merkezi çekirdekten tomurcuklanan her bir

çekirdeğin etrafında konik gövdeler oluşturur. Çekirdek ve konik gövde birlikte bir sporoblast oluşturacaktır. Sporoblast, gerekli malzemeleri salgılayarak kendisine bir duvar oluşturur, aynı zamanda protoplazma, sporokist duvarı içinde iki sporozoit oluşturur. Bu süreç optimum koşullarda 2 ile 4 saat arasında sürebilmekte, ancak koşullar uygun olmadığında oldukça uzun sürebilmektedir. Merogoni aşaması, sporozoitler oluşturulduktan sonra ookist, yaşam döngüsünün devam etmesi için konak tarafından alınan enfektif sporlu bir ookisttir (Ernst ve Benz, 1986).



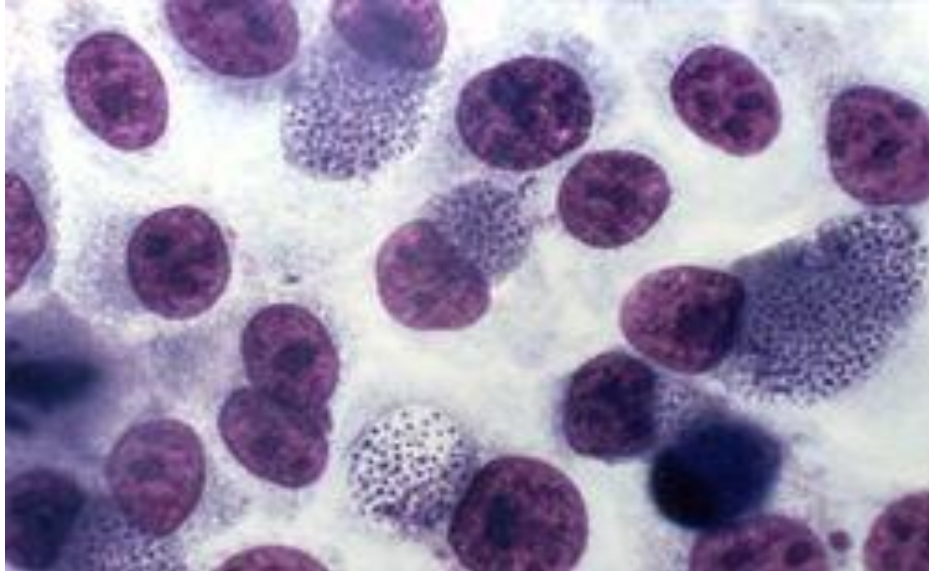
Şekil 1.4 Coccidia ookist'lerinin görünümü (Mills, 2006)

Yaşam döngüsünün geri kalan aşamaları, konak içinde endojen olarak gerçekleşir. Yutulan sporozoitler, bağırsak epitel hücrelerini istila etmeden önce ookistten çıkar ve tripsin veya safra tarafından aktive edilir. Sporozoitler bir epitel hücrelerini işgal ettiğinde yuvarlak hale gelirler ve trofozoitler olarak adlandırılırlar. Bu trofozoit daha sonra topluca meront olarak bilinen bir dizi uzun çekirdekli merozoite bölünecektir. Meront yeterince büyüdüğünde ve olgunlaştığında epitel hücreleriyle birlikte yırtılır, merozoitleri ya başka bir epitel hücrelerini enfekte etmek ve ilerlemeyi tekrarlamak ya da cinsel üremeye ilerlemek için serbest bırakır. Gametogoni aşamasında serbest kalan merozoitler, daha sonra yeni bağırsak hücrelerini enfekte eder ve gametositlere farklılaşırlar. Makrogametositler olarak bilinen dişiler, büyük tek çekirdekli hücrelerdir, konak hücreyi doldurmak için boyut olarak büyürler. Erkek

gametosit veya mikrogametosite dönüşen merozoitler, flagellalı (kamçılı) çok sayıda küçük hücreye bölünür. Hareketli mikrogametositler, yırtıldığında parazitlenmiş hücreden çıkarlar. Tek bir mikrogametosit, bir makrogametosite nüfuz edecek ve her iki hücrenin çekirdeği kaynaşacaktır. Daha sonra yeni ookistin etrafında bir duvar oluşacak ve bu duvar vücuttan konak dışkısıyla salınana kadar gelişimin bu aşamasında kalacaktır. Sporogoni daha sonra yukarıda açıklandığı gibi yeniden başlayacaktır (Ernst ve Benz, 1986).

1.5 Mikrosporidia

Mikrosporidia spor oluşturan, omurgalı ve omurgasız canlıları geniş ölçüde enfekte eden zorunlu hücre içi parazitlerdir (Franzen ve Muller, 1999). Mitokondrileri bulunmayan mikrosporidler, hücre dışında kalın protein ve kitin yapıda bir duvarla çevrili sporlar halinde bulunurlar. Sarmal yapıda polar filament içerirler (Vavra, 1976). Konak hücre dışında metabolik aktivite gösteren bir evresi yoktur. Membrana bağlı çekirdeği ve intrasitoplazmik membran sistemine sahip olması gibi bir takım özellikleri nedeniyle ökaryot olarak kabul edilmekle birlikte, 70S ribozomu olması, mitokondri veya peroksizomunun olmaması ve golgi cisimciğinin basit yapıda olması gibi ökaryotlara benzemeyen tarafları da vardır (Garcia, 2002).



Şekil 1.5 Mikrosporidia görüntüsü (Charles, 2010)

Mikrosporlar çok küçük (1-20 μm), tek hücreli yapılardır. Sporlar küre şeklinde, oval ya da uzun olabilirler. Her spor türe özgü olarak değişen çeşitli sayıdaki kuyruk ile polar filament, bir tübüler ve sporoplazmadan oluşur (Current ve Owen, 1989). Sporumun şekil ve boyutları türden türe değişmekle birlikte çoğu 2– 7 μm aralığındadır. Mikrosporlar eksternal ve internal sporlar olmak üzere iki çeşit spor oluştururlar. Eksternal sporlar daha kalın spor duvarına sahiptirler ve konak tarafından vücuda ağız yoluyla alınır. Besin yoluyla alınan bu taşınım vertikal taşınım olarak adlandırılır. İkincisi ise konak içinde farklı dokulara bulaşmaya yarayan internal sporlardır. İnternal sporlar hastalıklı dişi tarafından yumurta aracılığıyla bulaştırılır. Sporların bu yolla taşınmasına horizontal taşınım denir. Mikrosporların gelişiminde iki farklı aşama vardır; konak hücre içinde spor sayısının artırılmasından sorumlu olan proliferatif (merogoni) faz ve sporların olgunlaştığı sporoblastların üretildiği sporontlarda, sporogenik aşama (sporogoni)'dir (Current ve Owen, 1989; Franzen ve Muller, 1999).

Doğada tek bir konağı tercih eden mikrosporlar, enfeksiyon oluşturduklarında zararlının ölmesine değil yaşam süresinin kısılmasına, iştahsızlığa ve kilo kaybına ve üreme isteğinin azalmasına neden olur. Sadece hedef organizmayı etkilediğinden ve sadece bir konağa özgü olmalarından dolayı biyolojik mücadelede kullanıma uygun patojenlerdir. Mikrosporidler yapılan çalışmalarda memeliler, sürüngenler, balıklar amfibiler ve böceklerden izole edilmişlerdir (Canning ve Lom, 1986).

2. GENEL BİLGİLER

Tozlaştıcılar içerisinde yer alan arılar, karasal ekosistemin sürdürülebilirliğinin ve tarımsal üretkenliğin en önemli unsurlarındandır. Bal arılarının (*Apis mellifera* Linnaeus, 1757) gastrointestinal sistemlerinin bazı metabolik faaliyetlerinde ve bazı mikrobiyal tehditlere karşı korumada mikroflora ya da mikrobiyota olarak adlandırılan bir mikroorganizma birikimi vardır. Mikrobiyota olarak adlandırılan çeşitli mikroorganizma topluluğu ile ilişkili arıların, özellikle Bal arılarının (Engel ve ark., 2016) ve *Bombus* cinsi arılarının (Martinson ve ark., 2011; Kwong ve Moran, 2013) mikrobiyotası ile ilgili çalışmalar son yıllarda artmıştır. Ergin bal arıları oldukça zengin bir mikrofloraya sahiptir. Arıların sağlığının korunmasında en önemli faktör, bulundukları bu mikrofloradır.

Bal arıları insanlara benzer şekilde toplu halde yaşarlar ve iş birliği içinde çalışarak kovanda yaşamın sürekliliğini devam ettirirler. Üretken kolonilerde arının gelişimsel yaşı, beslenmesi, kovanın bulunduğu coğrafi konum ve iklim değişikliği gibi birçok faktör mikrobiyotadaki çeşitliliğin nedenidir (Gilliam, 1997; Martinson ve ark., 2012; Raghavan ve ark., 2013; Powell ve ark., 2014).

Powell ve ark. (2014) yaptıkları bir çalışmada, kovanda bulunan çerçeve, malzemeler ve diğer işçi arılar ile temas etmeyen izole olarak yetiştirilen denek arıların, 4 ile 6 gün boyunca sabit bir etkileşime tabi tutulan ve kovan koşullarının doğal tutulduğu diğer arıların aksine, 8 gün sonra bile önemli ölçüde gastrointestinal flora geliştiremediklerini gözlemlemişlerdir. Arı kolonileri tüm yıl boyunca çeşitli tarımsal ekosistemlere ve kovanın mikrobiyal dengesini etkileyebilecek çok sayıda çevresel değişkene maruz kalmaktadır. Arı mikroflorası; mevsimsel ve coğrafi değişimler gibi çeşitli faktörlere, larvadan ergin döneme ulaşıncaya kadarki gelişim evrelerine, bal arılarının beslenmesine, yaşına ve sosyal yaşam tarzına bağlıdır (Mohr ve Tebbe, 2006; Mrazek ve ark., 2008; Yoshiyama ve Kimura, 2009; Martinson ve ark., 2012; Mattila ve ark., 2012; Ludvigsen, 2013; Corby-Harris ve ark., 2014; Linjordet, 2016).

Bazı araştırmalar işçi arıların yaşlandıkça ve/veya yiyecek arama sürecine ulaştıklarında, mikrobiyota bileşimlerinin çok az oranda farklı türlere kaydığını

göstermektedir. Bu durum mikrobiyotada bulunan kalıcı mikroorganizmaların sayılarının mevsimsel olarak artış gösterdiğini ve muhtemelen beslenme değişikliklerin etkisiyle gerçekleştiği bildirilmektedir (Raymann ve Moran, 2018).

Arılardaki mikrofloranın çeşitli faktörlere göre farklı olabileceğinin keşfedilmesiyle birlikte, her daim temel bir mikrobiyal topluluğun bulunduğu bildirilmektedir (Anderson ve ark., 2011). Moleküler çalışmalar (16S rRNA geni) sonucu elde edilen verilerde, arı bağırsağı mikrobiyotasının %95’lik kısmını oluşturan bakterilerin Çizelge 2.1’de verildiği gibi arının çeşitli vücut bölgelerinden, kovandan ve arı ürünlerinden elde edilerek karakterize edilebildikleri bildirilmektedir (Jeyaprakash ve ark., 2003; Martinson ve ark., 2011; Moran ve ark., 2012; Kwong ve Moran, 2016).

Çizelge 2.1 Bal arıları ile ilişkili başlıca bakteri türleri (Martinson ve ark., 2011; Kwong ve Moran, 2013; Moran, 2015; URL-5)

Bakteri Şubesi	Taksonomi/ Türler	Başlıca Bulunan Yer	Arı Türü
Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Ergin bağırsağı; değişken	<i>Apis mellifera</i>
	Bartonellaceae	kolonizasyon	
	<i>Bartonella apis</i>		
	Rhodospirillales	Ergin Bal midesi, Larva Bağırsağı,	<i>Apis</i> ve
	Acetobacteriaceae	Kovan	<i>Bombus</i> sp.
	<i>Bombella apis</i>		
	<i>Gluconobacter</i> sp.		
	<i>Commensalibacter</i> sp.	Larva Bağırsağı, Bazı Ergin Arka	<i>Apis</i> ve
	<i>Parasaccharibacter</i>	Bağırsağı, Ergin Bal midesi, Bal ve	<i>Bombus</i> sp.
	<i>Apium</i>	Kovan	
Betaproteobacteria	Neisseriales	Ergin Arka bağırsağı/	<i>Apis</i> ve
	Neisseriaceae	İleum duvarında	<i>Bombus</i> sp.
	<i>Snodgrassella alvi</i>		
Actinobacteria	Bifidobacteriales	Ergin Arka Bağırsağı/Rektum	<i>Apis</i> ve
	<i>Bifidobacterium</i>		<i>Bombus</i> sp.
	<i>asteroides</i>		
	<i>Bifidobacterium</i>		
	<i>actinocoloniiforme</i>		
	<i>Bifidobacterium</i>		
<i>bohemicum</i>			

Çizelge 2.1 Bal arıları ile ilişkili başlıca bakteri türleri (Martinson ve ark., 2011; Kwong ve Moran, 2013; Moran, 2015; URL-5) (**devamı**)

Firmicutes (4-5)	Lactobacillales		
	<i>Lactobacillus mellis</i>	Ergin Arka bağırsağında /	<i>Apis</i> ve
	<i>Lactobacillus mellifer</i>	Rektumda	<i>Bombus</i> sp.
	<i>Lactobacillus apinorum</i>		
	<i>Lactobacillus melliventris</i>		
	<i>Lactobacillus kimbladii</i>		
	<i>Lactobacillus kullabergensis</i>		
	<i>Lactobacillus helsingborgensis</i>		
	<i>Lactobacillus kunkeei</i> (Fructophilic)	Larva bağırsığı, Ergin Kursak, Nektar, Bal, Kovan (Ergin Arka bağırsağında bulunmaz)	<i>Apis</i> ve <i>Bombus</i> sp.
	Gammaproteobacteria	Orbales	Ergin Orta bağırsak, Arka bağırsak
Orbaceae		(İleum Lümeninde)	<i>Bombus</i> sp.
<i>Gilliamella apicola</i>			
	<i>Frischella perrara</i>	Ergin Arka bağırsak Proventrikulus ve İleum	<i>Apis mellifera</i>

Arıların gastrointestinal sisteminde oluşan ve büyük mikrobiyotaya togluluğu meydana getiren, *Gilliamella apicola*, *Snodgrassella alvi*, *Frischella perrara*, *Bartonella apis*, *Lactobacillus Firm-4*, *Firm-5* ve *Bifidobacterium asteroides* üyelerinden oluşan bakteri türleri bal arısı bağırsağının temel (çekirdek) mikrobiyotasını meydana getirmektedir (Rokop ve ark., 2015; Kwong ve Moran, 2016; Yun ve ark., 2018).

