

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**TETTIGONIIDAE VE PAMPHAGIDAE (INSECTA:
ORTHOPTERA) FAMILİYALARINA AİT BAZI
TÜRLERİN İMMÜN SİSTEM HÜCRELERİ ÜZERİNE
BİR ÇALIŞMA**

Gürhan ÖZTÜRK

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin ARIKAN

Biyoloji Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 401.04.00

Sunuş Tarihi: 10.06.2014

Bornova-İZMİR

2014

Gürhan Öztürk tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “**Tettigoniidae Ve Pamphagidae (Insecta: Orthoptera) Familyalarına Ait Bazı Türlerin İmmün Sistem Hücreleri Üzerine Bir Çalışma**” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş vetarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı	:
Raportör Üye	:
Üye	:

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Tettigoniidae ve Pamphagidae (Insecta: Orthoptera) Familyalarına Ait Bazı Türlerin İmmün Sistem Hücreleri Üzerine Bir Çalışma” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışım olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

10 / 06 / 2014

İmzası

Adı-Soyadı

Gürhan ÖZTÜRK

ÖZET**TETTIGONIIDAE VE PAMPHAGIDAE (INSECTA:
ORTHOPTERA) FAMILİYALARINA AİT BAZI TÜRLERİN
İMMÜN SİSTEM HÜCRELERİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

ÖZTÜRK, Gürhan

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin ARIKAN

Haziran 2014, 23 sayfa

Mevcut çalışma, Tettigonidae familyasına ait *Eupholidoptera smyrensis*, *Decticus verrucivorus* ve *Isophya* spp. türleri ile Pamphagidae familyasından *Glyhomethis* spp. türlerinde immün sistem hücrelerini saptamak amacıyla yapılmıştır.

Bunun için, söz konusu türlerin hemolenfinde bulunan hemositlerin ölçüm ve hesaplanmasında Wright'ın boyasıyla boyanmış yayma preparatlardan yararlanılmıştır. Hemositler morfolojik olarak ışık mikroskopunda incelenip büyüklükleri ölçülmüştür. İncelenen türlerin hemolenfinde prohemositler, plazmatositler, granülositler, sferülositler ve önositoitler olarak beş farklı hemosit tipi tespit edildi.

Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında; incelenen türlerin hemolenfinde aynı hemosit tiplerinin olduğu ve hemositlerin büyüklük olarak benzer oldukları saptanmıştır. Buna göre, hemositlerin morfolojik özellikleri dikkate alındığında gelişimsel açıdan aynı kökenden geldikleri düşünülebilir.

Anahtar sözcükler: Orthoptera, Tettigonidae, Pamphagidae, *Eupholidoptera smyrensis*, *Decticus verrucivorus*, *Isophya*, *Glyhomethis*, Hemolenf, Hemosit.

ABSTRACT**A STUDY ON IMMUN SYSTEM CELLS OF SOME SPECIES
FROM FAMILIES OF TETTIGONIDAE AND PAMPHAGIDAE
(INSECTA: ORTHOPTERA)**

ÖZTÜRK, Gürhan

M. Sc. in Biology

Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin ARIKAN

June 2014, 23 pages

In this study, species of *Eupholidoptera smyrensis*, *Decticus verrucivorus* and *Isophya* spp. from Tettigonidae family and *Glyhomethis* spp. from Pamphagidae family were studied, in order to examine immune system cells. The hemocytes from hemolymph of subject species were stained with Wright stain and under the light microscope hemocytes were measured. Five types of hemocytes determined in the hemolymph of subject species. These hemocytes are; prohemocytes, plasmatocytes, granulocytes, spherulocytes and oenocytoids. According to our study results same hemocytes types determined in the hemolymph of subject species and size of hemocytes were similar. According to morphological features, hemocytes may have same origin.

Keywords: Orthoptera, Tettigonidae, Pamphagidae, *Eupholidoptera smyrensis*, *Decticus verrucivorus*, *Isophya*, *Glyhomethis*, Hemolymph, Hemocyte

TEŞEKKÜR

Çalışma konumun belirlenmesinden başlayarak tezimin tüm aşamaları boyunca değerli bilgilerini, daimi desteğini ve sabrını benden esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin ARIKAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca beni çalışmalarımın başında teşvik eden Prof. Dr. Osman PARLAK'a, çalışma örneklerimin türlerini belirlememde bana yol gösteren Prof. Dr. Battal ÇIPLAK'a, fotoğraf çekim aşamasında bana yardımcı olan Doç. Dr. Nurşen ALPAGUT KESKİN'e, arazi çalışmalarında bana yardımcı doktora öğrencileri Ahu ÜZÜM ve Oğuzkan CUMHURİYET'e, tez yazımı sürecinde bilgileriyle yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Esra AKAT ve Araş. Gör. Sezgi SOMUNCU'ya, tezimin düzeltmelerinde yardımcı olan doktora öğrencisi Ziraat Müh. Görkem ÖZTÜRK ÇOŞAR'a teşekkür ederim. Son olarak beni bugünlere getiren kıymetli aileme çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Böcek İmmün Sisteminde Görevli Bileşenler	2
1.2. Hücresel İmmün Sistem	4
1.3. Humoral İmmün Sistem	4
1.4. Eikosanoidlerin Böcek Bağışıklığındaki Rolü	5
2. MATERYAL VE METOT	7
2.1. Örneklerin Yakalanması ve Hazırlanması	7
2.2. Deneysel Prosedür ve Hemositlerin Boyanması	9
2.3. Mikroskopik İnceleme	10
3. BULGULAR	11
3.1. <i>Decticus verrucivorus</i>	13

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2. <i>Eupholidoptera smyrensis</i>	14
3.3. <i>Isophya spp.</i>	15
3.4. <i>Glyhomethis spp.</i>	15
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	17
KAYNAKLAR DİZİNİ	20
ÖZGEÇMİŞ	23

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1.1. Çalışmada incelenen türlerden <i>D. verrucivorus</i> 'a ait bir örnek.....	7
2.1.2. Çalışmada incelenen türlerden <i>E. Smyrnensis</i> 'e ait bir örnek.	8
2.1.3. Çalışmada incelenen türlerden <i>Glyhomethis spp.</i> 'e ait bir örnek.	8
2.1.4. Çalışmada incelenen türlerden <i>Isophya spp</i> 'e ait bir örnek.....	9
2.3.1. Çalışma ortamından bir görüntü	10
3.1. <i>D. verrucivorus</i> türünün hemolenfinde plazmatosit	11
3.2. <i>D. verrucivorus</i> türünün hemolenfinde granülosit.....	12
3.3. <i>E. smyrnensis</i> türünün hemolenfinde sferülosit.....	12
3.4. <i>D. verrucivorus</i> türünün hemolenfinde önositoit.....	13
3.1.1. <i>D. verrucivorus</i> türünün hemolenfinde hemosit tipleri	13
3.1.2. <i>D. verrucivorus</i> türünün hemolenfinde hemosit tipleri	14
3.2.1. <i>E. smyrnensis</i> türünün hemolenfinde hemosit tipleri	14
3.4.1. <i>Glyhomethis spp.</i> hemolenfinde hemosit tipleri	15

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge

Sayfa

3.1. İncelenen bazı çekirge türlerinde tespit edilen hemosit ölçüm değerleri. 16

1. GİRİŞ

Yeryüzünde yaşam başladığında, konak savunma sistemleri de başlamıştır. Takriben 2.5 milyar yıl önce ortaya çıkan protozoonlar her fizyolojik fonksiyonu tek bir hücrede başarırlar. Protozoonlarda solunum, sindirim, savunma ve diğer fonksiyonlar en azından kısmen fagositoz ile icra edilmektedir. Savunma başarısı açısından, protozoon fagositozu insandaki fagositik hücrelerin başarısından çok farklı değildir.

