



## **Mesobuthus gibbosus (Brullé, 1832) (Scorpiones: Buthidae) Akrep Türünün Tarak Organının Fonksiyonel Morfolojisi ve Histolojisi**

İlkay Çorak Öcal<sup>1\*</sup>, Nazife Yiğit<sup>2</sup>, Merve Oruç<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölüm, 18100 Uluşu/Çankırı, Türkiye

<sup>2</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 71450 Yahşihan/Kırıkkale, Türkiye

<sup>3</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD, 71450 Yahşihan/Kırıkkale, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

#### **Araştırma Makalesi**

Geliş 16 Şubat 2018

Kabul 06 Mart 2018

#### **Anahtar Kelimeler:**

Akrep  
Duyu organı  
Pektin  
Morfoloji  
Histoloji

\*Sorumlu Yazar:

E-mail: corakilkay@yahoo.com

### Ö Z E T

Akrepler, Arachnida sınıfında zehirli arthropodlardan olup; örümcekler, keneler ve akarlar ile akraba oldukları düşünülmektedir. Ancak; akrepler, tarak organ (pektin) adı verilen duyu organı taşırlar ve bu yapılarıyla diğer akrabalarından ayrılırlar. Bu çalışmanın amacı, ışık mikroskobu ve taramalı elektron mikroskop (SEM) kullanarak *Mesobuthus gibbosus* (Brullé, 1832) (Scorpionidae: Buthidae) akrep türünün tarak organının (pektin) morfolojik ve histolojik özelliklerini belirlemektir. Tarak organı oluşturan dişlerin detaylı morfolojik ve histolojik yapıları rutin yöntemlerle parafine gömülerek, kesitler alınmış ve alınan kesitler hematoxilen-eosin ile boyanarak ışık mikroskobunda mikrografları kayıt edilmiştir. *M. gibbosus*'un pektinleri bir çift olarak mesosomal ikinci segmentin ventrolateral yerleşmiş olup, tarak şeklindeki her bir pektin organ marjinal lamella, farklı sayıdaki median lamella ve dişler olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Pektinlerde, çeşitli kutikular duyu kılları ve her bir dişin uç kısmında çok sayıda peg sensilla gözlenmiştir. *M. gibbosus*'un pektin organından alınan enine kesitlerde her bir peg sensillumun çok sayıda sinir hücresi ile ilişkili olduğu gözlenmiştir.

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 6(5): 618-623, 2018

## **Functional Morphology and Histology of Sensory Comb Organ (Pectine) of *Mesobuthus gibbosus* (Brullé, 1832) Scorpion (Scorpionidae: Buthidae)**

### ARTICLE INFO

#### **Research Article**

Received 16 February 2018

Accepted 06 March 2018

#### **Keywords:**

Scorpion  
Sensory organ  
Pectine  
Morphology  
Histology

\*Corresponding Author:

E-mail: corakilkay@yahoo.com

### ABSTRACT

Scorpions are venomous arthropods in Arachnida classis; they are thought to be related with the spiders, ticks and mites. However, scorpions have sensory organs called sensory comb organ (pectine) and their structure are distinctive other relatives. The objective of the present study, is to characterize the morphological and histological features of pectines (sensory comb) organ of scorpion species *Mesobuthus gibbosus* (Brullé, 1832) (Scorpionidae: Buthidae) were identified by using light microscope and scanning electron microscope (SEM). The pectines were prepared by following routine electron microscope procedures and routine paraffin methods and the sections were stained by hematoxylin-eosin stain. The pectines of *M. gibbosus* are paired sensory organs located on the ventrolateral of second segments of mesosoma, the comb like each pectin organ consist of marginal lamella, different number of median lamella and teeth. Pectines have several sensory hairs and peg sensilla of tip of the tooth. The transverse sections of pectines organ were observed that each peg sensillum innerved by many sensory neurons.

DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i5.618-623.1862>

## Giriş

Bakterilerden omurgalı hayvanlara kadar yaşayan tüm organizmaların çevreleriyle etkileşim halinde olmaları gerekmektedir. Bu etkileşim duyu organlarıyla bilginin alınması, toplanan bilgilerle duyu oluşturulması ve uygun davranışla son bulması şeklinde gerçekleşir. Canlılardaki duyu organlarının çeşitliliği hayret verici düzeydedir. Benzer sistemlerin çoklu evrimi, fiziksel adaptasyon, habitatların ekolojik ve biyolojik özellikleri ve bu özelliklerden azami fayda sağlama göstermektedir ki duyu hayatın temel bir özelliğidir ve de üreme sistemi ya da metabolizma kadar önemlidir (Barth, 1985).