Bal arısı sindirim sisteminde, kültüre dayanan araştırmalarda, mikroaerofilik (atmosferik oksijen seviyeleri altında) ya da anaerobik mikroorganizmalara sahip oldukları belirtilmiştir. Son yıllarda, genetik yöntemler ile metagenomik numunelerin ve kültüre alınmış olan izolatların potansiyel metabolizmaları ve fonksiyonları ortaya konmuştur. *A. mellifera* işçi arıların çoğunda, bağırsak mikroflorasının %95'inden fazlasının yaklaşık sekiz bakteri türünden oluştuğu ortaya konmuştur (Ahn ve ark., 2012; Sabree ve ark., 2012). Ergin işçi bal arısı bağırsaklarında yerleşimleri büyük ölçüde arka bağırsak olan sekiz temel bakteri türünü (veya filotipleri) bulundurur. Bu

bakterilerden; *Snodgrassella alvi*, *Gilliamella apicola*, iki *Lactobacillus* türü ve bir *Bifidobacterium* türü'nün dünyadaki bütün ergin işçi bal arılarında bulunduğu bildirilmektedir. Bu yüzden bu türler temel bağırsak mikrobiyomu olarak kabul edilebilmektedir. Diğer bakteri üyeleri ise *Bartonella apis*, *Apibacter adventoris*, *Frischella perrara* türleri ve Acetobacteraceae familyası üyeleri olarak bilinmektedir (Raymann ve Moran, 2018).

Arılarla ilgili mikroflora ilk olarak kültürel teknikler kullanılarak araştırılmıştır (Gilliam ve Valentine, 1976; Gilliam ve Morton, 1978). Yapılan bu araştırmalarda, Gram değişken pleomorfik bakteriler, *Bacillus* türleri, bazı Enterobacteriaceae familyası üyeleri, küf ve mayalar, polen, nektar, arılar, bal, balmumu ve arı sütünde gözlenmiştir (Snowdon ve Cliver, 1996; Gilliam, 1997).

Küfler, özellikle de *Penicillium* ve *Aspergillus* cinsleri, işçi bal arılarının sindirim kanalında yaygın olarak bulunmuştur (Gilliam ve Perst, 1972; Gilliam ve ark., 1974; Gilliam, 1997). Hastalıklı arılarda, besin eksikliği olan ve diyetlerle veya antibiyotiklerle beslenen arılarda, pestisitlere maruz kalan kolonilerden gelen işçi arılarda bağırsak mantarına sıklıkla rastlanmış ve bal arılarındaki maya varlığının da arıların stres koşullarında ortaya çıktığı bulunmuştur. Yumurtalar, prepupalar, pupalar ve yeni doğan işçi arıların genel olarak mikroorganizma bulundurmadığı ortaya konulmuştur. Bunların yanı sıra bazı larvalarında beslenme sırasında, ergin arılar, polen ve petek gözleri ile ilişkili mikroorganizmaları edindiği bildirilmiştir. Ergin işçi ve kraliçe arılarından elde edilen en yaygın bağırsak mikroorganizmaları Gram değişken pleomorfik bakterileridir. Bu bakteriler aynı zaman da bal arılarının farklı türlerinin larvalarından, arıların dışkılarından, polenlerden, arı ekmeğinden de izole edilmiştir. Gram boyamada aşırı değişkenlik gösteren bu bakteriler hem basil hem kok morfolojisine sahiptir. Bunların yanı sıra kraliçe arıların bağırsaklarından *Torulopsis magnoliae*, *Torulopsis glabrata*, *Candida parapsilosis* ve *Hansenula anomola* gibi mayaların ve *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter aerogenes* ve *Klebsiella pneumoniae* gibi Gram negatif basillerin de izole edildiği ve nadiren bu bakterilerin arı ekmeği ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. İşçi bal arılarının gastrointestinal sisteminde *Penicillium* ve *Aspergillus* cinslerine ait küfler ortaya konulmuştur. Bunların yanında *Penicillium frequentans*, *Penicillium cyclopium*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*,

Cladosporium cladosporioides ve *Alternaria tenuissima* türleri tanımlanan türler arasında yaygın olarak bulunduğu bildirilmektedir. Yapılan bir çalışmada da, işçi arılarda küf kolonizasyonunun sonbahar ve kış aylarında daha yaygın olduğu sonucuna varılmıştır (Gilliam, 1997).

DeGrandi-Hoffman ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, farklı miktarlarda fungusit içeren polenlerin tüketiminin bal arıları ve bakıcı arıların bağırsaklarındaki bakteri kompozisyonu ve çeşitliliği üzerindeki etkilerini test etmek için iki yıl süreyle iki farklı deney yapmıştır. İlk olarak düşük doz olarak verilen mantar ilacıyla beslenen arılarda *Gilliamella* sp. ve bakteri taksonlarının sayısı daha düşük tespit edilmiştir. Yüksek doz fungusit uygulamasında bireyler arasında bakteri dağılımında özellikle *Lactobacillus* türünde artış olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak bağırsak mikrobiyal topluluklarında görülen kayda değer farklılıkların, çevresel ve diyet faktörleri nedeniyle olduğu şeklinde yorumlanmaktadır.

Anjum ve ark. (2017) yaptıkları bir çalışmada, 45 işçi arının bağırsaklarından biyokimyasal testler, 16S rDNA dizilimi ve biyoinformatik yöntemler kullanarak toplam da 150 aerobik ve fakültatif anaerobik bakteriyi tanımlamışlar ve Firmicutes (%60), Proteobacteria (%26), Actinobacteria (%14) adlı üç büyük bakteri şubesi olarak sınıflandırma yapmışlardır. Çalışmada, Enterobacteriaceae ve Micrococcineae familya üyeleri ile *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Enterococcus*, *Ochrobactrum*, *Sphingomonas*, *Ralstonia*, *Corynebacterium* cinsleri izole edilmiştir. Bu bakterilerin birçoğunun asitli ortamlara ve fermente şekerlere toleranslı olduğu, bu nedenle de sağlıklı bir mikrobiyotanın içeriği olarak kabul edilebileceği bildirilmektedir (Anjum ve ark., 2017).

Böcek bağırsakları, mikrobiyal gelişim için en uygun üreme bölgesidir. Böcekler ve bağırsak mikrobiyotası arasında temel fonksiyonların yürütülebilmesi için oldukça önemli bir ilişki vardır. Böceklerin sindirim sistemlerindeki fizikokimyasal ve morfolojik özelliklerindeki farklılıklar mikroorganizmal takım yapısını büyük oranda etkiler. Bağırsak mikroorganizmalarıyla konak fertler arasındaki yakın ilişki evriminin önündeki tek engel, yeterli bulaşmanın gerçekleşmemesidir. Termitler, karıncalar ve arılar gibi sosyal böcekler, beslenmede uzmanlaşmış yararlı işlevler sağladıkları için

istisna durumu oluştururlar. Bağırsak mikroorganizmaları, birçok türün beslenmesi, bağışıklık tepkileri, fizyolojisi ve patojen direncinde ciddi öneme sahiptir (Pal ve Karmakar, 2018).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, Samsun'un Terme ilçesinden toplanan *Polistes dominula* ve *Polistes nimpha* yaban arısı türlerinin bakteri florası belirlenmeye çalışıldı. Elde edilen bakterilerden bal arısı, *Apis mellifera* üzerinde biyoassay çalışması yapıldı.

3.1 Yaban Arıların Toplanması

Çalışmalarda kullanılan hem sağlıklı ve ölü yaban arı numuneleri 2020 yılının Mayıs-Haziran aylarında yapılan arazi çalışmaları sonucunda Samsun'un Terme ilçesinden toplandı, sağlıklı bal arıları ise Ordu Arıcılık Enstitüsünden temin edildi.

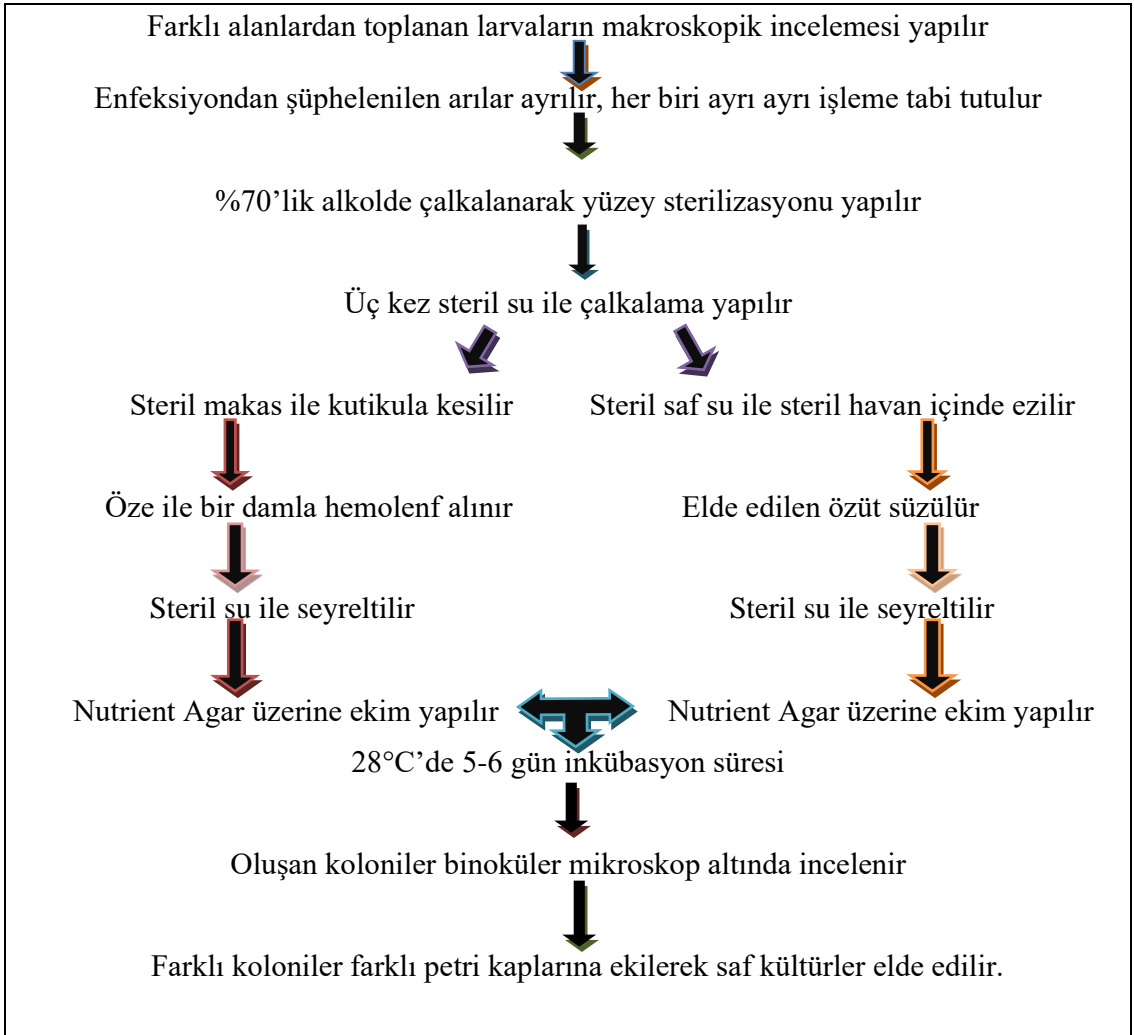
Örnekleme işlemleri sırasında, bakteriyal hastalıklar için temel semptomlar olan iştahsızlık, beslenmeyi kesme, hareketlerde düzensizlik, zayıf koordinasyon, yavaş hareket etme, oryantasyon kaybı, ishal, vücut renginde değişme, vücudun sıvılaşması gibi özelliklere dikkat edildi, bu semptomlara ya da bunlara benzerlik gösteren belirtilere sahip canlı ve ölü arılar toplandı. Örnekleme yapılan kolonilerin birbirine yakın olmamasına, farklı arıcılardan temin edilmesine dikkat edildi. Çalışmalar boyunca toplanan yaban arıları steril penslerle toplanıp steril tüplere konularak Ordu Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Mikrobiyoloji laboratuvarına getirildi. İstenmeyen herhangi bir kontaminasyonu engellemek için semptom gösteren arılar ayrı ayrı tüplere konuldu ve örneklerin alındıkları bölge, tarih ve toplama esnasında dikkat çeken diğer bulgu ve özellikler gibi bilgiler düzenli olarak yazıldı. Numuneler bakteri izolasyonu yapılmaya kadar +4°C'de muhafaza edildiler.

3.2 Bakteriyal Florayı Oluşturan Bakterilerin İzolasyonu ve Karakterizasyonu

Bakteri izolasyonu için iki farklı yöntem kullanıldı: İç dokuları bozulmamış arı örneklerinden doğrudan hemolenften örnek alınırken, iç dokuları bozulmuş arılarda ise örnekler steril ortamda ezilerek örnekleme yapıldı. Toplanan yaban arısı örneklerinden bakteri izole etmek için her bir türden 20 tane ergin böcek seçilip ayrı ayrı steril tüplere konuldu. Tüplere konulan yaban arılarının yüzey sterilizasyonu %70'lik alkolle yapıldı (Poinar ve Thomas, 1978). Bu işlemden sonra aseptik şartlarda örnekler üç kez steril saf su ile yıkandı. Birinci yöntemde ince uçlu enjektör ile arının kutikulasından hemolenfe ulaşılarak bir miktar sıvı alınıp, seyreltilip doğrudan Nutrient Agar (Merck) besiyeri üzerine yayma ekim yapıldı. İkinci yöntemde ise, tüplere 10'ar mL steril saf su ilave edilerek örnekler saf su içerisinde homojen hale

gelene kadar ezildi. Bu işlemten sonra Nutrient Agar üzerine 100 µL ilave edilerek yayma plaka ekimi yapıldı.

Her iki yöntemle hazırlanan petri kapları 28°C’de 5-6 gün inkübasyona bırakıldı. *Bacillus* türlerini izole etmek için steril tüp içerisinde kalan homojen karışım 80°C’de bir saat bekletildi ve Nutrient Agar üzerine 100 µL ilave edilerek yayma plaka ekimi yapıldıktan sonra 28°C’de 5-6 gün inkübasyona bırakıldı. Yapılan bakteri izolasyonu yöntem şeması şekilde gösterildi (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Bakterilerin izolasyon yöntemi şeması

3.3 Saf Kùltürlerin Hazırlanması

İnkübasyon sonunda Nutrient Agar üzerinde oluşan koloniler, koloni morfolojisi ve koloni rengine göre ayırt edildi. Ayırt edilen kolonilerden farklı olanlar belirlenerek, çizgi ekim yöntemi ile Nutrient Agar üzerine ekim yapıldı ve böylece saf kùltürler elde edildi.

3.4 Saf Kùltürlerin Stoklanması

Seçilen izolatların yapılacak olan testlerde ana stok olarak kullanılması için izolatların stokları yapıldı. Nutrient Broth'la (Merck) hazırlanan %20'lik gliserol stoklar ependorf tüplerine 1.50 mL koyularak 121°C'de 15 dakika otoklavlandı. Sterilizasyon işleminden sonra Nutrient Agar'daki taze saf kùltürler steril öze yardımıyla tüplere inoküle edildi ve +4°C'de saklandı.

Birbirlerinden morfolojik olarak farklı olan örneklere çeşitli boyama yöntemleri uygulandı. Boyama sonucunda bakteri şekil ve renklerine göre ayrılan örnekler deney materyali olarak seçildi.

3.5 Bakteriyal İzolatların Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

3.5.1 Koloni Morfolojisinin Belirlenmesi

Saflaştırılan izolatlar Nutrient Agar üzerine çizgi ekim yöntemiyle ekilmiş ve 37°C'de 24 saat inkübe edildi. İnkübasyon sonrasında izolatlar, koloni rengine ve kenar morfolojisine göre değerlendirildi (Saygılı ve ark., 2006).