Doğada hayvanlar sürekli olarak patojenlerle karşı karşıyadır (Tunaz, 2004). Bu patojenler başta bakteriler olmak üzere virüsler, mantarlar, protozoonlar, çok hücreli parazitler ve bunların toksinleridir. Bütün hayvanlar, bu patojenlerle savaşabilmek için bağışıklık mekanizması geliştirmiştir, ancak omurgalılar ile böceklerin de içinde yer aldığı omurgasızlar arasında bazı önemli farklılıklar göze çarpmaktadır. Böceklerin bağışıklık sistemlerinde omurgalılara has olarak karşımıza çıkan antijene-özümmün tepkileri göremeyiz. Bu immün tepkiler mikroorganizmalara karşı omurgalı hayvanlarda üretilen antikorlarla sağlanır. Adaptiv ya da kazanılmış immünite olarak bilinen bu savunma sistemi, tüm omurgasızlarda olduğu gibi böceklerde de bulunmamaktadır. Ancak omurgasızlarda antikor üretiminin görülmemesi, onlarda mikroorganizmalara karşı bir savunma olmadığı anlamına gelmez. Omurgasızların bağışıklık sistemi olarak sadece doğuştan immünite mevcuttur. Hücresel bağışıklık mekanizmalarında böcek kan hücreleri olarak bilinen hemositler devreye girer, bu mekanizmaların fagositoz, nodülasyon ve kapsül içine hapsedme olarak üç önemli tipi görülür ve her birinde hemositler görev alır. Hücresel mekanizmalar dışında doğuştan immünitede humoral mekanizmalar bulunur. Çözünmüş plazma proteinleri ile memelilerdeki karaciğere eşdeğer olarak görülen yağ cisimciğinin görev aldığı bu mekanizmalar ise pıhtılaşma, melanin sentezi ve antimikrobiyal peptid üretimidir.

Özellikle geçtiğimiz son yirmi yılda, moleküler biyoloji ve genetik araştırmalarında yeni tekniklerin geliştirilmesiyle, böcek immünolojisi konusunda birçok konu aydınlatılmaya başlamıştır. Omurgasızlarda bağışıklık sistemi konusunda, ilk önemli çalışmayı 1884 yılında Rus bilim adamı Elie Metchnikoff yapmıştır. Metchnikoff böceklerde ilk kez fagositozun kullanıldığı immün yanıtları keşfeden ilk bilim adamıdır. Fagositoz terimini de dünyaya tanıtmış ve bu terimi omurgasız dolaşım hücrelerinde de kullanmıştır. Bu hücrelerin yabancı maddelerin sindirilmesinde görev aldığını gözlemlemiş ve bu olaya fagositoz

adını vermiştir. Bir diğer bilim adamı Serge Metalnikov ise böceklerdeki fagositoz mekanizmalarını keşfetmiştir. Çalışmalarına böcek hemositlerinin çeşitli tiplerini tanımlayarak başlayan Metalnikov, bu özelleşmiş yapıdaki hücrelerin fagositoz ve nodül oluşumundaki rollerini araştırmıştır. Belirlediği farklı hemosit tiplerinin arasından granüler hemosit adını verdiği hücrelerin temel fagositoz hücreleri olduğunu bulmuştur. Yaklaşık otuz yılını *Galleria mellonella* ve *Pyrausta nubilalis* türlerindeki kelebek larvaları üzerinde bakteri fagositozunu çalışmaya adanmıştır. Çeşitli gözlemlerinin sonucunda, fagositozun sadece bir yanıt tipi olmadığını, aynı zamanda çok karışık bir fenomen olarak karşımıza çıktığını düşünmüştür. Günümüzde gelişen moleküler teknikler sayesinde fagositozda görev alan çeşitli reseptörler ve onların mekanizmaları belirlenerek bilim adamının ileriye yönelik görüşlerinin doğru olduğu artık kesin olarak bilinmektedir. 1918 yılında Rudolf W. Glaser ilk kez çekirgelerde bağışıklık sisteminin bulunduğunu ortaya çıkartmıştır (Glaser, 1918). Daha sonraki yıllarda June M. Stevens petek güvesi *G. mellonella*'nın hemolenfide uyarılabilir bakterisit aktiviteyi tanımlamıştır (Stevens, 1962). Ancak gerçek anlamda böcek kanında yani hemolenf içerisinde gerçekleşen mekanizmaları içine alan humoral böcek immünolojisi hakkında araştırma Hans Boman grubu tarafından Stockholm Üniversitesi'nde başlamıştır. Böcek dolaşım sisteminde dolaşan hemolenf adaptif immün yanıtlarını sağlayan antikor ve immün hücrelerinden yoksun ise holometabol böcekler patojenik mikrobiyal enfeksiyona karşı nasıl hayatta kalabiliyorlar sorusuna yanıt bulmaya çalışmışlardır. Çalışmalarında meyve sineği *Drosophila melanogaster*'i kullanmışlardır. Farklı Gram-pozitif bakterilerden enjekte etmişler ve deneylerinin sonucunda böceğin hemolenfide uyarılabilir bakterisit etkilerinin varlığını ispatlamışlardır. (Boman et al., 1972). Meyve sineğinden bakterisit moleküllerinin saflaştırılmasının oldukça zor olduğunun anlaşılmasının ardından, Boman'ın meslektaşları dev ipekböceği *Hyalophora cecropia*'ya yönelmişlerdir ve her pupadan hemolenfin yaklaşık 1 ml'sini toplayabilmişlerdir. Çalışmalarının sonunda **cecropin** adını verdikleri iki değişik antibakteriyel peptidin amino asit dizilimlerini ortaya koymuşlardır (Steiner et al., 1981). Bu keşifle beraber böcek immünolojisinde yeni bir alan ortaya çıkmış ve çeşitli böceklerden antimikrobiyal peptid elde edilmeye çalışılmıştır.

1.1. Böcek İmmün Sisteminde Görevli Bileşenler

Mevcut bilgilere göre, böcek immün sisteminin bileşenlerinin tamamının mezodermden kökenlendiği bilinmektedir. Bu bileşenler yağ cisimciği, lenf bezi ve hemositlerdir. Yağ cisimciği esasında kütikulanın iç yüzeyine bağlı adipoz bir

dokudan ibaret olup hayvanın tüm segmentlerine dağılmış durumdadır. Yağ cisimciği geniş bir biyosentetik organ olup memelilerdeki karaciğere analogdur. Yağ cisimciği fonksiyonel olarak peptidlerin sentezinden sorumludur. Bir diğer bileşen lenf bezi ise, birkaç çift perikardiyal lobülde meydana gelmiş olup dorsal damarın anterior kısmının sonunda bulunur. Lenf bezinin böceklerin larval ve ergin yaşamı boyunca hemositlerin şekillenmesinde görev aldığı düşünülmektedir. Hemositler ise böceklerin kan hücrelerinin genel adıdır ve çeşitli tiplere ayrılır (Schmitz et al, 2012). Hemositlerin aktif olarak tüm savunma mekanizmalarında görev aldığı düşünülmektedir. Morfolojik kriterlere göre, sınıflandırılan hemositlerin son yıllarda serolojik yöntemlerle karakterize edildiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ölçü, nukleus/sitoplazma oranı, morfoloji, adhezyon özellikleri ve renk, morfolojik ve işlevsel kriterlerin başlıcalarıdır. Bu kriterlere göre, beş esas hemosit tipi belirlenmiş olsa da, bunlardan sadece plazmositler ve granülositlerin hücresel bağışıklıktan sorumlu olduğu belirtilmiş ve bunlara immunositler denmiştir.