Arthropodların duyu sistemleri fiziksel ve kimyasal uyarılara göre değişiklik göstermektedir. Dokunma, basınç, gerilim, yer çekimi, akım, titreşim, ses gibi mekanik uyarılar, vücudun her yerinde bulunabilecek cuticular hairs, slite sensilla, componiform sensilla, stretch-receptors, chordotonal-organs, hair plate, antennae, halteres, trichobothria, filiform hairs, subgenual-organs, tympanal organ tarafından algılanır. Kimyasal uyarılar yine vücudun değişik yerlerindeki kütiküler kıllarla algılanır (Gewecke, 1995; Brownell, 2001; Root, 1990).

Akrepler, zehir üreten ve dolayısıyla zehirli arthropodlardan olup Arachnida sınıfı içerisinde yer almaktadırlar. Akrepler bilinen en eski karasal eklembacaklılar olup karasal yaşama çok iyi uyum sağlamışlardır (Babaşoğlu, 1999). Yaklaşık 400 milyon yıldır dünya sahnesinde olmalarına rağmen akreplerin şekilleri çok az değiştiğinden bilim dünyasında "yaşayan fosiller" olarak da isimlendirilebilirler (Legros, 1998). Akrepler zehirli olmaları ve zehirlenme olaylarına katılmalarından dolayı tarih boyunca insanoğlunun ilgisini çekmiş canlılardır (Dehesa–Davila ve ark., 1994; Possani ve ark., 1999a; Çakmak, 2007). Farklı tür akreplerin zehirlerinin etkileri değişiklik göstermektedir. Bazı akrep türleri yalnızca omurgasız hayvanlar üzerinde öldürücü etkiye sahipken, insanları etkilemezler. *Androctonus australis* gibi bazı akrepler bir insanı 6-7 saat içinde öldürebilecek kadar fazlaca kuvvetli zehre sahiptir. Ayrıca zehirlerinin etkileri hava sıcaklığı, hayvanın beslenip beslenmemesine göre de değişebilmektedir (Demirsoy, 1998).

Akreplerin, örümcekler, keneler ve akarlar ile akraba oldukları düşünülmektedir. Ancak; akrepler, (pektin) tarak organ adı verilen akreplere özgü duyu yapılarını taşırlar. Akrepler; keliserlerinin pedipalplerinden daha küçük olması ve taşıdıkları tarak organlarıyla diğer akrabalarından kolaylıkla ayrılırlar. Yapılarının tarağa benzemesinden dolayı "tarak organ" ya da pektin olarak adlandırılan bu duyu organının dişlerinin sayısı erkek ve dişi akreplerde farklılık gösterir (Yücel, 2007). Tarak organlar; akreplerin birincil duyu organlarından olup, bir çift halinde mesosomanın ventralinde yerleşmiştir. Her bir tarak organ segmentli, esnek bir yapı ve hareketli dişlerden oluşmuştur (Saric ve Tomic, 2016).

Akreplerin tarak organları ile yapılan bazı çalışmalar bulunmaktadır. Kladt ve arkadaşları (2007), *Pandinus cavimanus* akrep türünde tarak organı üzerindeki kütiküler sensillaların mekanoreseptör olarak görev yaptığı belirtmiştir. Gaffin (2002) akreplerde tarak organında bulunan pektinal sensillanın içindeki sinaptik etkileşimlerin elektrofizyolojik analizini incelemiş, Wolf

(2007) *Vaejovis spinigerus* akrep türünün pektin organının glomerular yapısını ve merkezi projeksiyonlarını çalışmış, Swoveland (1978) akreplerde tarak organın dış morfolojisini incelemiş, Carthy (1966) akreplerin tarak organları üzerindeki dişlerin (peg) ince yapısı ve duysal fonksiyonlarını çalışmıştır. Son yapılan çalışmaların birinde de; *Euscorpius carpathicus* akrebinin pektinal organında teratolojik değişiklikler SEM kullanılarak incelenmiştir. İlk kez kaydedilen bu anormal yapının muhtemel sebepleri de aynı çalışmada tartışılmıştır (Saric ve Tomic, 2016).