3.5.2 Basit Boyama

Elde edilen izolatların hücre şekillerinin belirlenmesi için ilk olarak basit boyama yapılmıştır. Basit boyama için her bir izolat Nutrient Agar besiyerine ekilerek 24 saat 37°C'ye ayarlı etüvde inkübe edildi. İnkübasyondan sonra kùltürlerden bakteriyal smear hazırlanarak ve alevden geçirilmek sureti ile tespit edildi. Daha sonra Kristal Viyole (Merck) boya solüsyonu ilave edilip 1-2 dakika sonra, ddH₂O ile yıkanıp mikroskop altında incelendi (Benson, 1985).

3.5.3 Gram Boyama

Gram boyama için her bir izolat Nutrient Agar besiyerine ekildi. Daha sonra 37°C'ye ayarlı etüvde 16-24 saat inkübasyona bırakıldı. Bakteriyal smear hazırlanmış ve alevden geçirilerek tespit edildi. Gram Boyama için Merck marka gram boyama kiti kullanıldı. Hazırlanan smear 1 dakika kristal viyole ile muamele edilerek ddH₂O ile yıkandı. Kuruması beklenmeden 3 dakika lügolle muamele edildi ve alkolle yıkandı. Daha sonra renk kaybını durdurmak için hemen ddH₂O ile yıkandı. 30-60 saniye safranin ile muamele edilerek ve tekrar ddH₂O ile yıkandı. Açık havada kurutulduktan sonra mikroskop altında incelenmeye alındı. Pembe renkli görünen hücreler Gram negatif, mor renkli görünen hücreler ise Gram pozitif olarak kaydedildi (Cappuccino ve Sherman, 1992).

3.5.4 Endospor Boyama

İzolatların endospor oluşturup oluşturmadığını ve varsa endosporun hücre içersindeki pozisyonunu belirlemek amacıyla, her bir izolat Nutrient Agar besiyerine ekildi. Nutrient Agar besiyerine ekilen izolatlar 48-72 saat 37°C'ye ayarlı etüvde inkübasyona bırakıldı. İnkübasyonun ardından bakteriyal smear hazırlanmış alevden geçirilerek tespit edildi. Hazırlanan smearlar filtre kâğıdı ile kapatılarak, Malaşit Yeşili (Merck) ile 5 dakika boyunca su buharı üzerinde boyandı ve ddH₂O ile yıkandı. Yıkama işleminden sonra 30-60 saniye boyunca safranin ile muamele edildi. Tekrar ddH₂O ile yıkanarak açık havada kurutuldu ve mikroskop altında incelendi (Cappucino ve Sherman, 1992).

3.5.5 Kristal Boyama

İzolatların *Bacillus thuringiensis* bakterisinde bulunan kristal protein içerip içermediğini belirlemek amacıyla kristal boyama tekniği kullanıldı. Bu yöntem için Coomassive Brilliant Blue (CCB, Merck: %50 etanol ve %7 asetik asit solusyonu içinde %25 oranında CBB) boyası kullanıldı. İzolatlar Nutrient Agar besiyerine ekildi, 24 saat 37°C'ye ayarlı etüvde inkübe edildi. Smearları hazırlanan bakteriler, CBB ile boyanıp 3 dakika beklendikten sonra musluk suyu ile yıkandı. Sonuçlar ışık mikroskobu ile incelendi, kristal proteinlerin varlığı araştırıldı (Fadel ve ark., 1988).

3.6 İzolatların Tür Tayinlerinin Yapılması

Besleyici besiyerlerinde farklı renklerde, farklı şekillerde, farklı boyutlarda ve farklı koloni şekilleri göz önünde bulundurularak bakteri ve funguslar izole edildi.

İzole edilen bakteriler ve funguslar VITEK® 2 (Ürün No. 21341 ve 21342, bioMerieux, Craaponne, Fransa) tanımlama sistemleri kullanılarak tanımlandı (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 İzolatların tür tayinleri

3.7 İzolatların İnsektisidal Etkilerinin Belirlenmesi

Böceklerden izole edilen mikroorganizmaların, bal arıları üzerinde patojenik bir etkiye sahip olup olmadıkları virulans testleriyle belirlenir. Bu testler için böceğin biyolojisi göz önünde tutularak yaşayabilecekleri uygun ortamlar hazırlanır ve sağlıklı böcekler kullanılır, daha sonra *in vitro* üretilebilen mikroorganizmaların saf kültürleri hazırlanır ve uygulanır.

Bu tez çalışmasında elde edilen izolatların bal arıları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Ordu Arıcılık Araştırma enstitüsünden her bir izolat için 250-300 kadar sağlıklı bal arısı seçilerek deney grubu oluşturuldu. Deney grupları için kenar uzunluğu 40 cm ve genişliği 20 cm olan dikdörtgen şeklinde Ana arı yetiştirme kovanları kullanıldı (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Bal arıları İnkisidal etkileri için kurulan deney düzeneği

Kovanlara konulan deney gruplarının beslenmesi için, 1:1 (glukoz:su) oranında glukoz çözeltisi hazırlandı. Hazırlanan çözeltiden 5 mL alınarak bakteriyal izolatların her biri için ayrı ayrı Mcfarland ile yoğunluğu (çözeltiyle beraber) 0.5 Mcfarland (1×10^6 hücre/ml) olacak şekilde ayarlandı. Bakterileri bulaştırmak için 25 mL'lik küçük püskürtme kabları kullanıldı (Şekil 3.4). Ayarlanan 1:1 (bakteri-çözelti) karışımından 5 mL arıların beslenme kaplarına püskürtme yöntemiyle sıkılarak arıların besin yoluyla bakterileri alması sağlandı.



Şekil 3.4 Elde edilen bakteriler ve hazırlanan çözeltiler

Hazırlanan çözeltiye Mcfarland ile yoğunluğu 0.5 Mcfarlanda ayarlanmış organizmalar aseptik şartlarda ilave edilerek 7 gün boyunca gözlemlendi. Test, ölü ve hayatta kalan bal arılarının sayısına dikkat edilerek 7 gün sonunda bitirildi (Kampfer, 1995). Test süresince oluşturulan deney grupları günlük olarak kontrol edildi. Kontrol süresi boyunca ölen böcekler kaplardan sterile pens yardımıyla çıkarıldı (Ombui ve ark., 1996; Swiecicka, 2001). Her gün ölen böcek sayısı tespit edilerek ortalama ölüm oranları belirlendi. Bu uygulama her bir izolat için üç kez tekrarlandı. Yapılan uygulama için saf su verilen kontrol grupları da kullanıldı. Sonuçlar Abbott (1925) formülü kullanılarak düzenlendi.

3.8 Taramalı elektron mikroskobu için numune hazırlama:

M17 broth (*in vitro* standart mikrobiyolojik analizlerde *Lactobacillus* türlerinin geliştirilmesi için kullanılan sıvı besiyeri) ve RSM (yanıt yüzey yöntemi)'nin bakteriyal hücre süspansiyonları, 3000 rpm'de bir dakika boyunca santrifüj edildi. Proteini sabitlemek için peletler (bakteri hücreleri), iki saat boyunca pH 7.2'de 0.1 M fosfat tamponu içinde %3 glutaraldehit içinde sabitlendi, ardından birkaç kez 0.1 M fosfat tamponunda 15 dakika aralıklarla tutuldu. Numuneler, her biri beş dakika süreyle sulu etanol solüsyonları (%25, %50, %75, %95 ve %100) serisinde kurutuldu, bir kritik nokta kurutucu (Critical Point Dryer; Polaron, Waterford, England) ve alüminyum Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) saplamalar üzerine monte edilmiş, püskürtme ile altınla kaplandı. Numuneler SEM ile 10-25 kV (çözünürlük değeri)'de incelendi. Mikroskobu her zaman aynı görüş açısında kullanarak görüntü alındı.

3.9 Makroskobik Çalışmalar

Böceklerin dokularında meydana gelmiş özellikle kutikul üzerindeki renk değişiklikleri, aşırı büyümüş ve deforme olmuş dokular, davranış anormallikleri gibi gözlemlenebilen bazı makroskobik semptomlar mikrosporidyum enfeksiyonunu düşündürülebilir. Ancak bu çalışmada kayda değer makroskobik belirtiler görülmedi. Gözle görülür bir enfeksiyon belirtisi göstermemesi nedeniyle de makroskobik olarak enfekte bu arıların ayırımı yapılmadı.

3.10 Işık Mikroskobu Çalışmaları

Arazi çalışmaları sonucunda elde edilen yaban arısı erginleri, izotonik bir ortam oluşturması için hazırlanan Ringer solüsyonu (8,0 g NaCl, 0,25g CaCl₂, 0,25g KCl ve 0,25g NaHCO₃ 1000ml saf su içerisinde çözülür) içinde disekte edildiler.

Diseksiyon, patojenin hangi dokularda etkin olduğunun belirlenebilmesi için dikkatli bir şekilde abdomen ve toraks bölgesinden tüm doku ve organların alınmasıyla yapıldı. Hazırlanan preparat ışık mikroskobu (Olympus CX41) altında 40x'ten 1000x'e kadar olan büyütmelemlerle incelendi. Enfeksiyon tespit edilen preparatlar DP-25 dijital kamera ve DP2- BSW resim özelliğine sahip olan Olympus BX51 mikroskobuyla yeniden incelenip patojenin fotoğrafları alındı ve karakterizasyonu için gerekli olan ölçümler yapıldı.

Arı dokularıyla hazırlanan preparatlarda, enfeksiyon yapan patojenler arının vücudunda bulunan birçok farklı yapı ve bağırsaktaki besin artıkları ile ışık mikroskobu altında morfolojik olarak benzerlik gösterebilirler. Bu tez çalışması sırasında tespit edilen patojenlerin doğru teşhisini yapmak ve ortaya çıkabilecek bu karışıklığı gidermek için Giemsa boyama tekniği kullanıldı. Tüm mikrosporidyum enfeksiyonlu preparatlar Giemsa ile boyanarak mikroskop altında tekrar incelendi, var olan sporlar boyanma şekilleri ile ayırt edilerek yeniden ölçümleri yapıldı.

3.11 Transmisyon Elektron Mikroskobu Çalışmaları

Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM) çalışmaları, incelenmesi istenen yapıların morfolojik ve anatomik özelliklerinin kapsamlı bir şekilde incelenmesini sağlamaktadır. Tez çalışmaları sırasında gözlemlenen mikrosporidyumun tür seviyesinde teşhis edilebilmesi oldukça önemlidir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmalar sonucunda toplamda 18 saf kültür elde edildi. Bunların 3'ü gram negatif ve 3'ü gram pozitif bakteri olmak üzere 6 cinsten toplam 6 bakteri ve 3 mantar türü olmak üzere 9 farklı izolat elde edildi. İzolatlar kodlanarak numaralandırıldı (Çizelge 4.1) ve (Çizelge 4.2). Bunlardan hiçbirinde spor oluşturan bakteriye rastlanmadı. İzolatların tür tayinlerinin yapılabilmesi için VITEK® 2 sistemi kullanıldı. VITEK® 2 sonucuna göre izolatların 9 tanesi tür düzeyinde tanımlandı.

Çizelge 4.1 Çalışmada *Polistes dominula*'dan elde edilen izolatlar, laboratuvar kodları ve yüzde oranları

Arı türleri	İzolat numaraları	İzolatlar	Yüzde oranları
<i>Polistes dominula</i>	1	<i>Serratia marcescens</i>	%99
	6	<i>Enterococcus faecalis</i>	%99
	9	<i>Staphylococcus xylosus</i>	%86
	11	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	%97
	13	<i>Staphylococcus lentus</i>	%88
	M2	<i>Candida ciferrii</i>	%95

Çizelge 4.2 Çalışmada *Polistes nimpha*'dan elde edilen izolatlar, laboratuvar kodları ve yüzde oranları

Arı türleri	İzolat numaraları	İzolatlar	Yüzde oranları
<i>Polistes nimpha</i>	2	<i>Granulicatella adiacens</i>	%98
	10	<i>Staphylococcus xylosus</i>	%89
	15	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	%93
	M1	<i>Cryptococcus laurentii</i>	%89
	M4	<i>Candida famata</i>	%98

Çalışmada hastalıklı ve ölü *P. dominula* kağıt arısı erginlerinin iç doku ve organlarından, *Serratia marcescens* (1 nolu), *Enterococcus faecalis* (6 nolu), *Staphylococcus xylosus* (9 nolu), *Sphingomonas paucimobilis* (11 nolu), *Staphylococcus lentus* (13 nolu) bakterileri ve *Candida ciferrii* (M2) mantarı izole edildi. *P. dominula* kağıt arısı erginlerinin iç doku ve organlarından, *Granulicatella adiacens* (2 nolu), *St. xylosus* (10 nolu), *Sp. paucimobilis* (15 nolu) bakterileri ve *Cryptococcus laurentii* (M1) ve *Candida famata* (M3) (*Debaryomyces*, *Hansenii* ve

Torulopsis candida olarak da bilinir) mantarları elde edildi. Elde edilen *St. xylosus* ve *Sp. paucimobilis* iki arı türünde de ortak bakteriler olduğu gözlemlendi. Bu bakteriler ve mantarlar bulunan yüzde oranları ile aşağıda verildi (Çizelge 4. 1) ve (Çizelge 4. 2).

4.1 Bakteriye İzolatların Morfolojik Özellikleri

Elde edilen izolatların morfolojik özellikleri Basit boyama, Gram boyama, Endospor boyama ve Kristal boyama ile belirlendi ve bu morfolojik özellikler Çizelge 4.3' de verildi.

Çizelge 4.3 *Polistes dominula* ve *Polistes nimpha*'dan izole edilen bakteri ve mantarların morfolojik özellikleri

Mikroorganizma Adı	Lokalite	Gram	Spor	Bakteri şekli	Koloni şekli	Koloni rengi
<i>Staphylococcus lentus</i>	dışkı	+	-	Coccus	Yuvarlak	Beyaz
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	dışkı	-	-	Bacil	Konveks	Sarı
<i>Enterococcus faecalis</i>	B arı iç doku	-	-	Coccus	Yuvarlak	Kirli beyaz
<i>Serratia marcescens</i>	B arı iç doku	-	-	Bacil	Yuvarlak	Kırmızı
<i>Staphylococcus xylosus</i>	B arı iç doku	+	-	Coccus	Düzensiz yapı	sarımsı
<i>Granulicatella adiacens</i>	dışkı	+	-	Coccus	Düzensiz yapı	Kirli beyaz
<i>Cryptococcus laurentii</i>	dışkı					
<i>Candida ciferrii</i>	B arı iç doku					
<i>Candida famata</i>	dışkı					

Basit boyama sonucunda bakteri şekilleri belirlendi. 2, 6, 9, 10 ve 13 olarak numaralandırılan izolatlar yuvarlak (kok) şeklinde, 1 numaralı izolat ise çubuk (basil) olarak tespit edildi.