Prohemositler hemolenfte bulunan en küçük hücrelerdir. Merkezde bulunan büyük nukleus hücrenin neredeyse tamamını doldurur. Sitoplazma ince bir tabaka halindedir. Büyüklükleri yaklaşık 4-12 μm 'dir. İlk olarak embriyogenez esnasında baş ve dorsal mezodermden gelişen hemosit tipidir. Prohemositler hematopetik organlarda plazmatositlere farklılaşır. Diğer hemosit tipleri ise dolaşıma katıldıktan sonra oluşmaktadır.

Plazmatositler yuvarlak, oval, yıldız ve mekik gibi değişik şekillerde olabilir. Büyüklükleri 10-20 μm 'dir. İnce uzun sitoplazmik uzantıları bulunan plazmatositlerin nukleusları ise merkezde bulunur. Hücresel bağışıklık sisteminin bir parçası olan plazmatositler aynı zamanda diğer hemosit tiplerine de dönüşebildiği için önemlidir.

Granülositler bilim adamları tarafından ilk keşfedilen hemosit tipidir, granülleri sayesinde diğerlerinden ayırt edilmesi daha kolaydır. Yuvarlak ve oval şekilli olup büyüklükleri 8-18 μm 'dir. Nukleusları küçük olup çok sayıda granül içeren sitoplazma ile çevrilmiştir.

Bunlardan başka sferülosit ve önosit olmak üzere iki hemosit tipi daha vardır. İkisi de hareketsiz yapıda olup yuvarlak veya oval şekillidir. Sferülositlerin büyüklükleri 12-18 μm 'dir. Nukleusları hücrenin merkezinde lokalize olmuştur.

Önositoitler ise, nispeten küçük bir nukleusa sahiptir, ancak oldukça kompleks bir sitoplazması vardır. Büyüklükleri ise 15-30 μm 'dir.

1.2. Hücresel İmmün Sistem

Fagositoz, böceklerin bağışıklık sisteminin en önemli savunma mekanizmasıdır. Fagositozda görev alan hücreler granüler hücreler ve plazmatositlerdir. Fagositoz dışında nodülasyon ve kapsül içine hapsedme de hemositler tarafından gerçekleştirilmektedir. Hemositler bakterileri tuzağa düşürmek için toplanırlar, bu olay nodül oluşumuna neden olur (Goldsworthy et al, 2003). Tütün boynuz kurdu *Manduca sexta*'ta **skolektin** adında bir böcek lektininin nodül oluşumunda rol aldığı tespit edilmiştir. Skolektin epidermal ve orta bağırsak hücreleri tarafından yaralanma ya da bakteriyal enfeksiyon durumlarında üretilmektedir.

Kapsül içine hapsedme çok hücreli bir savunma mekanizmasıdır. Protozoonlar, nematodlar ve yumurtaları ya da parazitik böceklerin larvalarının etrafında hemosit katmanlarının üst üste binmesiyle bir kapsül meydana getirilmesi şeklinde işleyen bir savunma biçimidir. Parazitler çeşitli mekanizmalar geliştirerek konak böceğin kapsül oluşturma mekanizmasını atlatabilmektedir. Endoparazit yaban arıları polidnavirüsleri enjekte ederek konağın immün sistemini bastırabilir (Summers and Dib-Hajj, 1995). Bu simbiyotik ilişki doğadaki karşılıklı yarara bağlı olarak karşımıza çıkan mutualizme de iyi bir örnektir.

1.3. Hümorale İmmün Sistem

Çözünmüş plazma proteinlerinin humoral immün sistemden sorumlu oldukları bilinmektedir. Kademeli bir şekilde serin proteaz tarafından aktif formuna dönüştürülen enzim fenoloksidaz sayesinde siyah pigment olan melanin şekillenmesi katalizlenir (Vilmos and Kurucz, 1998). Melanin sentezi dışında esas olarak hemolenf pıhtılaşması yaralanmalara ya da parazitlerin saldırılarına karşı en önemli savunma biçimidir. Böceklerde iki tip pıhtılaşma mekanizması tanımlanmıştır. Hamam böceği türü *Leucophaea maderae* ve çekirge türü *Locusta migratoria*'da pıhtılaşabilen proteinlerin polimerizasyonu hemositlerden salınan Ca^{2+} bağlı transglutaminaz tarafından katalizlenirler. Pıhtılaşabilen proteinler burada lipoforin ve vitellogenin benzeri proteinlerdir. Diğer tip pıhtılaşma en iyi, bir eklembacaklı olan atnalı yengeci türü *Lymulus polyphemus*'ta çalışılmış ve

Drosophila'da da benzer sistemin varlığı düşünülmektedir (Coustau et al., 1996, Gay and Keith, 1992). Bu mekanizmada üç aşamalı serin proteaz basamakları ile aktif hale getirilen pıhtılaşma gözlemlenmiştir.

Humoral immün sistem içerisinde yer alan bir mekanizma ise, antimikrobiyal peptid üretimidir. Cecropinler ve böcek defensinleri olmak üzere iki antibakteriyal aileye ayrıntılı bir şekilde çalışılmıştır (Hoffmann, 1995). Cecropinler 4 kDa mol. ağırlıkta, Gram-pozitif ve Gram-negatif bakteriler üzerinde etkilidirler. Lepidoptera ve diptera ordolarında bulunurlar ve hem amino- hem de karboksi- terminal bölgeleri genelde spiral şeklinde görülürler. Böcek defensinleri ise sadece Gram-pozitif bakteriler üzerinde etkilidir, ancak böcekler arasında geniş bir yayılım göstermektedirler. 4 kDa mol. ağırlıkta olup üç alandan oluşurlar. Bu alanlar esnek bir amino-terminal düğüm, merkezi bir amfipatik α -heliks ve antiparalel karboksi-terminal bir β -levha'dır.

Cecropinler ve defensinler dışında diğer antibakteriyal özelliğe sahip peptidlerin ya prolince ya da glisince zengin olduğu belirlenmiştir. Prolince zengin olan peptidler öncelikli olarak Gram-negatif bakterilere karşı etkili olsalar da, Gram-pozitif bakterilere de karşı etkili oldukları bilinmektedir. Glisince zengin antibakteriyal molekül ailesi 9-30 kDa mol. ağırlıktaki polipeptidleri içermektedir. Bunlar ağırlıklı olarak Gram-negatif bakteriler üzerinde etkilidirler.

Burada bahsi geçen bütün antibakteriyal özellikteki peptidler ve polipeptidler ökaryotik hücrelere karşı inaktiftir. Bunların dışında, *Drosophila*'da güçlü antifungal özellikte bir peptid belirlenmiş ve buna **drosomycin** adı verilmiştir (Fehlbaum et al., 1994).

1.4. Eikosanoidlerin Böcek Bağışıklığındaki Rolü

Eikosanoidler 20 karbonlu arakidonik asit ve diğer iki doymamış yağ asidinden oluşan moleküllerdir. Böceklerin hastalıklara karşı önemli bir savunma biçimi olan nodül oluşumunda eikosanoidlerin rolü laboratuvar koşullarında bir çok böcek türünde çalışılmıştır (Bedick et al, 2001; Bengin, 2006; Büyükgüzel vd, 2011; Durmuş vd, 2008; Nor Aliza et al, 2000; Tunaz vd, 2001)

Stanley-Samuels et al. (1991), *Manduca sexta* larvalarında eikosanoid biyosentezinde rol alan, fosfolipaz A₂ (PLA₂), cyclooxygenase ve lipooxygenase gibi spesifik enzim inhibitörlerini bu böceğin larvalarına enjekte etmişlerdir.