Ülkemizde akrepler üzerine yapılmış çalışmalar mevcuttur. Fakat bu çalışmalar akreplerin zoocoğrafik dağılımı, sistematiği, faunası ve venomları üzerine yapılmış olan çalışmalardır. Bunlardan bazıları; Karataş ve Karataş (2002) *Mesobuthus eupeus* akrep türünün Türkiye'deki dağılımı hakkında ve yeni dağılımı ile kayıt vermiş ve aynı zamanda pektinal dişlerin sayılarında çeşitlilik ve bazı ekolojik yüzler tespit etmişlerdir. Özkan ve Kat (2003) Şanlıurfa ilinde bulunan *Mesobuthus eupeus* türünün zehrinin epidemiyolojik ve klinik bulgularını değerlendirmiş, Karataş ve Çolak (2005) Gaziantep ilindeki akrepler üzerinde çalışmalar yaparak bu ildeki bazı türleri tespit etmişlerdir. Karataş (2005) Türkiye'de *Mesobuthus caucasicus*' un dağılımı ile ilgili araştırmalar yaparak bu türe ait coğrafik kayıtlar vermiş, Yeşilyurt (2005) Anadolu'daki bazı akreplerin sistematiği ve biyoekolojisi hakkında çalışma yaparak bilgi vermiştir. Görüldüğü üzere ülkemizde mevcut çalışmalar arasında akreplerin duyu organları ve özellikle akreplere özgü bir yapı olan pektin organı ile ilgili ayrıntılı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma ile gerek ışık, gerekse elektron mikroskop kullanılarak *Mesobuthus gibbosus* akrebinde pektin organının morfolojik ve histolojik yapısı detaylı olarak ortaya konulması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Method

Çalışmada kullandığımız, *Mesobuthus gibbosus* (Brulle, 1832) akrep örneklerini Mayıs 2010 tarihinde Antalya Korkuteli yolu 35. Km'de toplanmıştır. Bu çalışmada iki dişi, bir erkek olmak üzere toplam üç örnek kullanılmıştır. Örneklerin cinsiyet tayini ve tür teşhisleri Dr. Fatih Yeşilyurt tarafından yapılmıştır Pektin organlar stereo mikroskop (Nikon SMZ800) altında incelenerek dikkatli bir şekilde kesilmiştir (Pectine organs were removed by cutting and studied under a stereo microscope.) Pekten organı oluşturan dişlerin detaylı morfolojik yapıları ise rutin yöntemlerle hazırlanarak Jeol JSM 5600 (Japon) SEM'da incelenmiştir. Histolojik çalışmalar için hazırlanan pekten organlar yine rutin yöntemlerle parafine gömülerek, kesitler alınmış ve alınan kesitler hematoksilin-eosin ile boyanarak ışık mikroskopunda mikrografları kayıt edilmiştir.

## Bulgular

*Mesobuthus gibbosus* akrep türünün dorsal ve ventral genel görüntüsü Şekil 1'deki gibidir. Dorsalden bakıldığında, pedipalpler, yürüme bacakları ve metasomada açık kahveye yakın sarımsı bir renk gözlenir.

Prosoma ile tergitleerde de siyaha yakın koyu kahverengimsi renk mevcuttur. Tergitlerde segmentler arasında daha açık bir renk görülmektedir. Telson ucunda zehir iğnesi siyah olarak gözlenmektedir (Şekil 1A). *M. gibbosus*'un ventral görünüşünde (Şekil 1B) tarak organ, pedipalpler, prosoma ve yürüme bacaklarında daha açık renkte, sarı bir renge sahiptir. Sternitler de ise bir parça koyu kahverengimsi renkler mevcutken, metasomada karamel renk görülmektedir ve stigmalar belirgin olarak göze çarpmaktadır.