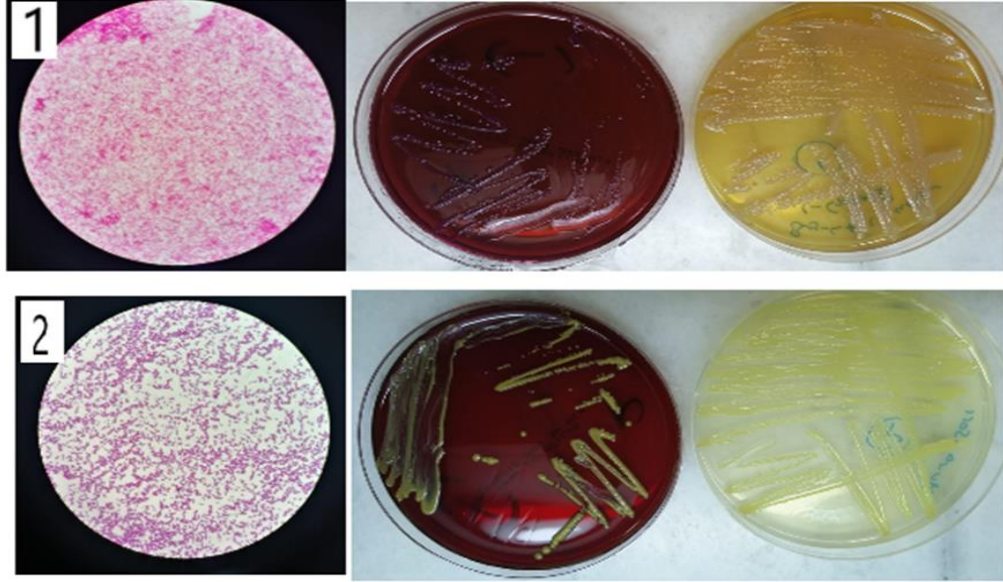
Gram boyama sonucunda, 2, 9, 10 ve 13 numaralı organizmalar Gram pozitif (mor), 1, 6, 11 ve 15 numaralı organizmalar Gram negatif (pembe) olarak belirlendi.

Yapılan endospor boyama sonucunda Gram negatif ve Gram pozitif organizmalarda endospor yapısı oluşumu gözlenmedi.

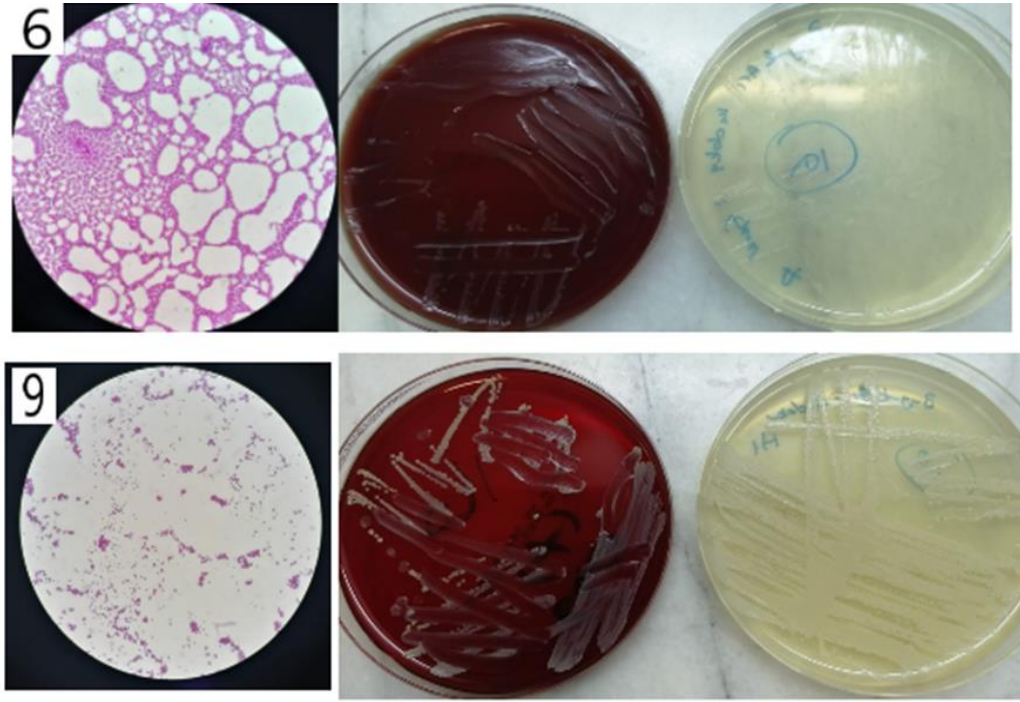
İzole edilen ve M1, M2 ve M3 olarak numaralandırılan izolatlar ise mantarlardır.

Saflaştırılan izolatlar, oluşturdukları koloni morfolojisi açısından değerlendirildi. Çizelge 4.3'de de özetlendiği gibi, saflaştırılan her bir izolat, farklı renk ve koloni morfolojisi gösterdi.

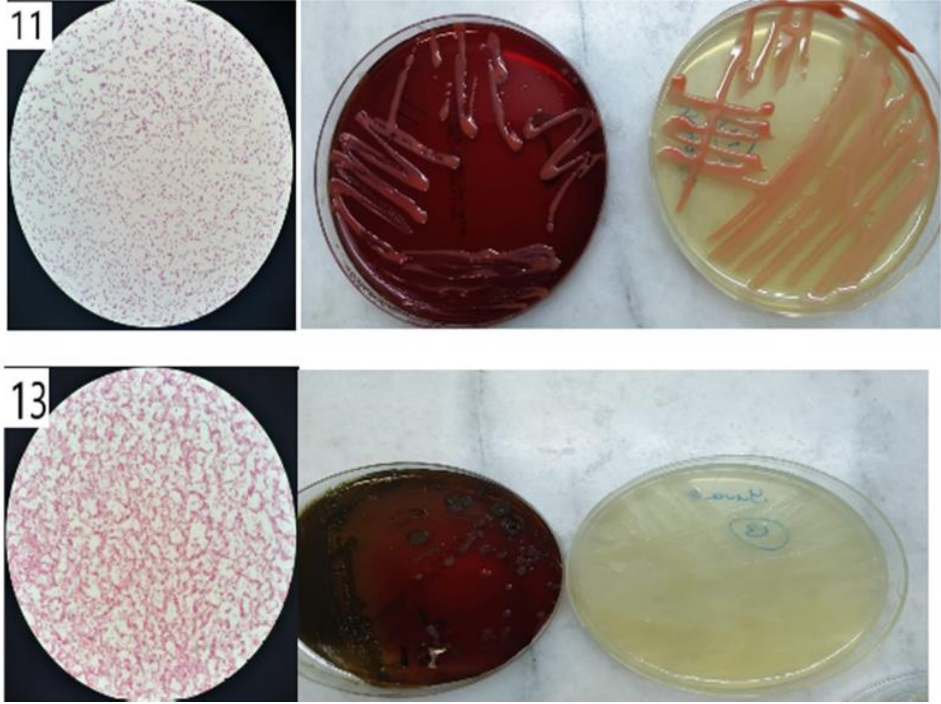
Morfolojik ve biyokimyasal özelliklerine göre tanımlanan 9 farklı bakteri ve mantar türünün bazılarının petri ve mikroskop görüntüleri belirlendi. Bunlar *S. marcescens* ve *G. adiacens* (Şekil 4.1), *E. faecalis* ve *St. xylois* (Şekil 4.2), *Sp. paucimobilis* ve *St. lentus* (Şekil 4.3) bakterilerinin mikroskop ve petri görüntüleri aşağıda gösterildi.



Şekil 4.1 Samsun Terme lokalitesi *Serratia marcescens* (1) ve *Granulicatella adiacens* (2) bakterilerine ait mikroskop ve petri görüntüsü

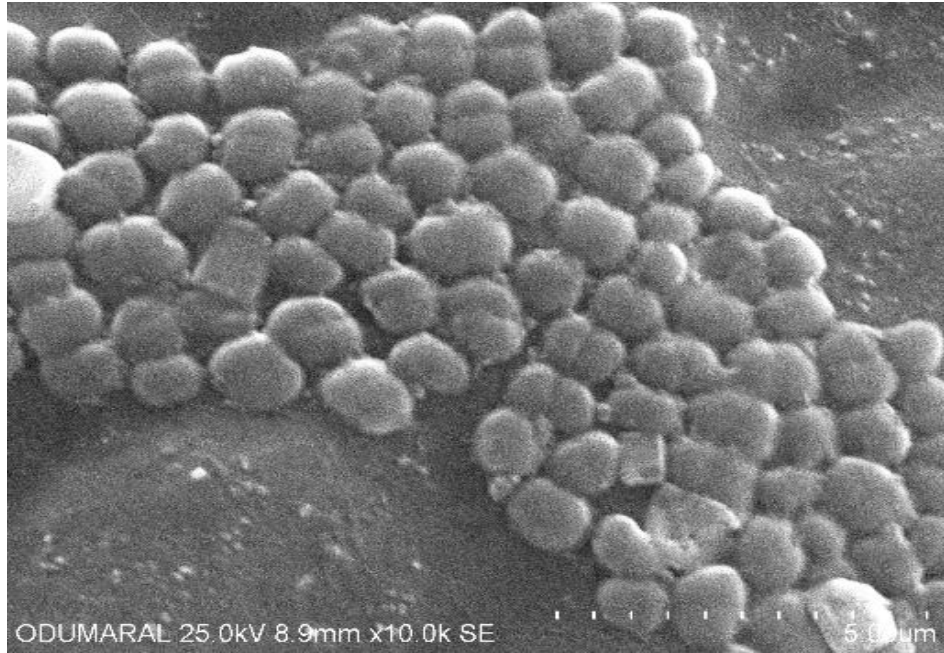


Şekil 4.2 Samsun Terme lokalitesi *Enterococcus faecalis* (6) ve *Staphylococcus xylois* (9) bakterilerine ait mikroskop ve petri görüntüsü

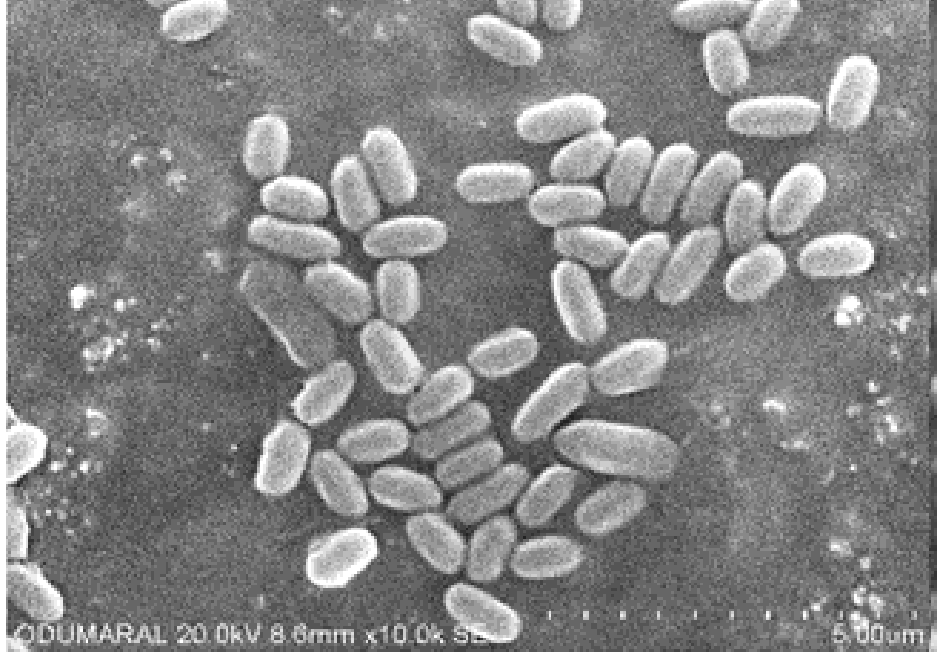


Şekil 4.3 Samsun Terme lokalitesi *Sphingomonas paucimobilis* (11) ve *Staphylococcus lentus* (13) bakterilerine ait mikroskop ve petri görüntüsü

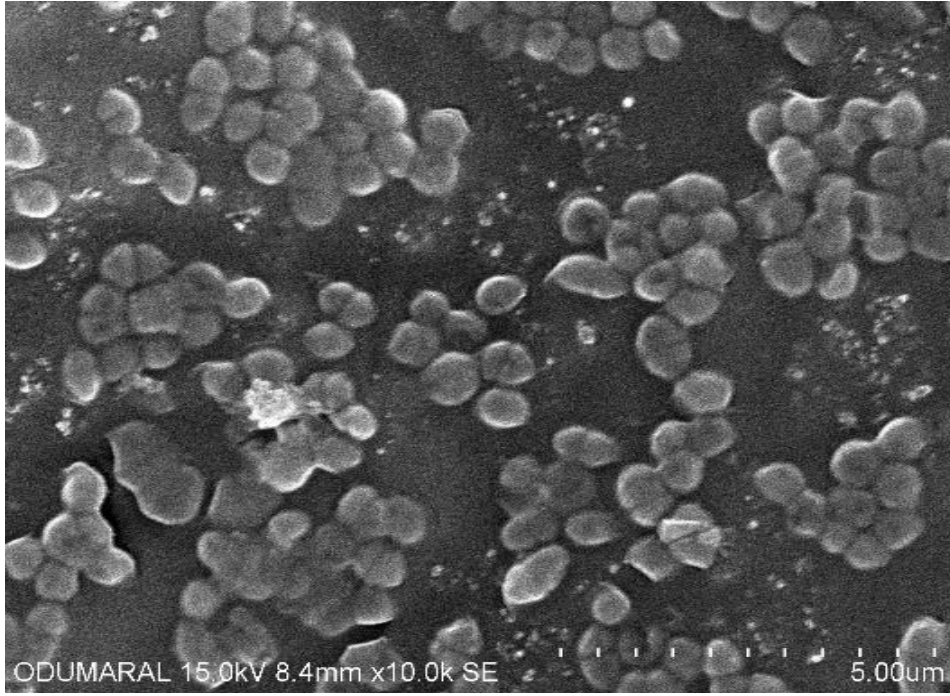
Yaban arılarından izole edilen bakterilerden *Staphylococcus lentus* (Şekil 4.4), *Serratia marcescens* (Şekil 4.5), *Granulicatella adiacens* (Şekil 4.6), *Sphingomonas paucimobilis* (Şekil 4.7), *Staphylococcus xylosus* (Şekil 4.8) ve *Enterococcus faecalis* (Şekil 4.9)'in SEM görüntüleri verildi.