Böceklerin *Serratia marcescens* bakterisi ile bulaştırılması sonucunda, böceklerin kanlarından bakterinin uzaklaştırılmadığını gözlemişler ve bakterinin de etkisiyle böceklerde ölüm oranında artış olduğunu tespit etmişlerdir. Larvaların eikosanoid biyosentezi için gerekli olan 20 karbonlu yağ asitlerini içerdiği tespit edilmiştir ve bunların arakidonik asidi prostaglandinlere çevrilebildiği belirtilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlarda bakteriyel enfeksiyonlara karşı bu böceğin hücrel bağışıklığında eikosanoidlerin etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

Miller et al. (1999) tarafından kara çekirgelerinin (*Gryllus assimilis*) erginlerinde bakteriyel enfeksiyona karşı hücrel bağışıklardan nodülasyon reaksiyonunda eikosanoidlerin rolü hakkında çalışma yapılmıştır. Eikosanoid biyosentezi inhibitörü dexamethasone böceğe enjekte edildiğinde, etkisi iki saat içinde görülmüş ve bakteriye karşı oluşan nodül sayısında önemli bir şekilde düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçta, eikosanoidlerin holometabol böceklerin yanı sıra hemimetabol böceklerde de bakterilere karşı oluşan hücrel savunmalardan nodülasyon mekanizmasında rol aldığı ortaya konmuştur.

Tunaz vd. (2003), yaptıkları çalışmada mısır kurdu (*Ostrinia nubilalis*) larvalarına eikosanoid biyosentezini engelleyen kimyasallar enjekte etmişler ve daha sonra *Serratia marcescens* bakterisi enjeksiyon ile böceklere verilmiştir. Nodülasyon oluşumu eikosanoid biyosentezini engelleyen inhibitörlerin verilmediği böceklere oranla önemli oranda azalmıştır. Eikosanoid biyosentezi oluşma esnasındaki enzimler olan fosfolipaz A₂ (PLA₂), cyclooxygenase lipoxigenase'ı engelleyen inhibitörler olan dexamethasone, indomethacin ve phenidone larvalara verilmiştir. Bu larvalarda nodülasyon oluşumu inhibitör verilmeyen larvalara oranla önemli ölçülerde azalmıştır. Bu çalışmada mısır kurdunun bakteriyel enfeksiyona karşı koyma mekanizmalarından biri olan nodülasyon tepkisinde eikosanoidlerin etkili olduğu gösterilmiştir.

Bu tez çalışmasında, Tettigonidae ve Pamphagidae familyalarından bazı çekirge türlerinin hemolenfinde yer alan hemosit adı verilen fagositik hücrelerin morfolojilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Örneklerin Yakalanması ve Hazırlanması

Arazi çalışmaları İzmir ve çevresinde gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları Çekirgelerin daha bol olduğu İlkbahar ve Yaz aylarında yapıldı. Bu kapsamda, Tettigonidae familyasına ait *Eupholidoptera smyrensis*, *Decticus verrucivorus* türleri ve *Isophya* cinsi ile Pamphagidae familyasına ait *Glyhomethis* cinsinden türlere ait örnekler elle yakalama tekniği ile toplandı (Demirsoy, 2008). Saklama kutusuna konulan çekirgeler deneysel prosedüre geçilene kadar, laboratuvar ortamında yeşil otlar ve kuş yemi ile beslendiler. Su ihtiyacı küçük bir şişe kapağına konulan su ile giderildi. Daha sonra, morfolojik özellikler dikkate alınarak tür tespiti yapıldı ve fotoğrafları çekildi (Şekil 2.1.1., 2.1.2., 2.1.3 ve 2.1.4.).



Şekil 2.1.1. Çalışmada incelenen türlerden *Decticus verrucivorus*'a ait bir örnek



Şekil 2.1.2. Çalışmada incelenen türlerden *Eupholidoptera smyrensis*'e ait bir örnek



Şekil 2.1.3. Çalışmada incelenen türlerden *Glyhomethis spp.*'e ait bir örnek



Şekil 2.1.4. Çalışmada incelenen türlerden *Isophya spp.*'e ait iki örnek

2.2. Deneysel Prosedür ve Hemositlerin Boyanması

Hemositlerin ölçüm ve incelenmesi için gerekli hemolenf, küçük bir makas yardımıyla femurun toraksa bağlandığı yerden kesilmesi ile elde edilmiştir. Hemolenf sıvısı heparinli hematokrit kılcal tüplere alınmıştır. Hemositlerin ölçüm ve hesaplanmasında Wright'ın boyasıyla boyanmış yayma preparatlardan yararlanılmıştır.

Yayma preparatın hazırlanması: Önceden temizlenmiş lamın bir kenarından 1 cm kadar içeriye bir damla hemolenf sıvısından damlatılır. Yayıcı olarak ikinci bir temiz lam alınır ve hemolenf damlası ile 25° açı yapacak şekilde ayarlanıp aynı hızda yayıcı lam itilerek yayma gerçekleştirilmiş ve kurumaya bırakılmıştır. Boyama işlemi boyama kabı yöntemine göre yapılmıştır. Buna göre, iyi yayılmış preparatlar seçilerek boyama kabının rafına yerleştirilir. Wright'ın boyasından lam üzerine yayılacak kadar (10-12 damla) damlatılarak 1 dak. kadar beklenir ve üzerine buffer solüsyonundan 10-12 damla damlatılarak 10 dak beklenir. Sonra boya-buffer karışımı dökülerek saf suda çalkalanıp kurumaya bırakılır. Daha sonra da kapatıcı damlatılıp lamel kapatılarak daimi preparat haline getirilir. Her bir örnekten 3-4 yayma preparat yapılmıştır.

2.3. Mikroskobik İnceleme

Önce, her bir türe ait hemositlerin morfolojik özellikleri ışık mikroskobunda incelenmiştir. Daha sonra, iyi hazırlanmış preparatlarda MOB-1-15x mikrometrik oküler yardımı ile hemositlerin ölçümleri alınmış ve Axio Scope.A1 mikroskobu altında Zen Lite programı ile fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 2.3.1).