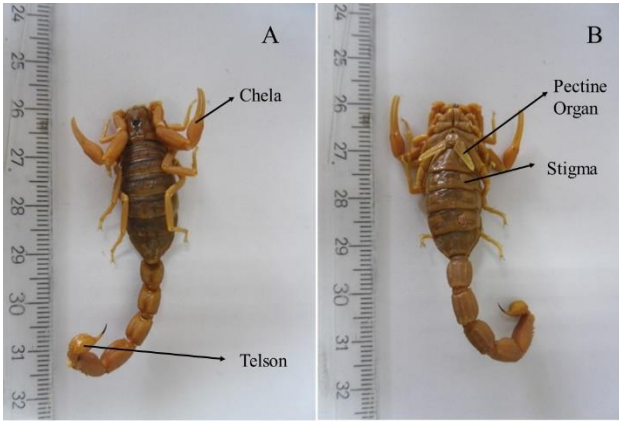
*M. gibbosus* türünün pektin organı üç kısımdan oluşan kütiküler bir yapıya sahiptir. En dışta marjinal lamella, ortada median lamella olmak üzere en altta da farklı sayılarda olabilen pektinal dişler görülmektedir. Tüm metinde. Median lamella ve pektinal dişler düzenli bir dizilim gösterir. *M. gibbosus* türünün tarak diş sayısı 22-23 olarak gözlenmiştir. Her bir tarak organ üzerinde duyusal kıllar da görülmektedir (Şekil 2).

Pektin organlar üzerinde yine çok sayıda duyusal kıllar gözlenmiştir (Şekil 3A, B). Tarak organın marjinal lamellasında ve median lamellasında olmak üzere iki farklı kısmında bu kıllar yaygın şekilde görülmüştür (Şekil 4A). Tarak organın parçaları kompleks yapılıdır,

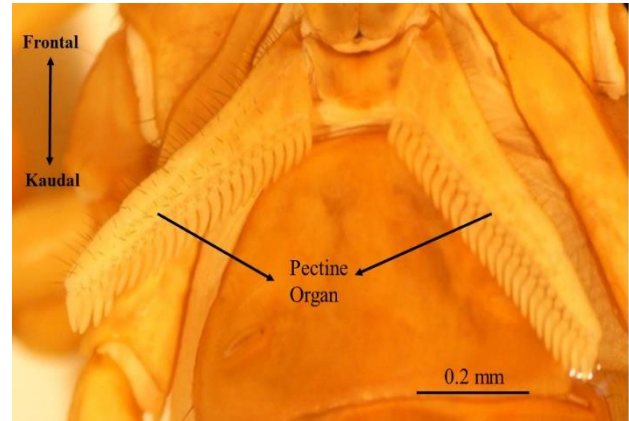
marjinal lamellanın üç parçalı olduğu da dikkatimizi çekmiştir. Peg sensillalar dışında marjinal lamella ile median lamella üzerinde kısa cuticular kılları (tip II) ve uzun kıllar (tip I) gözlenmiştir. Ayrıca kütikular yapı üzerinde bal peteğine benzer şekilde oldukça düzenli kütikular süs göze çarpmaktadır (Şekil 4B).

Tarak üzerindeki her bir dişin alt yüzeyinde homojen bir dağılım gösteren peg sensilla bu türde de göze çarpmaktadır. Bu akrep türünde, her bir dişteki peg sensillaların toplamda sayıları 400-500 arasında değişim göstermiştir (Şekil 5A, B). Peg sensilla daha yüksek büyütmede incelendiğinde, *M. gibbosus* türünde de geniş porlar içinden dışarı uzanan çıkıntılar olarak görülmüştür. Yine muntazam bir sıralanma ve yerleşim gözlenmiştir. Her bir peg sensilyumun terminal kısmında yarık şeklinde açıklar dikkatli bakıldığında görülebilmektedir.