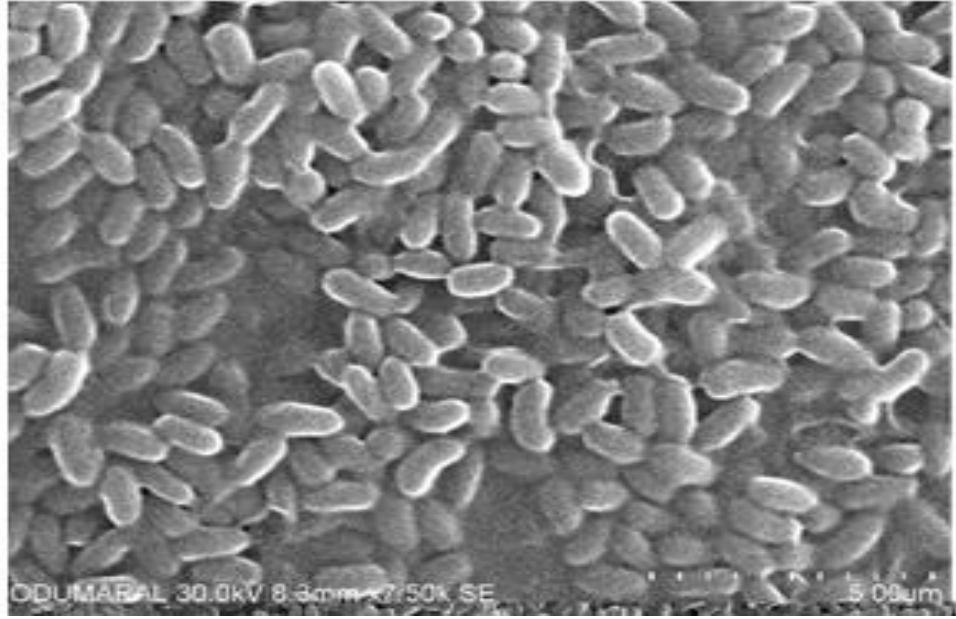
Şekil 4.4 *Staphylococcus lentus* taramalı elektron mikroskop görüntüsü



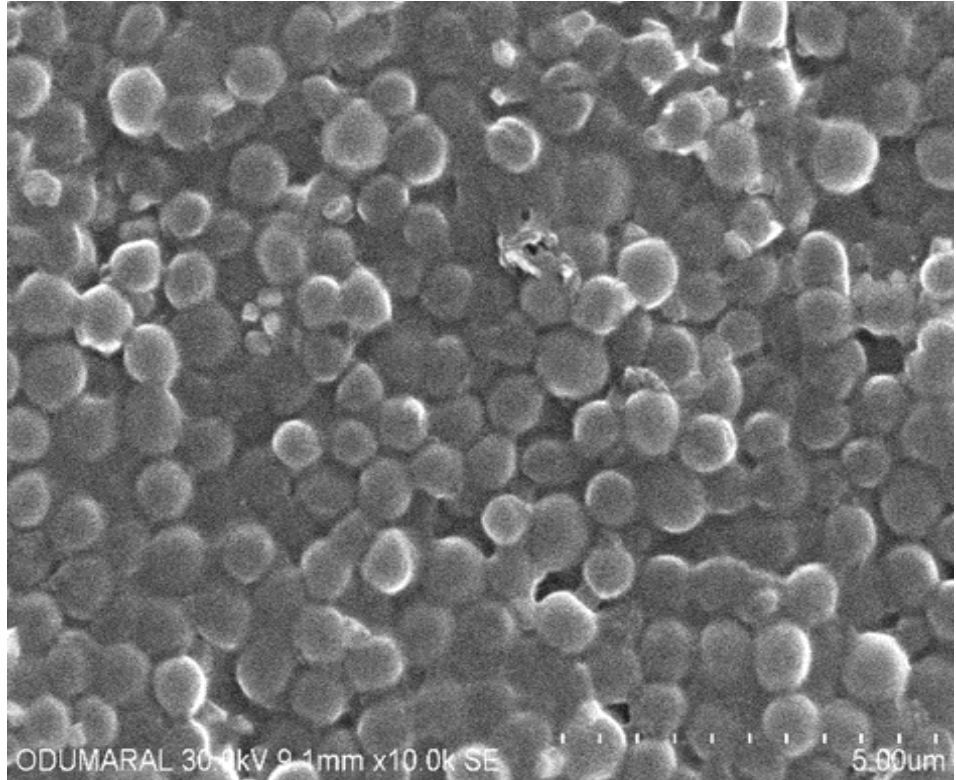
Şekil 4.5 *Serratia marcescens* taramalı elektron mikroskop görüntüsü



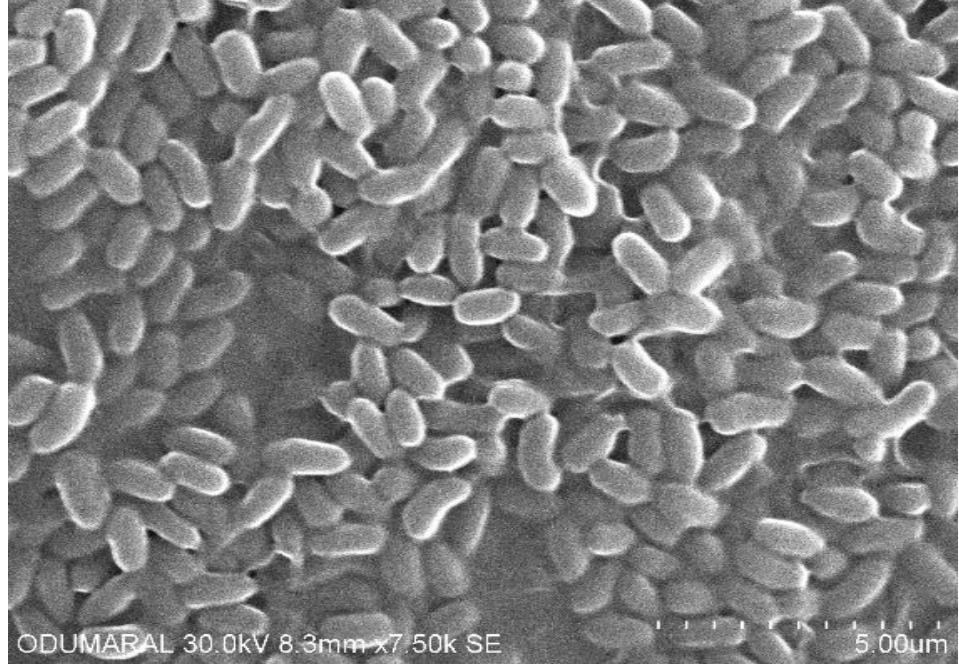
Şekil 4.6 *Granulicatella adiacens* taramalı elektron mikroskop görüntüsü



Şekil 4.7 *Spingomonas paucimobilis* taramalı elektron mikroskop görüntüsü



Şekil 4.8 *Staphylococcus xylosus* taramalı elektron mikroskop görüntüsü



Şekil 4.9 *Enterococcus faecalis* taramalı elektron mikroskop görüntüsü

4.2 İzolatların İnsektisidal Etkileri

VİTEK® 2 sonuçlarına göre, insektisidal etkiye sahip olduğu düşünülen 9 izolatla biyoassay çalışması yapıldı. Her bir izolat için 250-300 kadar sağlıklı *Apis mellifera* ergini kullanıldı. Biyoassay çalışmasının sonuçları Abbott formülü kullanılarak düzenlendi (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 *Polistes dominula* ve *Polistes nimpha*'dan izole edilen bakteri ve mantarların *Apis mellifera* üzerine insektisidal etkileri Abbott's analizi sonuçları

Mikroorganizmalar	Bal arısı sayısı	Ölüm Yüzdesi (Abbott)
<i>Staphylococcus lentus</i>	200±10	%27±1.76
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	200±10	%18.9±2.753
<i>Enterococcus faecalis</i>	200±10	%89.1±3.33
<i>Serratia marcescens</i>	200±10	%81.01±4.64
<i>Staphylococcus xylosus</i>	200±10	%24.32±3.49
<i>Granulicatella adiacens</i>	200±10	%10.18±5.32
<i>Cryptococcus laurentii</i>	200±10	%83.78±5.53
<i>Candida ciferrii</i>	200±10	%41.51±2.11
<i>Candida famata</i>	200±10	%94.59±3.85

Hesaplama sonucunda *S. marcescens* ve *E. faecalis* bakterileri ile *Cr. laurentii* ve *C. famata* mantar izolatlarının en yüksek insektisal etkiyi gösterdiği gözlemlendi. Bu etkiler aşağıdaki şekillerde gösterildi (Şekil 4.10) ve (Şekil 4.11).



Şekil 4.10 *Serratia marcescens* ve *Enterococcus faecalis* bakterilerinin *Apis mellifera* üzerindeki insektisal etkisi



Şekil 4.11 *Cryptococcus laurentii* ve *Candida famata* mantarlarının *Apis mellifera* üzerindeki insektisal etkisi

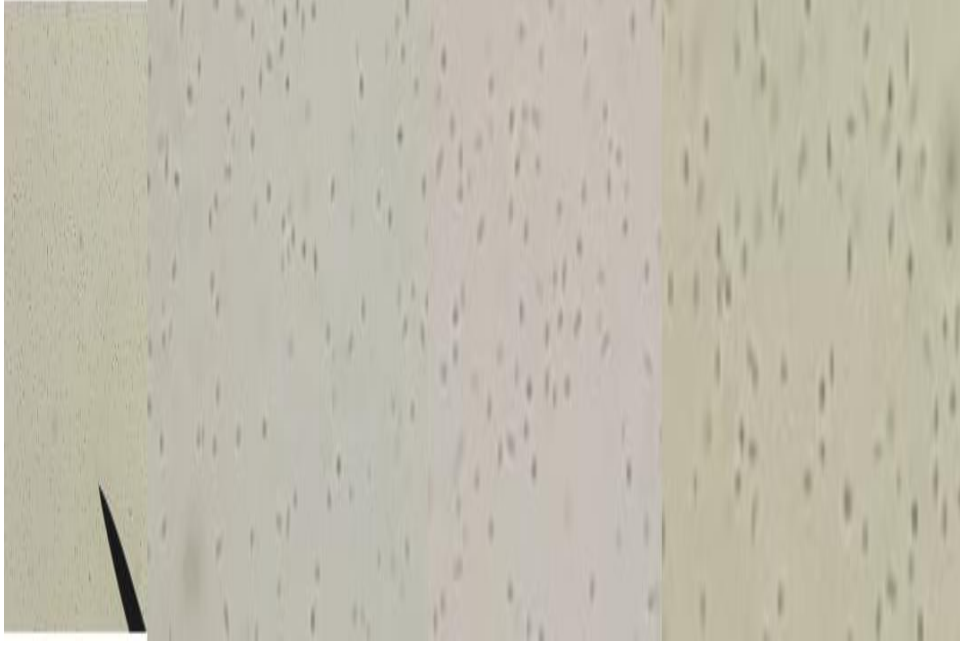
İzolasyonları ve tanımlamaları yapılan bakteri ve fungusların *A. mellifera* üzerindeki patojenitesi de test edildi. Bunun için, sağlıklı *A. mellifera* erginlerine 1.8×10^9 bakteri/mL dozlarında izolatların uygulamadan sonraki 7 gün içindeki insektisidal aktivitesi birkaç biyoassay deneyi ile test edildi. *S. marcescens* ve *E. faecalis* izolatları *A. mellifera*'da sırasıyla % 81,01 ve % 89,1 ölüm oranı meydana getirdi. Ölen arıların büyük bir kısmında ishal görüldü. Çalışma materyali olan diğer bakterilerimizin insektisidal aktifitesi çok yüksek olmayıp birbirine yakın değerlerdeydi. *G. adiacen*, sp. *paucimobilis*, *St. xylosus* ve *St. lentus*, bu bakterilerinin yaptığı ölüm oranı sırasıyla % 10.18, % 18.9, % 24.32 ve % 27'dir. Bu bakterilerin yaptığı bu ölüm oranları yüksek bir ölüm oranı olarak düşünülüyor. Bu bakterilerin bazıları daha önceden *A. melliferada*'da izole edildi.

Çalışmamızda *P. dominula* ve *P. nimpha*'dan izole edilen mantarlar, bakterilerden daha etkili oldular. Arı kovanlarında yaptığımız gözlemlerde de arıların kümeler halinde can çekiştiği tespit edildi. Ölen arılarda hem fizyolojik hem de morfolojik değişiklikler görüldü. Toplu halde bir yere yığıldılar, vücutları çok yumuşadı ve ishal oldular. Arılardaki ölümler 5-7 gün içerisinde görüldü. Hesaplamalar sonucunda ölüm oranları M1 nolu *Cr. laurentii* % 83.78, M2 nolu *C. ciferrii* % 41.51 ve M3 nolu *C. famata* % 94.59 olarak bulundu (Çizelge 4.2). Bu mantarlar, özellikle *Cr. laurentii* ve *C. famata* büyük bir yüzdelle % 83.78 ve % 94.59 bal arılarında toplu ölümler görüldü.

4.3 Işık Mikroskobu Çalışmaları ile Mikrospor Enfeksiyonunun Belirlenmesi

Işık mikroskobu çalışmalarında diseksiyonu yapılan yaban arısı örneklerinde mikrosporidyum patojeni tespit edilmeye çalışıldı.

Taze dokuların incelenmesi sırasında, konağın dokularında gerçekleşen tahribat gözlemlendi. Mikrosporidyum enfeksiyonunun bulunduğu dokulardaki morfolojik farklılıklar, normal dokular ile karşılaştırılarak enfeksiyon varlığı saptandı. Işık mikroskobu çalışmaları sonucunda mikrosporidyum enfeksiyonunun böceğin bağırsak, malpighi tüpleri ve hemolenfide enfeksiyon yaptığı belirlendi. Özel kamera ve resim sistemlerine sahip mikroskop kullanılarak, daha önce ışık mikroskopunda tespit edilen mikrosporların enfekte ettiği dokular fotoğraflandı (Şekil 4.12)