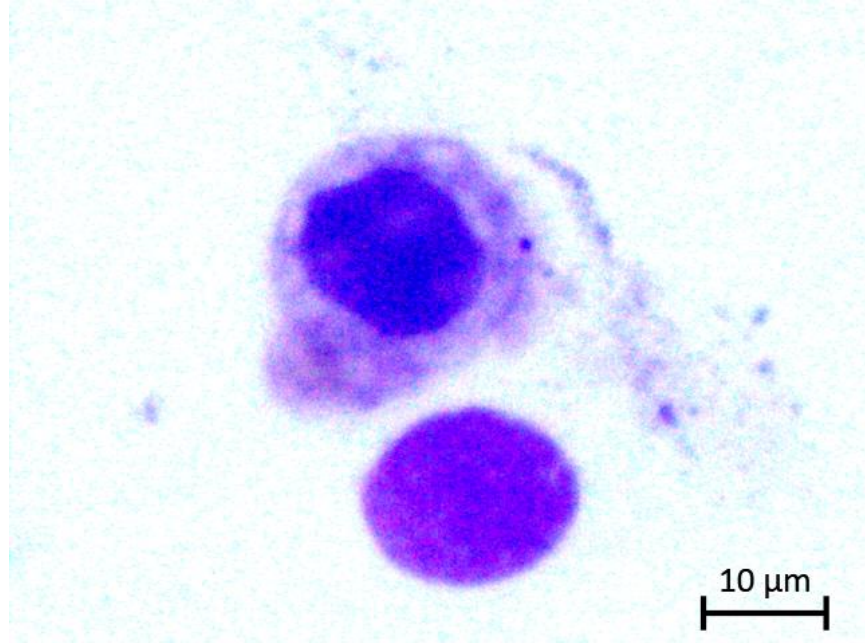


Şekil 2.3.1. Çalışma ortamından bir görüntü

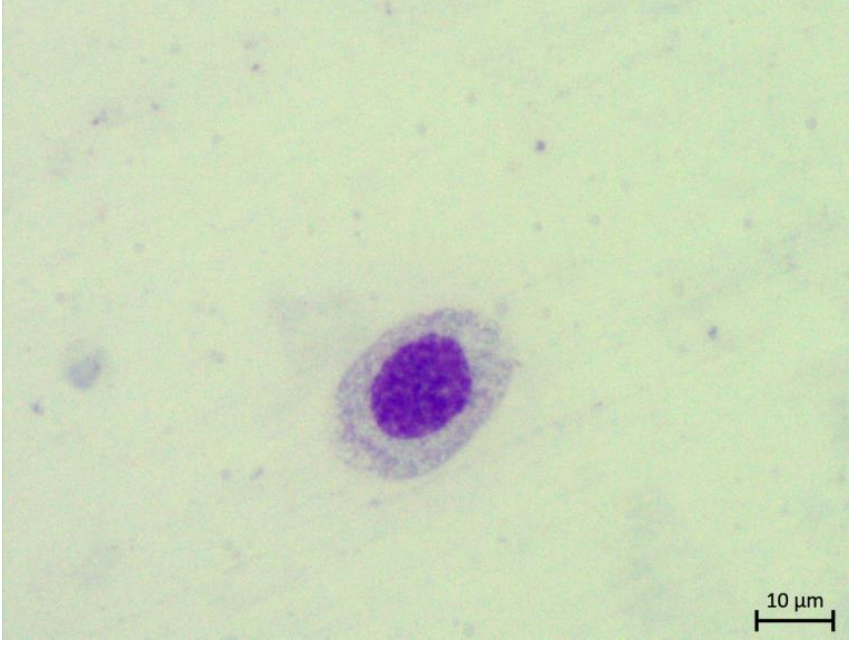
3. BULGULAR

Bu çalışmada Tettigonidae familyasına ait *Eupholidoptera smyrnensis*, *Decticus verrucivorus* ve *Isophya* spp. ile Pamphagidae familyasına ait *Glyhomethis* spp. türlerinin erginlerinden alınan hemolenfteki hemosit adı verilen hücreler incelenmiş ve büyüklükleri kıyaslanmıştır.

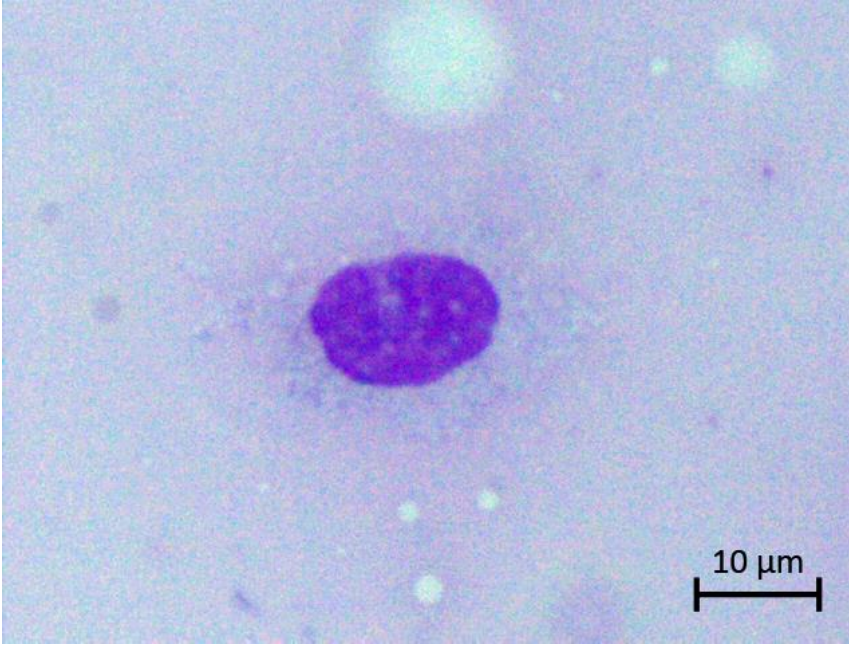
Hemolenfte farklı hemosit tipleri belirlenmeye çalışılmıştır. Prohemositler en temel hemosit tipidir. Diğer hücrelerden büyüklük olarak daha küçüktürler ve hücrenin neredeyse tamamını dolduran bir çekirdek ile ince bir tabaka şeklinde yer alan bir sitoplazmaya sahiptir. Granülositler ile plazmatositler bu hemosit tipinden köken alırlar Bunlardan en sık görülebilen Plazmatosit, hemositler içerisinde şekilleri bakımından çok fazla çeşitlilik içeren hemosit tipidir ve bu yüzden polimorf özellik gösterir. İnce uzun sitoplazmik uzantılara sahip olan plazmatositler tek tek veya gruplar halinde hemolenfte görülebilmektedir (Şekil 3.1). Granülositler de hemolenfte diğer hemositlere nazaran daha çok bulunmaktadır. Yuvarlağımsı bir şekle sahiptir ve granüllü sitoplazmasıyla tanınır (Şekil 3.2). Sferülosit adı verilen bir diğer hemosit tipi ise çok sayıda tanecik taşıyan sitoplazması sebebiyle çekirdeğinin ışık mikroskobu altında ayırt edilmesinin zor olmasıyla bilinir (Şekil 3.3). Önosititler ise genel olarak diğer hemosit hücreleri arasında en büyük hücreler olarak bilinir ve diğer hücrelere oranla daha düzgün kenarlıdırlar (Şekil 3.4).



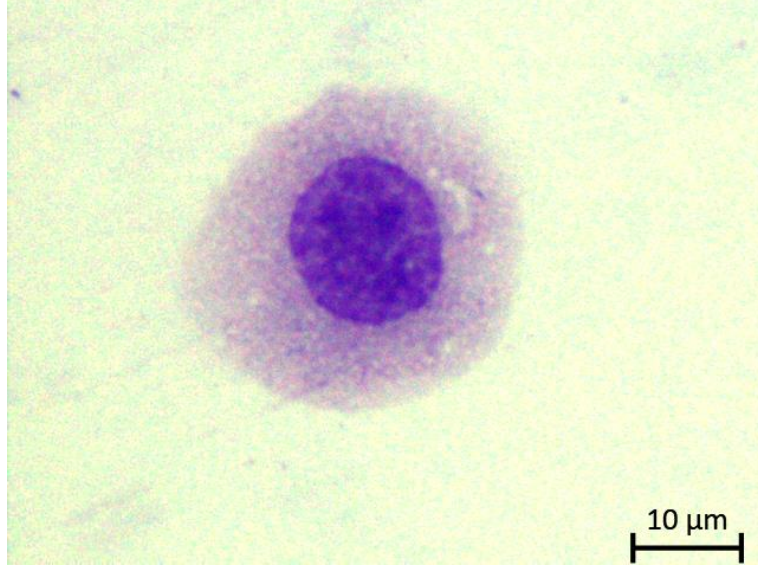
Şekil 3.1. *D. verrucivorus* türünün hemolenfinde bulunan hemositlerden plazmatosit.



Şekil 3.2. *D. verrucivorus* türünün hemolenfinde bulunan hemositlerden granülosit.