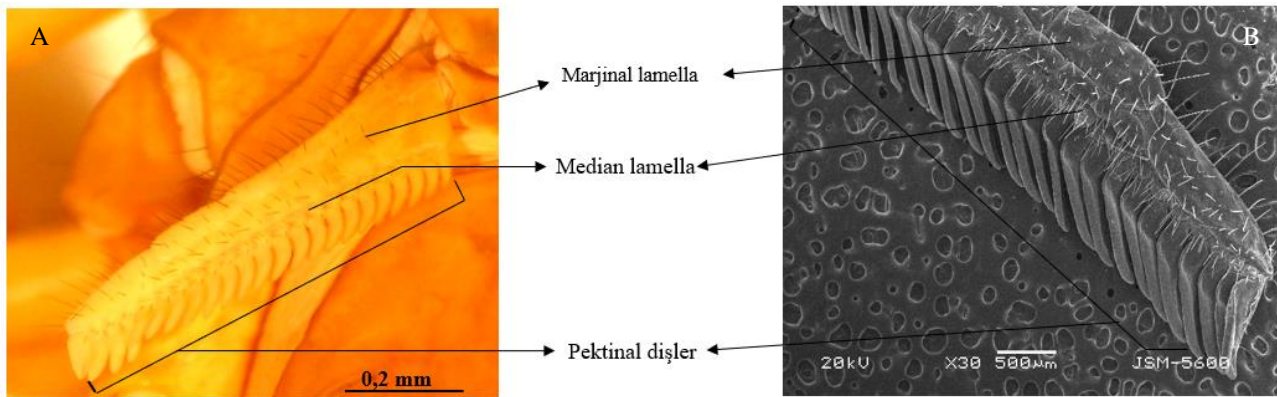
Başka bir bireyde pektinal dişler daha detaylı incelendiğinde peg sensillaların içinde buldukları porlardan dışarı doğru uzantıları çok fazla söz konusu olmamakla birlikte genelde içeri gömülü bir yapıdadırlar (Şekil 6A, B). Bu bulgu bize peg sensillaya hayvan ihtiyaç duymadığında içeri doğru çekebileceğini düşündürmektedir.



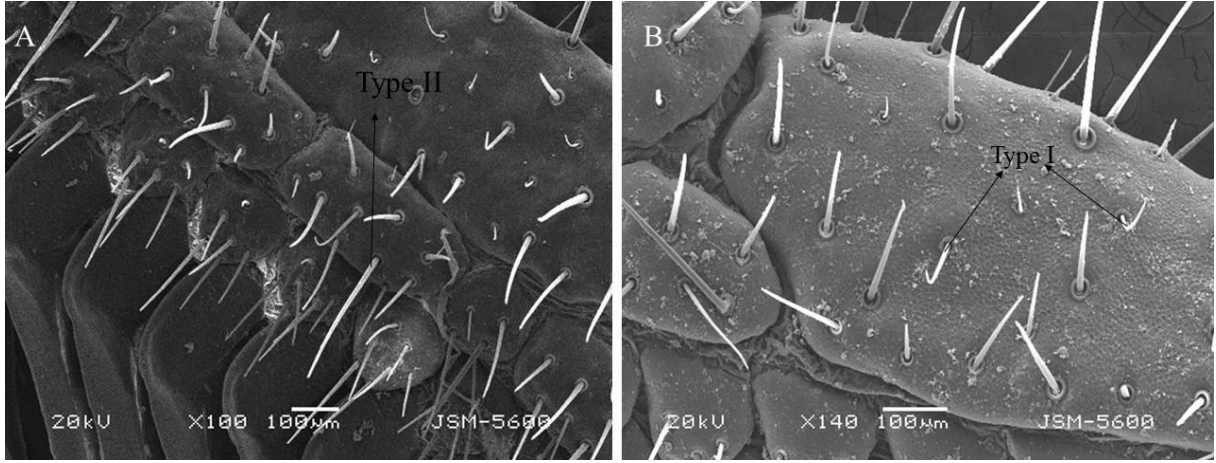
Şekil 1 *M. gibbosus* da Dorsal ve Ventral habitus (Stereo mikroskop)  
Figure 1 Dorsal (A) and Ventral (B) habitus of *M. gibbosus* (Stereo microscope)