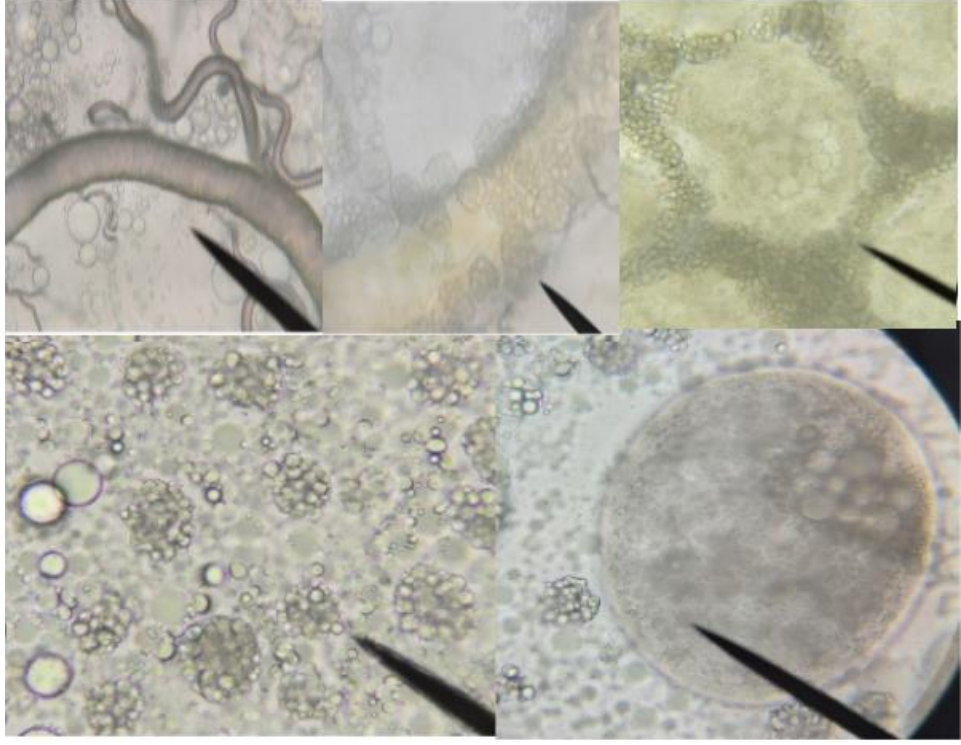


Şekil 4.12 Işık mikroskopunda mikrosporların görünümü

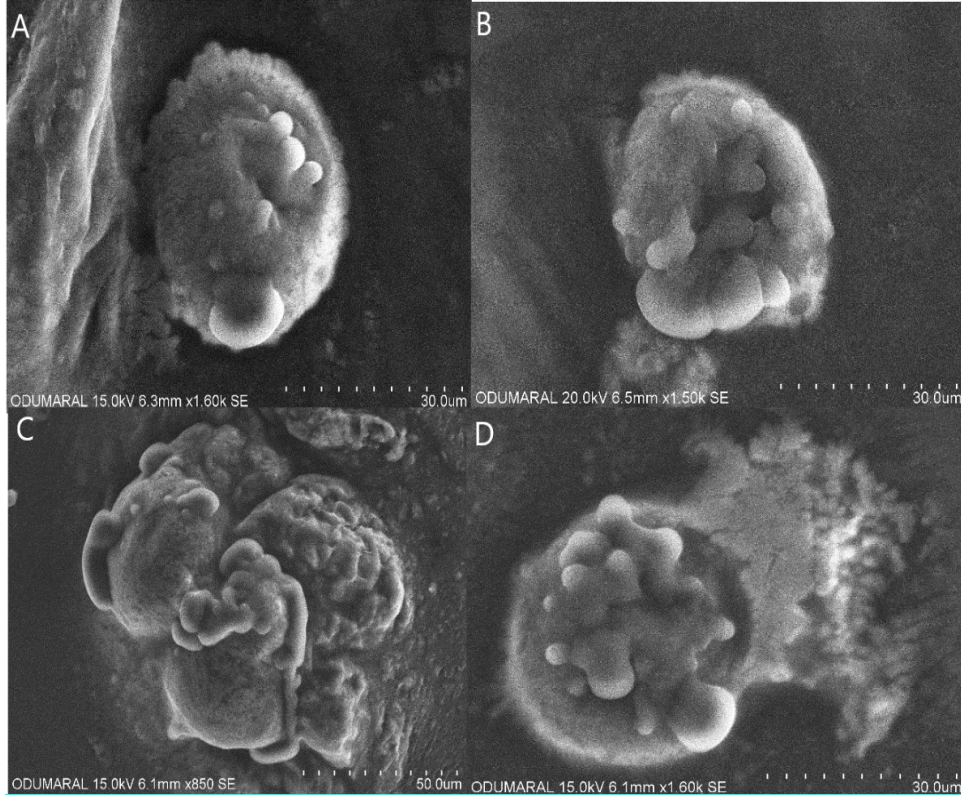
4.4 Işık Mikroskobu Ve Taramalı Elektron Mikroskobu Çalışmaları İle Hücre İçi Parazit Varlığının Belirlenmesi

Enfeksiyon, konağın içinde sporlu ookist açılması ve sekiz sporozoit açığa çıkmasıyla başlar. Her biri sporozoit, bir bağırsak hücrelerinde kendine bir yuva bulur ve kendi üreme sürecini başlatır. Bu yavrulara merozoitler denir. Hücre merozoitlerle dolduğunda patlayarak açılır ve her merozoit döngüye devam etmek için kendi bağırsak hücrelerini bulur. Enfeksiyon devam ederken, milyonlarca bağırsak hücreleri enfekte olabilir. Açıldıklarında kanlı ve sulu bir ishal meydana gelir. Bu da dehidrasyona neden olur ve genç ve/veya küçük evcil hayvanlarda ölüme bile neden olabilir (Anonim, 2015).

Işık mikroskobu ve taramalı elektron mikroskobu çalışmalarında yabancı arılarında ilk kez *Coccidia* patojeni görüntüledi. Arı dokusu içinde görüntülenen bu yapılar hem Işık mikroskopunda hem de SEM'de görüntüledi (Şekil 4.13) ve (Şekil 4.14).



Şekil 4.13 Işık mikroskobunda coccidian patojeni



Şekil 4.14 Taramalı elektron mikroskobunda (SEM) coccidian patojeni

Çalışma sonucunda varlıklarını *P. dominula* ve *P. nimpha* yaban arılarından tespit ettiğimiz coccidian (Hücre kültürü ile çoğaltılması gerekir) ve mikrosporidia patojenleri çoğaltılamadığı için *A. mellifera* üzerinde biyoassay çalışması yapılmadı.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Avrupa bal arıları, Türkiye ve Dünyada tarımındaki ve ekosistemdeki önemli rolleri ve yüksek ekonomik değere sahip olmaları nedeniyle en çok araştırılan böcekler arasında yer almaktadırlar. Bal arıları sadece bal, propolis, polen ve balmumu üretmeleri açısından değil, aynı zamanda tarım ve bahçe bitkileri açısından da büyük öneme sahiptirler. İçinde buldukları ekosistemlere son derece iyi uyum sağlayabilen arıların yaşam alanları, Asya ve Afrika boyunca, İskandinavya'nın güney kesimlerinden Ekvator'a kadar uzanır (Sheppard ve Meixner, 2003).

Arılar da bulunan çeşitli mikroorganizmalar bal arıları ile ilişkilidir. Arılar, yeryüzünde doğrudan ya da dolaylı olarak besin zincirine büyük bir katkı sağlamaktadırlar. Son yıllarda bazı bölgelerlerdeki bal arılarında kovanlarından kaynaklanan toplu ölümlere ve arı popülasyonlarında ciddi azalmalara rastlanılmaktadır (Stathers, 2016; Potts, 2016). Bu ölümlerin farklı nedenleri olabilir. Bunlardan bir tanesi de mikroorganizmalardır. Bizim yaptığımız bu çalışmada, amacımız yaban arılarından izole edeceğimiz bakteri ve fungusların bal arıları üzerinde olumsuz enfeksiyonları var mı, yok mu, varsa toplu ölümlere sebebiyet veriyorlar mı sorularına cevap aramaktı.

Yaban arıları yaşamlarının bazı zamanlarında doğrudan veya dolaylı olarak bal arıları türleriyle karşılaşır. Bu karşılaşma, bazen bir çiçekte bazen bir meyvede bazen de bir yuva baskını sırasında veya bal arısının kendisiyle doğrudan karşılaşmaları şeklinde olabilir. Yaban arı bireyleri, bünyelerinde taşıdıkları bazı bakteri ve mantar türlerini bal arılarına bulaştırabilirler (Jackson ve ark., 2001).

Daha önce Ordu ve 9 ilçesinden toplanan bal arılarının bakteri florası üzerine yapılan bir çalışmada tespit edilen bazı bakteri türlerini bu yaptığımız çalışmada da tespit ettik. *Staphylococcus lentus* ve *Sphingomonas paucimobilis* bakteri türlerine, Samsun'un Terme ilçesinden toplanan yaban arılarında da rastlandı (Çizelge 4.3). Bu sonuçlar, benzer bakterilerin her iki türde ortak olduğunu veya bir bulaşma sonucu her iki türe geçtiğini göstermektedir.

Polistes dominula ve *Polistes nimpha* yaban arılarının sindirim sisteminden (orta bağırsak ve arka bağırsak) izole ettiğimiz bakterilerden biri olan *Serratia marcescens*, Gram negatif bakteriyal bir entomopatojen olarak böcek kontrol

programlarında kullanılabilir yeni toksinlerin ve metabolitlerin potansiyel bir kaynağı olabilir, bu bakteri biyolojik kontrol ürünü olarak geliştirilmiş tek üyedir (Jackson ve ark., 2001). *S. marcescens* hem omurgasızları hem de omurgalıları enfekte eder, çoğunlukla bakteriyemiye (kan dolaşımındaki bakterilerin varlığı) ve hızlı böcek ölümüne neden olan önemli bir böcek patojeni olarak kabul edilir (Grimont ve Grimont, 2006; Ishii ve ark., 2014).

Yapılan bir çalışmada, *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera: Pyralidae) ve *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Hymenoptera: Pyralidae) larvalarından izole edilen *S. marcescens* izolatının bu haşerelere karşı patojenitesi değerlendirildi. Bu bakteri, ya beşinci evre larvalarının hemolenfine enjekte edildi ya da böceklerin besinlerine eklendi. Kontrol grubu ve altı *S. marcescens* konsantrasyonu ile tehdit edilen larvaların hayatta kalma eğrileri, larvaların hayatta kalma oranlarını önemli ölçüde azalttı (Bidari ve ark., 2018). Elde ettiğimiz veriler, *S. marcescens* izolatını böcek zararlılarının mikrobiyal kontrolünde kullanma potansiyelini göstermektedir. Böceklere dayanıklı bitkiler geliştirerek böcek kontrolünde ve biyoteknoloji uygulamalarında yararlı biyoaktif molekül ve gen kaynağı olarak da düşünülebilir.

Bu çalışmada elde ettiğimiz bir diğer izolat olan *Granulicatella adiacens*, oral, gastrointestinal ve ürogenital floranın kommensal bir parçası olmasına rağmen, diğer streptokoklarla karşılaştırıldığında izolasyonun zor olması ve farklılaştırma teknikleri nedeniyle nadiren enfeksiyona neden olur. Çoğunlukla bakteriyemiye ve endokardite neden olduğu, postenströmantasyon menenjit, meme implantlarının enfeksiyonları ve periton diyalizi ile ilişkili peritonit gibi cihazla ilişkili enfeksiyonlarda daha az görüldüğü bildirildi (Christensen ve Facklam 2001).

Elde ettiğimiz bir başka izolat olan *Sphingomonas paucimobilis* bakterisi daha önce yapılan birçok çalışmada böcek ve arılardan izole edildi (Bog ve ark., 2020). Ordu ilinde 9 ilçeden toplanan ölü ve hastalıklı ergin arılardan izole edilen patojenik bakterinin 18'i spor oluşturmeyen bakteriydi. Bu izolatlardan bir tanesinde, *Sphingomonas paucimobilis* dir (Yarılgaç, 2020). *Sp. paucimobilis* bakterisi farklı kaynaklardan da izole edildi.

Böcek tuzağına düşen bazı Tabanidae türlerinden izole edilen bakteriler arasında sıklıkla görülen bu bakteriler, aynı zamanda besinlerde, çeşitli su kaynaklarında, atıklarda, dışkılarda ve her yerde bulunan bakterilerdir (Tetik ve ark., 2019). Fukui ve ark. (1999), bu bakterinin bazı suşlarını antoryumların bağırsak sıvılarından izole ettiler ve tanımladılar. Bizim çalışmamızdaki *S. paucimobilis* izolatu muhtemelen çiçeklerden nektar topladıkları sırada bal arılarını enfekte ediyor olmalı.

Çalışmamızda elde ettiğimiz bir diğer izolat, bal arılarında ve evsel atık sularda mevcut olan *Staphylococcus xylosus* izolatıdır. Bu izolat, Kadife fasulyesi tırtılı, *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae)'nin bağırsağındaki proteolitik bakterilerin karakterizasyonu ve tanımlanması sonucunda elde edildi (Visotto ve ark. 2009), ayrıca arılarla yapılan çalışmada da izole edildi (Bog ve ark., 2020).

Evsel atık sular, geniş mikroorganizma dizilerinin hayatta kalması için uygun bir ortam olarak kabul edilir. Bu amaçla, Jazan, Suudi Arabistan'daki iki evsel atık su arıtma tesisinden izole edilen bakterileri karakterize edildi ve bakteri izolatlarını tanımlamak için morfolojik ve biyokimyasal testler kullanıldı. Çalışma sonucunda hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakteri suşları izole edildi. Bu izolatlar arasında *St. xylosus* türü de yer aldı (Essa ve ark. 2018).

Çalışmamızda elde ettiğimiz izolatlar arasında yer alan *Enterococcus faecalis* da önemli bir bakteri türüdür. Bu izolat birçok araştırmacı tarafından farklı böceklerden izole edildi (Park ve Kim, 2002). Shil ve ark., (2014), 19 koloniden on iki farklı cinsi temsil eden on beş izolat tanımlandı. *Ocymyrmex velox* Santschi, 1932 (Hymenoptera: Formicidae)'den elde edilen izolatlar arasında *E. faecalis*, *S. marcescens* bakterileri de mevcuttu. Bu çalışmada farklı böcek bağırsağından farklı bakteri türleri tanımlanmış olmasına rağmen, bunların ortak bir bakteri türü içermediğini göstermedi. Bir başka çalışmada Pancar tırtılı, *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) (Hymenoptera: Noctuidae)'de bakteriyel bir hastalık bulundu. Enfekte olmuş larvaların kararmış gövdesi, özellikle intersegmental alanlarda epizootik hastalık gözlemlendi. Bakterileri enfekte olmuş 5. evre larvalarının hemolenfinden izole edilen ve izolatu gram pozitif bir bakteri olan *E. faecalis* olarak tanımlandı.

Doğada mantarların oluşumu yaygındır. Hava, bitki ve hayvan yüzeylerinden, korunmuş gıdalardan ve çiçek nektarı ve meyve suları dahil şekerli materyallerden izole edilebilir (Ingram, 1955; Last ve Price, 1969). Mantarların böcek bağırsakları ile ilişkisi de iyi bilinmektedir. Tozlaşan arılar özellikle nektar keselerinde mantar barındırırlar. Benzer şekilde, çiçek nektarı zengin bir mantar kaynağını oluşturmaktadır. Belirli mantar türlerinin çiçekler ve böceklerle ilişkisi, bazı böceklerin tozlaşmayı sağlaması ve aynı zamanda entomofil çiçekleri ziyaretleri sırasında mantarları çiçek nektarına aktarmaktadır (Batra ve ark., 1973).

Çalışmamızda yaban arılarından elde ettiğimiz *Candida*, *Debaryomyces*, *Hansenula* ve *Torulopsis* mantar cinslerine ait türler tespit edildi. Yapılan başka çalışmalarda ise tozlaşan arıların bal midelerinden bunlara benzer türlerde mantar cins ve türleri tespit edildi. Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz *Cryptococcus laurentii* ve *Candida ciferrii* mantarları, yapılan başka bir çalışmada Uruguay'ın güneyindeki organik üretim meyve bahçelerinden toplanan sağlıklı elma meyvelerinin yüzeyinden de biyokontrol ajanları ile bu iki mantar izole edildi (Vero ve ark., 2002).

Bir diğer çalışmada, Sardunya'da incir yapraklarından elde edilen *C. famata* izolatinin portakal meyveleri üzerinde biyolojik kontrolü rapor edildi. Konak-antagonist-patojen etkileşimi ile ilgili olarak, mantarın yapay yaralara tek başına veya patojen ile aşılandığında, meyveyi fitoaleksinler (scoparone ve scopoletin) üretmesi için uyardığı gözlemlendi (Arras, 1996).

Yaban arılarından diseksiyonu sonucunda, örneklerde mikrosporidyum tespit ettik. Patojenin mikroskop altında tespitinde en temel safha olan spor safhasını birçok diseksiyonda gözledik. Mikrosporidyum patojeninin karakteristik özelliklerini taşıyan sporlar ışığı farklı şekilde kırmaları, aynı boyut ve şekle sahip olmaları bakımından konağının diğer dokularından ayırt edilmektedir (Şekil 4.12).