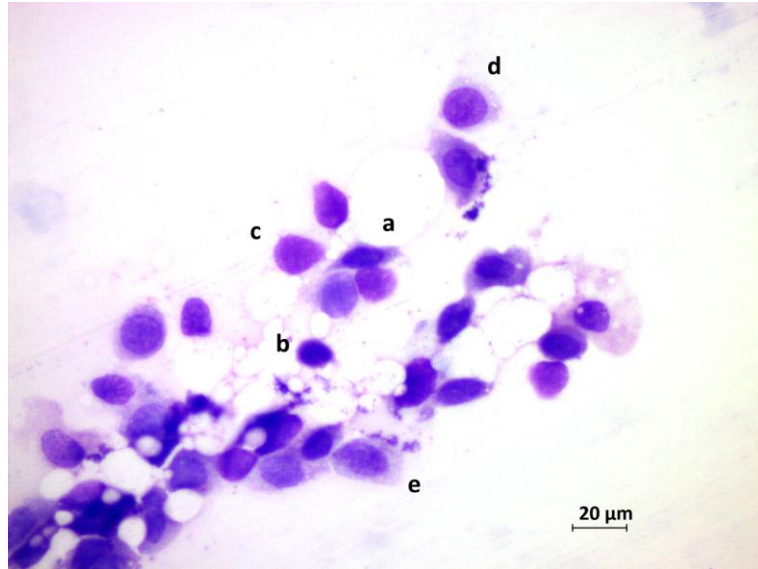
Şekil 3.3. *E. smyrnensis* türünün hemolenfinde bulunan hemositlerden sferülosit.



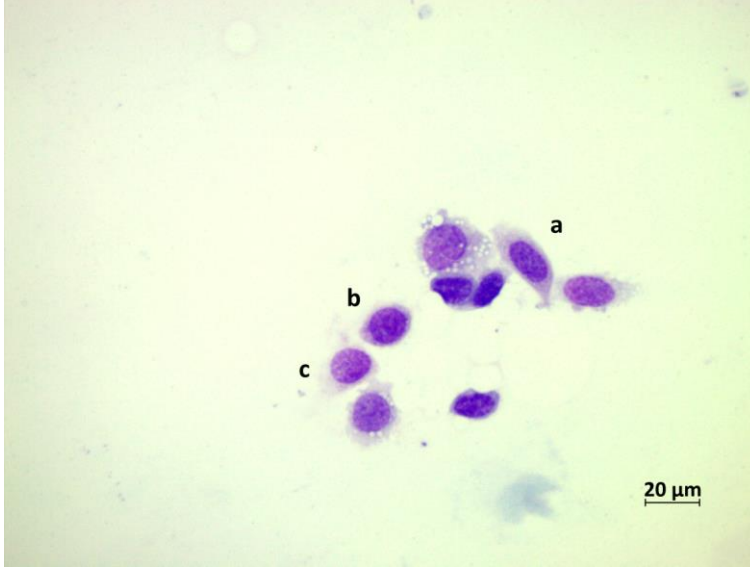
Şekil 3.4. *D. verrucivorus* türünün hemolenfinde bulunan hemositlerden önositoit.

3.1. *Decticus verrucivorus*

Tettigonidae familyası üyelerinden olan türün hemolenfinde temel hemosit tipleri tespit edilmiştir ve devamında diğer türler arasında kıyaslama yapılması için hemosit büyüklükleri ölçülmüştür (Şekil 3.1.1, Şekil 3.1.2). Hemositlerin ortalama büyüklükleri 16,58 µm olarak ölçülmüştür (Tablo 3.1).



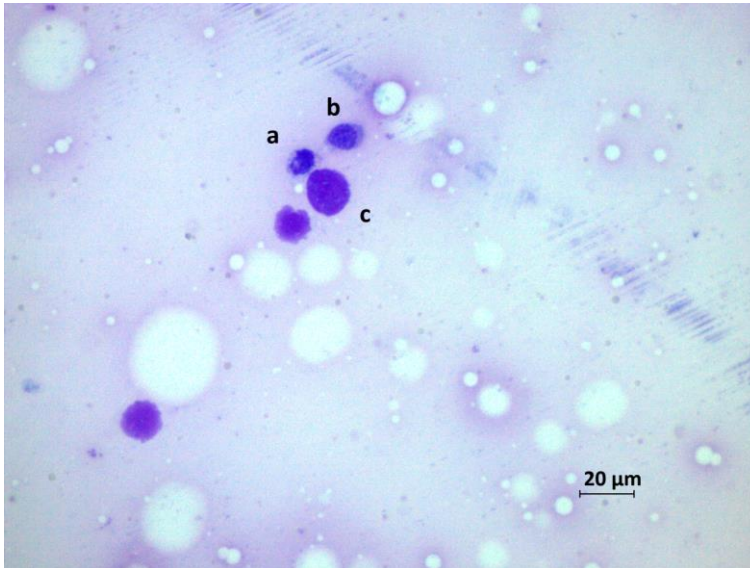
Şekil 3.1.1. *D. verrucivorus* türünün hemolenfinde hemosit tipleri a) Plazmatosit, b) Prohemosit, c) Sferülosit, d) Önositoit, e) Granülosit



Şekil 3.1.2. *D. verrucivorus* türünün hemolenfinde hemosit çeşitleri a) Plazmatosit b) Granülosit, c) Sferülosit.

3.2. *Eupholidoptera smyrnensis*

Tettigonidae familyası üyelerinden olan türün hemolenfinde temel hemosit tipleri tespit edilmiştir ve devamında diğer türler arasında kıyaslama yapılması için hemosit büyüklükleri ölçülmüştür (Şekil 3.2.1). Hemositlerin ortalama büyüklükleri 13,58 µm'dir (Tablo 3.1).



Şekil 3.2.1 *E. smyrnensis* türünün hemolenfinde hemosit çeşitleri a) Prohemosit, b) Granülosit, c) Sferülosit.

3.3. *Isophya* spp.

Tettigonidae familyası üyelerinden olan cinsin hemolenfinde temel hemosit tipleri tespit edilmiştir ve devamında diğer türler arasında kıyaslama yapılması için hemosit büyüklükleri ölçülmüştür. Hemositlerin ortalama büyüklükleri 17,5 μm 'dir (Tablo 3.1).

3.4. *Glyhomethis* spp.

Pamphagidae familyası üyelerinden olan cinsin hemolenfinde temel hemosit tipleri tespit edilmiştir ve devamında diğer türler arasında kıyaslama yapılması için hemosit büyüklükleri ölçülmüştür (Şekil 3.4.1.). Hemositlerin ortalama büyüklükleri 16,45 μm 'dir (Tablo 3.1).



Şekil 3.4.1. *Glyhomethis* spp. hemolenfinde hemosit çeşitleri a) Plazmatosit, b) Sferülosit.

Orthoptera ordosu içerisinde yer alan Tettigonidae ve Pamphagidae familyalarına ait incelenen türlerde belli bir tip ayırt edilmeksizin ölçülen tüm hemosit büyüklüklerinin karşılaştırmasına göre, familyalar arasında dikkate değer farklılıklar görülmemektedir. *E. Smyrensis* türüne ait hemolenfte diğerlerine nazaran ortalama büyüklüğün daha küçük olduğu, ancak bu farklılığın çok önemli olmadığı görülmektedir (Tablo 3.1). Tettigonidae ve Pamphagidae familyasına ait incelenen türlerde saptanan hemosit tipleri ve büyüklükleri açısından birbirine benzer olduklarını söylenebilir (Tablo 3.1).