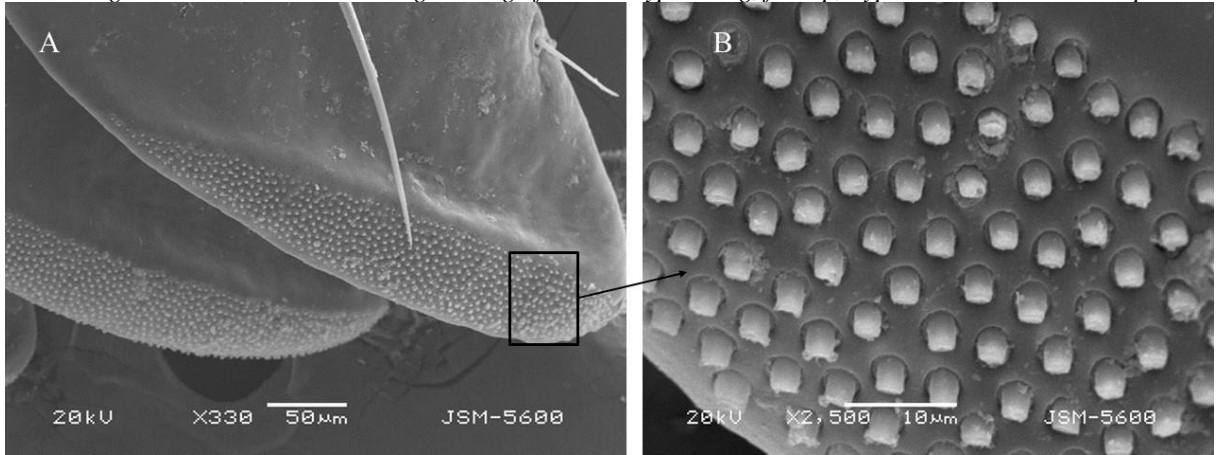
Şekil 2 Daha yüksek büyütme bir çift pectin organ (Bu görüntü stereo mikroskoptan elde edilmiştir)  
Figure 2 Higher magnification of a pair of pectin organs (this image is obtained from a stereo microscope)



Şekil 3 A. *M. gibbosus*' un stereo mikroskopta pektin organın genel görünümü, B. *M. gibbosus*' un taramalı elektron mikroskopta pektin organın genel görünümü  
Figure 3 *M. gibbosus*' general appearance of pectin organ in stereo microscope, B. General view of pectin organ of *M. gibbosus* by Scanning Electron Microscope

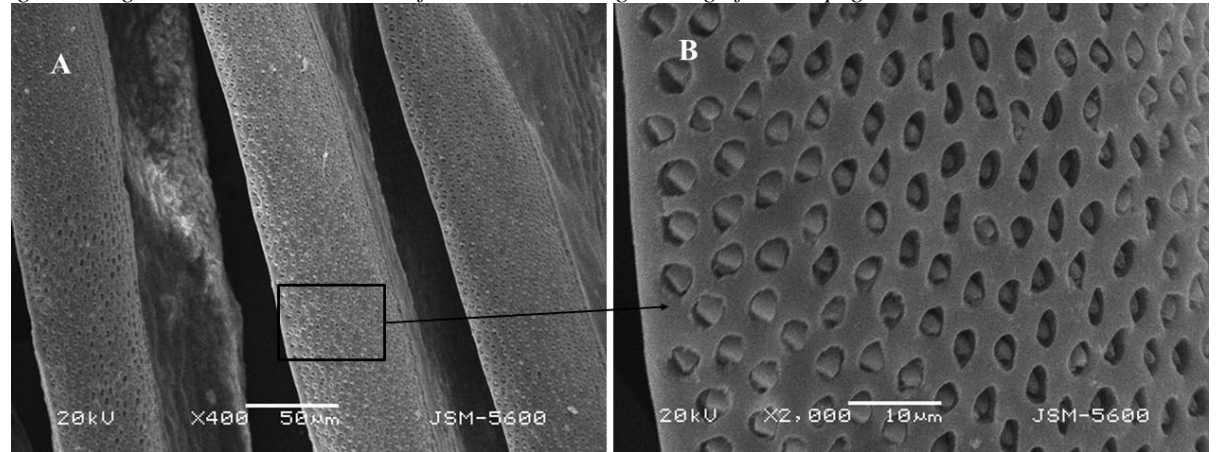


Şekil 4 A. Pectinal lamellalar üzerinde bulunan farklı iki tipteki kütikular kıllar. B. Daha yüksek büyütmede kütikular kıllar ve bal peteği görüntüsündeki integüment yapısı. Type I Uzun, düz uçlu, Type II kısa ve kıvrık uçludur.  
Figure 4 Two different types of cuticle hairs on pectinal lamella. B. The structure of the integument in the honeycomb image and the cuticle hairs at higher magnification. Type I long, flat tip, Type II short and curved tip



Şekil 5 A. Her bir dişin distal kısmındaki peg sensilla, B. Daha yüksek büyütmede peg sensilla ve üzerindeki terminal yarı (arrow).