Coccidia, Apicomplexan sınıfı Conoidasida'ya ait mikroskobik, spor oluşturan, tek hücreli zorunlu hücre içi parazitlerin bir alt sınıfıdır (Urquart ve ark., 1987). Parazitler ile enfeksiyonu koksidiyoz olarak bilinir. Coccidia türüne bağlı olarak enfeksiyonda arılarda, ateş, kusma, ishal, kas ağrısı ve sinir sistemi etkilerine ve davranış değişikliklerine neden olabilir ve ölüme neden olabilir. Koksidiyoz, dışkı yaymalarında ookistlerin bulunmasıyla teşhis edilebilir. Hastalığın erken evrelerinde

çok az sayıda ookist dökülebilir ve negatif bir test hastalığı ekarte etmez. Koksidiyoz, en yaygın olarak, koksidianın üremesini durduran bir grup ilaç olan koksidiyostatların uygulanması yoluyla tedavi edilir. Köpeklerde ve kedilerde en yaygın olarak uygulanan koksidiyostat, sülfat bazlı antibiyotiklerdir. Üreme durduğunda, hayvan genellikle kendi kendine iyileşebilir, enfeksiyonun ciddiyetine ve hayvanın bağışıklık sisteminin gücüne bağlı olarak birkaç hafta sürebilen bir süreç mevcuttur (Anonim, 2015). Bugüne kadar yaban arılarında Coccidia patojeni görüntelenmişti. Bu çalışma, bu özelliğiyle ilktir. Çalışma sonucunda varlıklarını tespit ettiğimiz coccidian ve mikrosporidia patojenleri çoğaltılamadığı için bal arıları üzerinde insektisidal etkileri olup olmadığı belirlenemedi.

Sonuç olarak, çalışmamızda yaban arılarından elde ettiğimiz ve daha önceki çalışmalarda bal arılarından elde edilmiş olan benzer bakteriler ve mantarların her iki türde ortak olması, arılar arasında bir bulaşma ihtimalini güçlendirmektedir. Yaban arıları ile bal arıları, bazen (nektar toplarken) çiçekleri ziyaretlerinde, bazen bir meyvede ve bazen de bir yuva baskını sırasında doğrudan veya dolaylı olarak karşılaşabilirler. Bu durumda yaban arıları bünyelerinde taşıdıkları bazı bakteri ve mantar türlerini bal arılarına bulaştırabilir ve arı kolonilerinde enfeksiyonlara yol açabilir. Dolayısıyla, yaban arılarından elde ettiğimiz bakteri ve mantarların bazıları, biyolojik kontrol ajanı olarak biyolojik mücadelede, böcek zararlılarının mikrobiyal kontrolünde, böceklere dayanıklı bitkiler geliştirilmesinde ve biyoteknoloji uygulamalarında kullanılabileceği düşünülebilir.

6. KAYNAKLAR

- Abbott, WS. (1925). A Method of Computing of Effectiveness of on Insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Ahn, JH., Hong, IP., Bok, J., Kim, BY., Song, J. & Weon, HY. (2012). Pyrosequencing analysis of the bacterial communities in the guts of honeybees *Apis cerana* and *Apis mellifera* in Korea. *Journal of Microbiology*, 50, 735-745.
- Anderson, KE., Sheehan, T., Eckholm, B., Mott, B. & DeGrandi-Hoffman, G. (2011). An emerging paradigm of colony health. Microbial balance of the honeybee and hive (*Apis mellifera*). *Insectes Sociaux*, 58, 431-444.
- Anjum, SI., Shah, AH., Aurongzeb, M., Kori, J., Azim MK., Ansari, M. & Bin, L. (2017). Characterization of gut bacterial flora of *Apis mellifera* from North-West Pakistan. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25, 388-392.
- Anonim (1791). "Polistes Nimpha (Mesih, 1791)". Küresel Biyoçeşitlilik Bilgi Tesisi: GBIF Omurga Taksonomisi, GBIF.ORG.
- Anonim, (2015). Koksidyza. Mar Vista Hayvan Tıp Merkezi. 1 Kasım 2015 tarihinde arşivlendi.
- Arras, G. (1996). Mode of action of an isolate of *Candida famata* in biological control of *Penicillium digitatum* in orange fruits. *Postharvest Biological Technology*, 8, 191-198.
- Bağrıaçık, N. (2013). Some Structural Features of Nest Materials of *Polistes nimpha* (Christ, 1791) in Several Ecological Conditions (Hymenoptera: Vespidae). *Journal of the Entomological Research Society*, 15(3): 1-7.
- Batra, LR., Batra, SWT. & Bohart, GE. (1973). The mycoflora of domesticated and wild bees (Apoidea). *Mycopathol and Mycologia Applicata*, 49, 13-44
- Beani, L., Cervo, R., Lorenzi, C.M., & Turillazzi, S. (1992). Landmark-Based Mating Systems in Four *Polistes* Species (Hymenoptera: Vespidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 65(3), 211-217.
- Beani, L., & Turillazzi, S. (1987). Alternative mating tactics in males of *Polistes dominulus* (Hymenoptera, Vespidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 22, 257-264.
- Benson, HJ. (1985). Microbiological Applications, a Laboratory Manuel in General Microbiology. Brock, Fourt Editin, Wm C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa.
- Bidari, F. Shams-Bakhsh, M. & Mehrabadi, M. (2018). Isolation and Characterization of a *Serratia marcescens* with insecticidal activity from *Polyphylla olivieri* (Col: Scarabaeidae). *Journal of Applied Entomology*, 142, 162-172.
- Bog, ES., Erturk, Ö. & Yaman, M. (2020). Pathogenicity of aerobic bacteria isolated from honeybees (*Apis mellifera*) in Ordu Province. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 44, 714-719.
- Bruschini, C., Cervo, R, Cini, A., Pieraccini, G., Pontieri, L., Signorotti, L. & Turillazzi, S. (2011). Cuticular hydrocarbons rather than peptides are

- responsible for nestmate recognition in *Polistes dominulus*. *Chemical Senses*, 36(8), 715-723.
- Buck, M., Marshall, S. & Cheung, D. (2008a). Identification Atlas of the Vespidae (Hymenoptera, Aculeata) of the northeastern Nearctic region. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 5.
- Buck, M., S. Marshall, S. & Cheung, D. (2008b). *Canadian Journal of Arthropod Identification* (On-line) February 19. Identification Atlas of the Vespidae (Hymenoptera, Aculeata) of the northeastern Nearctic region.
- Canning, EU. & Lom, J. (1986). The Microsporidia of Vertebrates. *Academic Press*, London, 289 pages.
- Cappuccino, JG. & Sherman, N. (1992). Microbiology, a Laboratory Manual. Third Edition, Rockland Community College, Suffern, New York, 72, 248–254.
- Cardinal, S. & Danforth, BN. (2011) The Antiquity and Evolutionary History of Social Behavior in Bees. *PLoS ONE*, 6, 6.
- Carpenter, JM. (1996). "Phylogeny and Biogeography of Polistes". In Turillazzi, S.; West-Eberhard, M. J. (eds.). *Natural History and Evolution of Paper-Wasps*. Oxford University Press. pp. 18–57.
- Cervo, R. & Turillazzi, S. (1985). *Associative foundation and nesting sites in Polistes nimpha*. *Naturwissenschaften*, 72(1): 48–49.
- Cervo, R., Zacchi, F. & Turillazzi, S. (2000). *Polistes dominulus* (Hymenoptera, Vespidae) (Christ, 1791) invading North America, Some hypotheses for its rapid spread, *Insectes Sociaux*, 47, 155-157.
- Cervo, R., Dapporto, L., Beani, L., Strassmann, J. & Turillazzi, S. (2008). On status badges and quality signals in the paper wasp *Polistes dominulus*, body size, facial colour patterns and hierarchical rank. *Proceedings of the Royal Society*, 275, 1189-1196.
- Charlesworth, D. & Willis, JH. (2009). The genetics of inbreeding depression. *Nature Reviews Genetics*, 10(11), 783-796.
- Charles, S. (2010). Sterling Prasiatology Microsporidia. *Research Department of Veterinary Science and Microbiology*, University of Arizona, 30(7), 879-889.
- Christensen, JJ. & Facklam, RR. (2001). Granulicatella and Abiotrophia species from human clinical specimens. *Journal of Clinical Microbiology*, 39, 3520-3523.
- Corby-Harris, V., Maes, P. & Anderson, KE. (2014). The bacterial communities associated with honeybee (*Apis mellifera*) foragers. *PLoS ONE*, 9(4), e95056.
- Cranshaw, W. (2014). "Pigeon Tremex Horntail and the Giant Ichneumon Wasp". Colorado State University Extension. Retrieved 15 June 2015.
- Cranshaw, W. (2008). European Paper Wasp (On-line). Colorado State University Extension.
- Current, WL. & Owen, RL. (1989). Cryptosporidiosis AMD microsporidiosis In: Enteric Infection. Mechanisms, Manifestations and Management, 11th Ed, Farthing, MJG. & Keusch, GT, London, Chapman and Hall, 203-207.

- Danforth, BN., Sipes, S., Fang, J. & Brady, SG. (2006). "The history of early bee diversification based on five genes plus morphology". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States America*. 103 (41), 15118-15123.
- DeGrandi-Hoffman, G., Corby-Harris, V., DeJong, E. W., Chambers, M. & Hidalgo, G. (2017). Honeybee gut microbial communities are robust to the fungicide Pristine consumed in pollen. *Apidologie*, 48(3), 340-352.
- Delfino, G. (1991). "Preliminary Ultrastructural Findings on the Sternal Glands of Male *Polistes Nimpha* (Christ)". *Ethology Ecology & Evolution*. 3 (Sup1): 55-58.
- Engel, P., Kwong, WK., McFrederick, Q., Anderson, KE., Barribeau, SM., Chandler, JA., Cornman, RS., Dainat, J., De Miranda, JR., Doublet, V., Emery, O., Evans, JD., Farinelli, L., Flenniken, ML., Granberg, F., Grasis, JA., Gauthier, L., Hayer, J., Koch, H., Kocher, S., Martinson, VG., Moran, N., Munoz-Torres, M., Newton, I., Paxton, RJ., Powell, E., Sadd, BM., Schmid-Hempel, P., Schmid- Hempel, R., Song, SJ., Schwarz, RS., VanEngelsdorp, D. & Dainat, B. (2016). The bee microbiome: impact on bee health and model for evolution and ecology of host-microbe interactions. *Bio*, 7(2), e02164-15.
- Ernst, JV & Benz GW. (1986). Intestinal coccidiosis in cattle, The veterinary clinics of North America/Parasites, epidemiology and control. *W.B. Saunders Company*, Philadelphia, PA. 2, 283–291.
- Essa, AM. & El-Gayar, KE. (2018). Characterization of bacteria isolated from domestic wastewater in Jazan, Saudi Arabia. *The Egyptian Journal Experimental Biology (Botany)*, 14 (2), 331.
- Fadel, A., Sharif, N. & Alaeddinoğlu, G. (1988). A rapid and simple method for staining of the crystal protein of *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Industrial Microbiology*, 3, 227-229.
- Fukui Y., Ishikawa D., Ishida D., Okada M., Itagaki R. & Ogiso T. (1999). Comparison of fertility of estrus synchronised ewes with four different intravaginal devices during the breeding season. *Journal Reproductive Developmen.*, 45, 337-343.
- Franzen, C. & Muller, A. (1999). Molecular Techniques for Detection, Species Differentiation and Phylogenetic Analysis of Microsporidia. *Clinical Microbiol Reviews*, 12, 243-85.
- Garcia, LS. (2002). Laboratory Identification of Microsporidia, *Journal of Clinical Microbiology*, 40, 1892-1901.
- Gilliam, M. (1997). Identification and roles of nonpathogenic microflora associated with honeybees. *European Federation of Learned Mikrobiology Societies. Microbiology Letters*, 155, 1–10.
- Gilliam, M. & Morton, LH. (1978). Bacteria belonging to the genus *Bacillus* isolated from honeybees, *Apis mellifera*. Fed 2,4-D and antibiotics (1). *Apidologie, Springer Verlag*, 9(3), 213-222.

- Gilliam, M. & Prest, DB. (1972). Fungi isolated from the intestinal contents of foraging worker honeybees, *Apis mellifera*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 20(1), 101-103.
- Gilliam, M., Prest, DB. & Morton, HL. (1974). Fungi isolated from honeybees, *Apis mellifera*. Fed 2,4-D and Antibiotics. *Journal of Invertebrate Pathology*, 24(2), 213-217.
- Gilliam, M. & Valentine, DK. (1976). Bacteria, the genus *Bacillus* isolated from the intestinal contents of foraging worker honeybees, *Apis mellifera*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 28(2), 275-276.
- Green, J. & Field, J. (2010). Interpopulation variation in status signalling in the paper wasp *Polistes dominulus*. *Animal Behaviour*, 81, 205-209.
- Grimaldi, D. & Engel, MS. (2005). Evolution of the Insects. Cambridge University Press. p. 454.
- Grimont, F. & Grimont, PA. (2006). The genus prokaryotes. The Serratia. pp. 219–244. New York. Springer.
- Hedtke, Shannon M., Patiny, Sébastien. & Danforth Bryan, M. (2013). "The bee tree of life: a supermatrix approach to apoid phylogeny and biogeography". *BMC Evolutionary Biology*. 13 (138), 138.
- Hoell, HV., Doyen, JT. & Purcell, AH. (1998). Introduction to Insect Biology and Diversity (tekt only), 2nd (second). Oxford University Press. pp. 570–579.
- Houston, T. (2013). American Housing Survey Factsheets. Issued May 2015. AHS, 13-8.
- Ingram, M. (1955). An introduction to the biology of yeasts. Pitman Press, New York, 977.
- Ishii, K., Adachi, T., Hara, T., Hamamoto, H., & Sekimizu, K. (2014). Identification of a *Serratia marcescens* virulence factor that promotes hemolymph bleeding in the silkworm, *Bombyx mori*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 117, 61-67.
- Izzo, A. (2011). Spotting the top male. sexual selection in a lek-mating paper wasp, *Polistes dominulus*. *Doctor of Philosophy (Ecology and Evolutionary Biology)* Dissertation, 1-102.
- İşcanoğlu, Ş. & Bağriaçık, N. (2011). *Polistes gallicus* (L.), *Polistes nimpha* (Christ, 1971) ve *Vespula germanica* (Fab.) (Hymenoptera: Vespidae) Türlerinde Zehir Aygıtının Ultramorfolojik Karşılaştırılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(4), 621–624.
- Jackson, TA., Boucias, DG. & Thaler, JO. (2001). Pathobiology of Amber Disease, Caused by *Serratia* spp., in the New Zealand Grass Grub. *Costelytra zealandica*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 78, 232-243.
- Jacobs, S. (2011). European Paper Wasp. *Entomological Notes*. 1-2.
- Jeyaprakash, A., Hoy, MA. & Allsopp, MH. (2003). Bacterial Diversity in Worker Adults of *Apis mellifera capensis* and *Apis mellifera scutellata* (Insecta: Hymenoptera) Assessed Using 16S rRNA Sequences. *Journal of Invertebrate Pathology*, 84(2), 96-103.