Çizelge 3.1. İncelenen bazı çekirge türlerinde tespit edilen hemosit ölçüm değerleri (μm olarak)

Örnek Türler	Minimum Büüklük	Maksimum Büüklük	Ortalama Büüklük	Standart Sapma	Standart Hata
<i>Glyhomethis spp.</i>	11.25	24.00	16.45	2.53	0.25
<i>Decticus verrucivorus</i>	10.50	24.25	16.58	2.70	0.27
<i>Eupholidoptera smyrensis</i>	10.00	21.00	13.58	2.12	0.23
<i>Isophya spp.</i>	10.00	26.75	17.51	3.80	0.45

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Böcek kan hücreleri olarak bilinen hemositler ile ilgili olarak, familya düzeyinde araştırmalar yapılmıştır. İlk olarak, çekirgelerde bir immün sisteminin varlığı 1918 yılında Rudolf W. Glaser tarafından ortaya çıkartılmıştır. O zamandan beri bu konuda çalışmalar hız kazanmıştır. Bağışıklık sistemi üzerine yapılan çalışmalar, öncelikle hemosit tiplerinin belirlenmesi üzerine olmuştur. Başlangıçta çok sayıda farklı hemosit tipi belirlenmiş olsa da, daha sonra yapılan araştırmalar ile bu sayı daha aza indirilmiştir. Bazı böceklerde 30 kadar farklı hemosit tipi tanımlanmıştır (Demirsoy, 2006).

Hemositlerin bağışık sistemi içerisindeki işlevleri bilinmektedir. Fagositoz, kapsül meydana getirme mekanizması, pıhtı oluşumu ve direk olarak yaraların iyileştirilmesinde oynadıkları önemli roller birçok böcek türü üzerinde yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Ancak sınıflandırılmasında bir kesinlik olduğu söylenemez. Jones (1962) tarafından yapılan bir sınıflandırma birçok araştırmacı tarafından benimsenen bu çalışma, hemositlerin kökeni ve işlevleri hakkında yararlı bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Hemositler bu çalışma kapsamında prohemosit, plazmatosit, granülosit, sitosit, sferülosit, adipohemosit, podosit, önositoit ve vermiform hücreler olarak çeşitli sınıflara ayrılmıştır. Çoğu hemosit hücrenel bağışıklıkta alacağı işleve göre diğer tipe değişebilmektedir. Gupta (1985) tarafından yapılan bir çalışmada, hemositler 7 farklı tip olarak belirlenmiştir. Prohemositlerin dışında diğer hemosit tipleri plazmatosit, granülosit, sferülosit, adipohemosit, önositoit ve sitositler olarak sınıflandırılmıştır.

Lai-Fook (1973), *Calpodex ethlius* (Lepidoptera) türünde, ışık ve elektron mikroskobu altında yaptığı çalışmalarda hemosit tiplerinin sayısını beş olarak belirlemiştir. Bu hücreler prohemositler, plazmatositler, granülositler, sferülositler ve önositoitlerdir. Literatüre benzer olarak mevcut çalışmada da, beş hemosit tipi saptanmıştır. Her bir hemosit tipinin incelenen türlerde birbirine benzer morfolojik özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Prohemositlerin en temel hemositler olarak mezodermden ilk gelişen hücreler olduğu ve gerektiğinde diğer hemosit tiplerine dönüşebildiği düşünülmektedir. Prohemositler belli bir olgunlaşma evresinin ardından farklılaşmaya başlarlar. Kalıcı bir endoplazmik retikulum geliştirirler ve daha düzensiz bir şekle sahip olurlar (Brehelin, 1982). Brehelin hemositler arasında

granülosit tip hücrelerde granüllerin de sınıflandırmada dikkate alınmasını gerektiğini öne sürmüştür. Yapılan çalışmalarda, farklı kökenlere sahip granüllere sahip granülosit tipinde hemositler olduğu görülmüştür. Işık ve elektron mikroskobu ile hemositler üzerine yapılan bir çalışmada, *Decticus verrucivorus* (Orthoptera, Tettigoniidae) larvalar ve erginlerin, hemolenfinde PAS-pozitif ve Pas-negatif granüller tespit edilmiştir (Silina, 2003). Granülositler incelendiğinde mitokondrium ve Golgi aygıtı kökenli granül yapıları gözlemlenmiştir. Merokrin tipindeki salgılara sahip olan granülositlerin gelişiminde dört aşama belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla granüllerin oluşumu ve organel gelişimi, granüllerin toplanması, salgılama ve hücre parçalanması şeklindedir. Diğer bir çalışmada, *Tettigonia cantans* (Orthoptera, Tettigonidae) erginlerinde çalışılmış ve birbirine benzer sonuçlar elde edilmiştir (Silina, 2003).

Mevcut çalışmada, Orthoptera ordosundan Tettigonidae familyasına ait *Eupholidoptera smyrensis*, *Decticus verrucivorus* ve *Isophya spp.* ile Pamphagidae familyasına ait *Glyhomethis spp.* türlerinde hemosit büyüklüğü 10-25 µm arasında ölçülmüştür. *D. verrucivorus* ve diğer türlerde de granülosit adı verilen hemosit tipi hücreler tespit edilmiştir. Bu hücrelerin şekilleri diğer araştırmacıların çalışmalarındaki bulgularla benzerlik göstermektedir. Hemolenf içerisinde ortalama büyüklük bakımından prohemositler kadar küçük olmamakla birlikte, önositoitler kadar büyük olmadıkları görülmüştür. Prohemositler plazmatositler ile birlikte en kolay şekilde ayırt edilebilen ve daha çok bulunabilen hemosit tipidir.

Böcek plazmatositleri farklı morfofilere sahip olabilirler (Tierno de Figueroa et al., 2002). Şekilleri en çok değişiklik gösteren hemosit tipi olan plazmatositler ise, bu çalışmada en fazla oval olmak üzere, daha farklı şekillerde tespit edilmiştir. Aynı zamanda hücrenin şekline bağlı olarak nukleusları da morfolojik olarak farklılık gösterebilmektedir. Plazmatositler özellikle sitoplazmik uzantılara sahip olmaları ile kolaylıkla ayırt edilmektedir.

Plazmatositler, prohemositlerin farklılaşması sonucu oluşurlar. İncelenen türlerde iki hemosit tipi arasında geçiş formu olabilecek hücre tipleri görülmüştür. Büyüklük dışında morfolojik açıdan iki hücrenin ayırt edilmesinde sıkıntı yaşanmamaktadır. İncelenen türlerin bazılarında yağ damlacıkları taşıyan plazmatositler de seçilebilmektedir.

Hemosit tipleri arasında en nadir tespit edilebileni sferül hücrelerdir. Yayma preparatlarda sferüositler daha az sıklıkta rastlanırlar (Lai-Fook, 1973). Diğerlerine oranla daha nadir rastlanmalarından ötürü tespiti de daha zordur. Bunun başlıca nedeni hücrelerin diğerlerine göre daha dağınık bir halde bulunmalarıdır. Plazmatositler genelde grup halinde görülebilirler, ancak sferüositler hem nadir hem de tek tek olarak hemolenfin içerisine dağılmış bir şekilde bulunurlar. Hemosite ismini veren sferül taneleri çoğu zaman nukleusu örtmekte ve plazmatositlerde olduğu gibi sitoplazmik uzantılar da taşımazlar.

Önositoitler ise hemosit tipleri arasında her araştırmacı tarafından tespit edilen bir hemosittir. Genelde sferik şekillerde görülürler. Plazmatositlerde olduğu gibi, sitoplazmalarında yağ damlacıkları görülebilir. Önositoitler diğer hemositlere göre büyük oldukları için kolaylıkla ayırt edilirler.

Mevcut çalışmada önositoitler hemositler arasında en büyük ve sferik hücreler olarak tespit edilmiştir. Aynı zamanda nukleuslarının sitoplazmaya oranla daha küçük olduğu gözlenmiştir.