Figure 5 Peg sensilla at the distal end of each tooth, B. Higher magnification peg sensilla and terminal arrow on it



Şekil 6 A. *M. gibbosus*' a ait peg sensillaların içeri çekilmiş hali. B. Daha yüksek büyütme  
Figure 6 Peg sensilla of *M. gibbosus*, retracted state, B. Higher magnification

Pekten organın histolojisini ortaya koymak için pekten organın toprağa bakan yani peg sensillanın bulunduğu yerden itibaren aldığımız seri enine kesitler incelenmiştir. Düşük büyütmede ışık mikroskobunda pekten organın dişlerinin her birinin birbirinden bağımsız olduğunu göstermektedir. *M. gibbosus*'un pektinal dişlerinin uç kısmındaki peg sensilla ve genel yapıya uygun olarak, kütikula tabakası, nöronlar ve diğer hücreler

görülmektedir. pektinal sensilla ile ilişkili olan nöronlar ve bağlantıları kolaylıkla görülmektedir. Nöronlar peg sensillanın hemen altında görülmekte, ak ise farklı bir hücre kümesi fark edilmektedir. *M. gibbosus*'un tek bir pektinal dişinin enine kesiti incelendiğinde, üç tabakalı kütikula yapısı, peg sensilla ve bunlarla bağlantılı nöronlar, glial hücreler görülebilmektedir (Şekil 7A, B, C).



Şekil 7 A,B,C. Pectine organ enine kesit kesitlerde pectinal dişler

Figure 7 Pectine organ cross section and pectinal teeth in sections

## Tartışma ve Sonuç

Çalışmamızda kullandığımız *Mesobuthus gibbosus* akrep türüne ait bireyler Güney Batı Anadolu Bölgesi'nde yaptığımız arazi çalışmaları sonucunda temin edilmiş olup, *M. gibbosus* Anadolu'da geniş bir yayılışa sahiptir. *M. gibbosus* bazı sistematik problemlere sahiptir. Anadolu'da bulunan alttürü *Mesobuthus gibbosus anatolicus*'tur. *M. g. anatolicus* tarak sayılarındaki farktan dolayı Schenkel (1947) tarafından tanımlanmıştır. Mevcut

bilgilere göre bu türün yayılış gösteren 2 alttür bulunmaktadır. Türkiye'de bulunan *M. g. anatolicus* alttürünün sistematik durumu belirsizliğini henüz korumaktadır (Yeşilyurt, 2011). Yapılan çalışmada örnekler tür seviyesinde tanımlanmıştır.

Akreplerin çok etkili davranışları, duyu sistemleri ve karmaşık yapıları zehirlerinin bulunması bunların dayanıklılığını artıran hususlardır (Polis, 1990). Pectine organ akreplere özgü bir organ olup en önemli duyu organıdır. Akrep pektinleri üzerinde üç farklı duyu yapısı bulunmaktadır. Bunlar keemosensory peg sensilla, lamella üzerindeki tip I uzun mekanosensory kıllar ve tip II kısa kemosensory kıllardır (Hjelle, 1990)

Pektin organ veya tarak organ olarak bilinen bu yapı, akreplere özgü bir organ olup duyu algılamada görev yapmaktadır. Akrepler bu organ bakımından eşeyssel dimorfizm göstermektedir ve dişlerde pektinal diş sayısı daha fazladır (Stockmann ve Ythier, 2010). İncelediğimiz bazı bireylerde peg sensilla yapısının deforme olduğu dikkatimizi çekmiştir. Akrepler yürürken toprağa bakacak şekilde pektin duyu organı kullanmaktadır. Bu sebeple ince bir yapıya sahip olan peg sensillanın bazı bireylerde deforme olmuş şekilde görülmesi beklenen bir durumdur.