- Kampfer, P. (1995). An efficient method for preparation of extracts from Gram-Positive bacteria for comparison of cellular protein patterns. *Journal of Microbiological Methods*, 21, 55-66.
- Karsai, I., Péntzes, Z. & Wenzel, J. (1996). Dynamics of colony development in *Polistes dominulus*, a modeling approach. *Behavioral Ecology Sociobiology*, 39, 97-105.
- Khalid, M., Mishkat, U., Abdul, A., Syed Azhar, H. & Mian I. (2012). To the knowledge of Vespidae (Hymenoptera) of Pakistan. *Zootaxa*, 3318, 26-50.
- Kulike, H. (1986). Hornissen. *Imkerfreund*, 41, 300-303.
- Kwong, WK. & Moran, NA. (2013). Cultivation and characterization of the gut symbionts of honeybees and bumble bees: description of *Snodgrassella alvi* gen. nov., sp. nov., a member of the family Neisseriaceae of the *Betaproteobacteria*, and *Gilliamella apicola* gen. nov., sp. nov., a member of Orbaceae fam. nov., Orbales ord. nov., a sister taxon to the order 'Enterobacteriales' of the Gammaproteobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 63(6), 2008-2018.
- Kwong, WK. & Moran, NA. (2016). Gut microbial communities of social bees. *Nature Reviews Microbiology*, 14(6), 374.
- Last, FT. & Price, D. (1969). Yeasts associated with living plants and their environs. In: Rose, AH. & Harrison, JS. (eds) *The yeasts. I.* Academic Press, New York, sayfa sayısı.
- Liebert, A., Wilson-Rich, N., Johnson, C. & Starks, P. (2010). Sexual interactions and nestmate recognition in invasive populations of *Polistes dominulus* wasps. *Insectes Sociaux*, 57, 457-463.
- Linjordet, SM. (2016). A Comparative Analysis of Lactic Acid Bacteria Isolated from Honeybee Gut and Flowers, With Focus on Phylogeny and Plasmid Profile. Yüksek Lisans Tezi. Norwegian University of Life Sciences, Department of Chemistry, *Biotechnology and Food Science*, Norveç, 37 s, 1-3, 18–20.
- Ludvigsen, J. (2013). Seasonal Trends in the Midgut Microbiota of Honeybees. Yüksek Lisans Tezi. Norwegian University of Life Sciences. Department of Chemistry. *Biotechnology and Food Science*, 89 s, 9–15.
- Madden, AA., Davis, MM. & Starks, PT. (2010). "First detailed report of brood parasitoidism in the invasive population of the paper wasp *Polistes dominulus* (Hymenoptera, Vespidae) in North America." *Insectes Sociaux*, 57(3), 257-260.
- Martinson, VG., Danforth, BN., Minckley, RL., Rueppell, O., Tingek, S. & Moran, NA. (2011). A simple and distinctive microbiota associated with honeybees and bumble bees. *Molecular Ecology*, 20(3), 619-628.
- Martinson, VG., Moy, J. & Moran, NA. (2012). Establishment of characteristic gut bacteria during development of the honeybee worker. *Applied and Environmental Microbiology*, 78, 2830-2840.
- Mattila, HR., Rios, D., Walker-Sperling, VE., Roeselers, G. & Newton, ILG. (2012). Characterization of the active microbiotas associated with honeybees reveals

- healthier and broader communities when colonies are genetically diverse. *PLoS ONE*, 7, e32962.
- McGregor, SE. (1976). Insect Pollination of Cultivated Crop Plants, Agriculture Handbook 496. Washington DC, U.S. *Department of Agriculture*, 411.
- Metzger M., Bernstein C., Hoffmeister TS. & Desouhant, E. (2010). "Does kin recognition and sib-mating avoidance limit the risk of genetic incompatibility in a parasitic wasp?". *PLoS ONE*. 5 (10), e13505.
- Mills, J. (2006). *Coccidia* oocysts in a fecal flotation from a cat. The cat was underweight and had diarrhea, showing signs of coccidiosis 3 July.
- Mohr, KI. & Tebbe, CC. (2006). Diversity and phylotype consistency of bacteria in the guts of three bee species (Apoidea) at an oilseed rape field. *Environmental Microbiology*, 8(2), 258-272.
- Moran, NA., Hansen, AK., Powell, JE. & Sabree, ZL. (2012). Distinctive gut microbiota of honeybees assessed using deep sampling from individual worker bees. *PLoS ONE*, 7(4), e36393.
- Moran, NA. (2015). Genomics of the honeybee microbiome. *Current Opinion in Insect Science*, 10, 22-28.
- Mrazek, J., Strosova, L., Fliegerova, K., Kott, T. & Kopecny, J. (2008). Diversity of insect intestinal microflora. *Folia Microbiologica (Praha)*, 53, 229-233.
- Ombui, JN., Mathenge, JM., Kimotho, AM., Macharia, JK. & Nduhiu, G. (1996). Frequency of antimicrobial resistance and plasmid profiles of *Bacillus cereus* strains isolated from milk. *East African Medical Journal*, 73(6), 380-384.
- O'Neill, KM. (2001). *Solitary Wasps: Behavior and Natural History*. Cornell University Press. pp. 1–4, 69.
- Pal, S. & Karmakar, P. (2018). Symbionts associated with insect digestive system and their role in insect nutrition. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(5), 421-425.
- Park, Y., Kim, K. & Kim, Y. (2002). Apathogenic bacterium, *Enterococcus faecalis*, to the beetarmy worm, *Spodoptera exigua*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 5, 221-225.
- Pekkarinen, A. (1999). "The *Polistes* Species in Northern Europe (Hymenoptera: Vespidae)". *Entomologica Fennica*. 10(4), 191-97.
- Poinar, GO. & Thomas, GM. (1978). *Diagnostic manual for the identification of insect Pathogens*. Plenum Press, New York, 218.
- Poulin, R. (2011). Rollinson, D. & Hay, SI. The many roads to parasitism: a tale of convergence. *Advances in parasitology*. 74.s,27–28.
- Poulin, R. & Randhawa, HS. (2015). Evolution of parasitism along convergent lines: from ecology to genomics. *Parasitology*, 142. S6–S15.
- Potts, SG. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540, 220-229.

- Powell, JE., Martinson, VG., Urban-Mead, K. & Moran, NA. (2014). Routes of acquisition of the gut microbiota of the honeybee, *Apis mellifera*. *Applied and Environmental Microbiology*, 80, 7378-7387.
- Raghavan, KT., Jacob, AA. & Chandran, H. (2013). Honeybee gut flora as a source of LAB (Lactic Acid Bacteria) with probiotic capabilities. *The Journal of Food Technology*, 105, 126-134.
- Raymann, K. & Moran, AN. (2018). The role of the gut microbiome in health and disease of adult honeybee workers. *Current Opinion in Insect Science*, 26, 97-104.
- Richter, MR (2000). Social Wasp (Hymenoptera: Vespidae) Foraging Behavior. *Annual Review of Entomology*. 45, 121-150.
- Rokop, ZP., Horton, MA. & Newton, ILG. (2015). Interactions between cooccurring lactic acid bacteria in honeybee hives. *Applied and Environmental Microbiology*, 81, 7261-7270.
- Runyon, JB., Mescher, MC. & De Moraes, CM. (2010). Parasitism by *Cuscuta pentagona* attenuates host plant defenses against insect herbivores. 5 (8), 929-931.
- Rusina, LY. (2011a). Host Discrimination by *Elasmus schmitti* (Hymenoptera, Eulophidae) and *Latibulus argiolus* (Hymenoptera, Ichneumonidae), Parasitoids of Colonies of Polistes Wasps (Hymenoptera, Vespidae). *Entomological Review*. 91 (9), 1081-087.
- Rusina, LY., Firman, LAC. & Starr, K. (2011b). Pulp Partitioning and Worker Specialization in Polistine Wasps (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae). *Entomological Review*, 91(7), 820-827.
- Rusina, LY. (2013). The Role of Parasitoids in Regulation of Polistes Wasp Population (Hymenoptera, Vespidae: Polistinae). *Entomological Review*. 93 (3), 271-280.
- Sabree, ZL., Hansen, AK, & Moran, NA. (2012). Independent studies using deep sequencing resolve the same set of core bacterial species dominating gut communities of honeybees. *PLoS ONE*, 7, e41250.
- Sakagami, SF. & Zucchi R. (1974). Oviposition Behavior of Two Dwarf Stingless Bees, *Hypotrigona (Leurotrigona) muelleri* and *H. (Trigonisca) duckei*, with Notes on the Temporal Articulation of Oviposition Process in Stingless Bees. *Journal of the Faculty of Science Hokkaido University Series VI. Zoology*. 19 (2), 361-421.
- Sanford, MT. (2006). The Africanized Honey Bee in the Americas: A Biological Revolution with Human Cultural Implications. Apis Enterprises. Archived from the original on 29 March 2015. Retrieved 29 March 2015.
- Saygılı, H., Şahin, F. & Aysan, Y. (2006). Fitobakteriyoloji. İzmir, İstanbul, Adana, 6575, 169.
- Sheehan, M. & Tibbetts, E. (2009). Evolution of Identity Signals. Frequency-Dependent Benefits of Distinctive Phenotypes Used for Individual Recognition. *Evolution*, 63, 3106-3113.

- Sheehan, M. & Tibbetts, E. (2010). Selection for individual recognition and the evolution of polymorphic identity signals in *Polistes* paper wasps. *European Society for Evolutionary Biology*, 23, 570-577.
- Sheppard, MD. & Meixner, WS. (2003). *Apis mellifera pomonella*, a new honeybee subspecies from Central Asia. *Apidologie*, 34, 367-375.
- Shil, RK., Mojumder, S., Sadida, FF., Uddin, M. & Sikdar, D. (2014). Isolation and identification of cellulolytic bacteria from the gut of three phytophagous insect species. *Brazilian Archives of Biology Technology*. 57, 927-932
- Snowdon, JA. & Cliver, DO. (1996). Microorganisms in honey. *International Journal of Food Microbiology*, 31(1-3), 1-26.
- Stahlhut, J., Liebert, A., Starks, P., Dapporto, L. & Jaenike, J. (2006). *Wolbachia* in the invasive European paper wasp *Polistes dominulus*. *Insectes Sociaux*, 53, 269-273.
- Stathers, R. (2016), The bee and the stock market. An overview of pollinator decline and its economic and corporate significance, in Atkins, J. & Atkins, B. (Eds), *The Business of Bees. An Integrated Approach to Bee Decline and Corporate Responsibility*, Chapter 6, Greenleaf Publishers Limited, Saltaire, pp. 110-131.
- Suryanarayanan, S., Hermanson, J. & Jeanne, R. (2011). A Mechanical Signal Biases Caste Development in a Social Wasp. *Current Biology*, 21, 1-5.
- Suzuki, SU. & Sasaki, A. (2019). Ecological and Evolutionary Stability of Biotrophism, Necrotrophism ve Saprotrophism. *The American Naturalist*. 194(1), 90-103.
- Sühs, S. & Putzke, Köhler. (2009). Pollen vector wasps (Hymenoptera, Vespidae) of *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), Santa Cruz do Sul, RS, Brazil. *Brazilian Journal of Biosciences*. 7(2), 138-143.
- Swiecicka, I. 2001. Protein Profile and Biochemical Properties of *Bacillus circulans* Isolated from Intestines of Small Free-living Animals in Poland. *Folia Microbiologica*, 42(2), 165-171.
- Tetik, KZ., Demirci, SNŞ. & Arık, G. (2019). Isolated and identified bacteria from digestive systems of blood-sucking tabanidae (Insecta: Diptera), *International Journal of Entomology Research*, 4(6), 68-73.
- Theraulaz, G., Gervet, J., Thon, B., Pratte, M. & Semenov-Tian-Chanski, S. (1992). The Dynamics of Colony Organization in the Primitively Eusocial Wasp *Polistes dominulus* Christ. *Ethology*, 177-202.
- Theraulaz, G., Pratte, M. & Gervet, J. (1990). Behavioural Profiles in *Polistes dominulus* (Christ) Wasp Societies: A Quantitative Study. 113(3/4), 223-250.
- Thomas, HS. (1994). Coccidiosis in calves. *The Cattlemen*, 81(5), 21-32.
- Tibbetts, E. & Dale, J. (2004). A Socially Enforced Signal of Quality in a Paper Wasp. *Nature*, 432, 218-222.
- Tibbetts, EA., Skaldina, O., Zhao, V., Toth, AL., Skaldin, M., Beani, L. & Dale, J. (2011). Geographic Variation in the Status Signals of *Polistes dominulus* Paper Wasps. *PLoS ONE*, 6(12), e28173.

- Tolon, B. (1999). Yaban Arılarında Sosyal Yaşam. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zooteknoloji Bölümü, 35100 İzmir-Türkiye. *Hayvansal Üretim* 39-40: 120-127.
- Turillazzi, S. (1982). Territorial Behaviour in Males of *Polistes nimpha* (Christ) (Hymenoptera, Vespidae). *Zeitschrift für Tierpsychologie*. 58(2), 174-80.
- Tutkun, E. (1988). Yaban arılarının yaşayışı ve zarar şekilleri. *Teknik Arıcılık*, 18, 24-26.
- URL-5, (2020). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi> (18 Şubat 2020).
- Urquart, GM., Armour, J., Duncan, JL., Dun, AM. & Jennings, FW. (1987). Veterinary Parasitology. *Longman Scientific Technical*. Essex, UK, 13.
- Uygur, ŞÖ. & Girişgin, AO. (2008). Bal arısı hastalık ve Zararlıları. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 8(4), 130-142.
- Vavra, J. (1976). Structure of Microsporidia. In: Bulla, LAJr. & Cheng, TC. (eds), *Comparative Pathobiology*. Plenum Press, New York and London, 1, 87-109.
- Vero, S., Mondino, P., Burgueño, J., Soubes, M. & Wisniewski, M. (2002). Characterization of biocontrol activity of two yeast strains from Uruguay against blue mold of apple. *Postharvest Biological of Technology*. 26, 91-98.
- Visotto, LE., Oliveira, MG., Ribon, AO., Mares-Guia, TR. & Guedes, RN. (2009). Characterization and identification of proteolytic bacteria from the gut of the velvetbean caterpillar *Spodoptera cosmioides* and *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environment Entomology*, 38, 1078-1085.
- Wilson, EO. (2000). Sociobiology: The New Synthesis. *Harvard University Press*. p. 344.
- Yaman, M. (2012). Biyolojik Mücadelede Entomopatojenler için Böcek Patolojisi Atlası, Sage Yayıncılık, Trabzon, 186 s.
- Yoshiyama, M. & Kimura, K. (2009). Bacteria in the gut of Japanese honeybee, *Apis cerana japonica*, and their antagonistic effect against *Paenibacillus* larvae, the causal agent of American Foulbrood. *Journal of Invertebrate Pathology*, 102, 91-96.
- Yun, JH., Jung, MJ., Kim, PS., Bae, JW. (2018). Social status shapes the bacterial and fungal gut communities of the honeybee. *Scientific Reports*, 8(1), 36.
- Zanette, L. & Field, J. (2011). Founders versus joiners: group formation in the paper wasp *Polistes dominulus*. *Animal Behavior*, 82, 699-705.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Didem SAĞIRKAYA
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Fakülte	Fen Edebiyat Fakültesi
Bölümü	Moleküler Biyoloji ve Genetik
Mezuniyet Yılı	01.01.2014
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	2022