Hemosit tipleri arasında en sık görülen hücrelerin plazmatositler ve granülositler olduğu tespit edilmiştir. İncelenen türlerin hemolenfinde hemosit tiplerinin farklı oranlarda olduğu belirlenmiştir. Bu durum bu hücrelerin birbirlerine dönüşebildiklerini ve sayılarının değişiklik göstermesi hücrelerin mitotik bir aktivite gösterdiklerini de göstermektedir. Bu hemolenf hücreleri diğer böcek türlerinde olduğu gibi, fagositoz, kapsül oluşturma, koagülasyon ve yaraların iyileştirilmesi şeklinde immün sistem faaliyetlerinde önemli roller almaktadırlar (Lavine and Strand, 2002).

Omurgalı immünesinde bulunan kan lökositlerine analog olan ve böceklerin immün sisteminde aktif rol oynayan hemositlerin Orthoptera ordosu içinde yer alan çekirgelerde de benzer yapısal özelliklere sahip olduğu ve benzer immünolojik görevler üstlendiği söylenebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Bedick, J.C., Tunaz, H., Nor Aliza, A.R., Putnam, S., Ellis, M. and Stanley, D.W.**, 2001, Eicosanoids act in nodulation reactions to bacterial infections in newly emerged adult honey bees, *Apis mellifera*, but not in older foregers, *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C* 130:107-117pp.
- Bengin, C.**, 2006, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) Larvalarında Fungal Enfeksiyona Karşı Oluşan Nodülasyon Reaksiyonunda Eikosanoitlerin Rolü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Brehelin, M.**, 1982, Comparative study of structure and function of blood cells from two *Drosophila* species. *Cell Tissue Research*, 221: 607-615pp.
- Büyükgüzel, E., Tunaz, H., Stanley, D. ve Büyükgüzel, K.**, 2011, The influence of chronic eicosanoid biosynthesis inhibition on life history of the greater waxmoth, *Galleria mellonella* and its ectoparasitoid, *Bracon hebetor*, *Journal of Insect Physiology*, 57: 501-507pp.
- Coustau, C., Carton, Y., Nappi, A., Shotkoski, F., and ffrench-Constant, R.**, 1996, Differential induction of antibacterial transcripts in *Drosophila* susceptible and resistant to parasitism by *Leptopilina boulardi*, *Insect Molecular Biology*, 5(3): 167-172pp.
- Demirsoy, A.**, 2003, Yaşamın Temel Kuralları, Omurgasızlar/ Böcekler, Entomoloji, Cilt II/ Kısım II, 9. Baskı, Meteksan Matbaacılık, Ankara, 941 s.
- Demirsoy, A.**, 2008, Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası “Hayvan Coğrafyası” Genişletilmiş 7. Baskı, Meteksan A.Ş, 1007 s.
- Durmuş, Y., Büyükgüzel, E., Terzi, B., Tunaz, H., Stanley, D. ve Büyükgüzel, K.**, 2008, Eicosanoids mediate melanoic nodulation reactions to viral infection in larvae of the parasitic wasp, *Pimpla Turioinellae* *Journal of Insect Physiology*, 54: 17-24pp.
- Fehlbaum, P., Bulet, P., Michaut, L., Lagueux, M., Broekaert, W.F., Hetru, C., and Hoffmann, J.A.**, 1994, Insect immunity. Septic injury of *Drosophila* induces the synthesis of a potent antifungal peptide with sequence homology to plant antifungal peptides, *The Journal of Biological Chemistry*, 269(52): 33159-33163pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- Fleming, J.G.W. and Summers, M.D.**, 1991, Polydnaviral DNA is integrated in parasitoid host wasp DNA, Proceedings of the National Academy of Sciences, 88:9770-9774pp.
- Gay, N.J. and Keith, F.J.**, 1992, Regulation of translation and proteolysis during the development of embryonic dorso-ventral polarity in *Drosophila*. Homology of easter proteinase with *Limulus* proclotting enzyme and translational activation of Toll receptor synthesis, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1132: 290-296pp.
- Glaser, R.W.**, 1918, On the existence of immunity principles in insects, *Psyche*, 25: 39-46pp.
- Goldsworthy, G., Mullen, L., Opoku-Ware, K., and Chandrakant, S.**, 2003, Interactions between the endocrine and immune systems in locusts, *Physiological Entomology* 28 (1), 54-61pp.
- Gupta, A. P.**, 1985, Cellular elements in hemolymph. In: *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology. Integument Respiration and Circulation*, G.A Kerkut and L.I. Gilberts (Eds.), Vol: 3, 401-451 pp., Pergamon Press, New York.
- Hoffmann, J. A.**, 1995, Innate immunity of insects, *Current Opinion in Immunology*, 7:4-10pp.
- Jones, J. C.**, 1962, Current concepts concerning insect hemocytes, *American Zoologist*, 2: 209-246pp.
- Lai-Fook, J.**, 1973, The structure of the haemocytes of *Calpododes ethlius* (Hesperiidae: Lepidoptera), *Journal of Morphology*, 132:79–104pp.
- Lavine M.D. and Strand, M.R.**, 2002, Insect hemocytes and their role in immunity, *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 32:1295–309pp.
- Miller, J.S., Howard, R.W., Rana, R.L., Tunaz, H., and Stanley, D.W.**, 1999, Eicosanoids mediate nodulation reactions to bacterial infections in adults of the cricket, *Gryllus assimilis*. *Journal of Insect Physiology*, 45:75-83pp.
- Nor Aliza, A.R., Bedick, J.C., Rana, R.L., Tunaz, H., Hoback, and W.W., Stanley, D.W.**, 2000, Arachidonic and eicosapentaenoic acids in tissue of the firefly, *Photinus pyralis* (Insecta: Coleoptera). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 128: 251-257pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- Schmitz, A., Anselme C., Ravallec M., Rebuf C., Simon, J., Gatti, J., and Poirie, M.,** 2012, The cellular immune response of the Pea Aphid to foreign intrusion and symbiotic challenge, Plos One, 7(7).
- Silina KV.,** 2003, Electron microscope study of haemolymph cells of *Decticus verrucivorus* (Orthoptera, Tettigoniidae) in larva and imago stages, Tsitologiya, 45 (7): 635-49pp.
- Silina KV.,** 2003, Electron microscope study of haemolymph cells of *Tettigonia cantans* (Orthoptera, Tettigonidae), Tsitologiya, 45(4): 357-67pp.
- Summers, M.D. and Dib-Hajj, S.D.,** 1995, Polydnavirus-facilitated endoparasite protection against host immune defenses. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. 92 (1):29-36pp.
- Tierno de Figueroa, J. M., Fausto, A. M., Fochetti, R., Scapigliati G., Sezzi, E., and Mazzini, M.,** 2002, S.E.M. and cytofluorimetric characterization of *Dinocras cephalotes* haemocytes (Plecoptera, Perlidae), Belgian Journal of Zoology, 132 (1): 65-69pp.
- Tunaz, H.,** 2004, Böceklerde bağışıklık mekanizması, KSÜ Fen Mühendislik Dergisi, 7:(2): 78-82.
- Tunaz H., Işıkber A. A., and Er M. K.,** 2003, The role of eicosanoids on nodulation reactions bacterium *Serratia marcescens* in larvae of *Ostrinia nubilalis*. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27:269-275pp.
- Tunaz, H., Jurenka, R.A., and Stanley, D.W.,** 2001, Prostaglandin biosynthesis by fat body from true Armyworm, *Pseudulatia unipuncta*. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 31, 435-444pp.
- Vilmos, P. and Kurucz, E.,** 1998, Insect immunity: evolutionary roots of the mammalian innate immune system, Immunology Letters, 62:59-66pp.

ÖZGEÇMİŞ

Gürhan ÖZTÜRK, 1989 yılında Yalova'da doğmuştur. İlk ve orta öğretimini İzmir'de tamamlamıştır. 2008 yılında Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji bölümüne kayıtlanmıştır. 2012 yılında lisans eğitimini tamamlamıştır, aynı yıl Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Zooloji Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.