Çalışmamıza konu olan *M. gibbosus*'da 22-23 adet sayılmıştır. Bu dişlerin taşıdıkları peg sensilla sayısı da daha fazladır. Fet ve Bronwell (1998) bir peg sensillumun uzunluğunun 2-10 mikrometre arasında değişiklik gösterdiğini ve peg sensillumun şeklinin türe bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir. Foelix ve Müller-Vorholt (1983) peg sensillumun uzunluğunun *Euscorpis italicus*'da 8 µm ve *Androctonus australis* türünde ise 2µm olarak belirtmişlerdir. Çalışmamızda, *M. gibbosus*'da peg sensillanın kısa olduğu ölçülmüştür ve bu sonuçlarda mevcut literatür bulguları ile uyumludur.

Çalıştığımız akrep türlerinin peg sensillası farklı bireyler üzerinden yakından incelendiğinde özellikle *M. gibbosus* türünde porlardan dışarı doğru uzantıları şeklinde olan peg sensillanın bazı bireylerde porlar içine gömülü olduğu gözlemlenmiştir. Bazı durumlarda por içine gömülü olması bize peg sensillaya hayvan ihtiyaç duymadığında içeri doğru seçebileceğini düşündürmüştür. Ancak literatürde bu konuda herhangi bir kayıta rastlanmamıştır.

Gaffin (2002) yaptığı çalışmada her bir peg sensillumun uç kısmında yarıklı şekilde bir pora sahip olduğunu belirtmiştir. Gerek SEM gerekse ışık mikroskopu bulgularımızda yarıklı şeklindeki bu porlar netlikle görülmüştür. Yapılan fizyolojik çalışmalara (Gaffin ve Brownell, 1997; Gaffin ve Walvoord, 2004; Mineo ve Claro, 2006; Kladt ve ark., 2007) göre peg sensilla kemoreseptör ve mekanoreseptör olarak iş gördüğü belirtilmektedir. Yaptığımız çalışma sonucunda peg sensillanın uç kısmındaki yarıklı benzeri açıklıklar bize diğer arachnidlerdeki kimyasallara duyarlı kıl yapısını hatırlatmıştır. Her ne kadar fizyolojik çalışma yapmamış olsak da yapı ve işlev arasındaki bağlantı nedeniyle peg sensillanın kimyasalları algılamada iş gördüğünü düşündürmektedir.

Akreplerin kütikülasının oldukça kalın ve karmaşık bir yapıya sahip olduğu; kalınlığının ise farklı vücut kısımlarında 10-100 µm arasında değiştiği bilinmektedir (Stockmann ve Ythier, 2010). Çalışmamız sırasında akreplerin farklı vücut kısımlarından kesit almayı

denediğimizde o kısımların oldukça sert dolayısıyla kalın bir kütikula tabakasına sahip olduğunu gözlemledik. Ancak tarak organlardan daha kolay kesit aldık ve kütikulanın diğer vücut kısımlarına göre nispeten daha ince olduğunu belirledik. Yaptığımız ölçümler sonucu pektinal dişlerin kütikula kalınlığının *M. gibbosus* türü bireyleri için ise yaklaşık 11 µm olduğunu gördük. Ayrıca kütikular yapı üzerinde küçük porlar ve farklı tiplerdeki kılların varlığı da dikkatimizi çekmiştir.

Bu çalışmada, ülkemizde yayılış gösteren iki akrep türünün besin ve eş bulmada etkili bir şekilde kullandığı bir duyu organı olan pektin yapısının morfolojisini ortaya koymaya çalışmıştır. Her ne kadar fizyolojik çalışmalar yapmış olmasak da yapı ve işlev arasında sıkı bir bağlantı olduğunu biliyoruz. Bu nedenle bu çalışma ileride yapılacak olan çalışmalara temel teşkil edeceği düşüncesindeyiz.

### Teşekkür

Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiş BAP-2009-36 nolu projenin bir kısmındır. Desteklerinden dolayı Kırıkkale Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ediyoruz.

### Kaynaklar

- Brownell P, Polis G. 2001. Scorpion Biology and Research, Oxford University Press, New York.
- Carthy JD. 1966. Fine structure and function of the sensory pegs on the scorpion pecten. *Experientia*, 22: 89–91.
- Dehesa-Davila M, Possani LD. 1994. Scorpionism and serotherapy in Mexico. *Toxicon*, 32: 1015 – 1018.
- Fet V, Brownell P. 1998. Morphological variation in the pectinal sensory organ in scorpion. XXI International Congress of Arachnology /22<sup>nd</sup> Annual Meeting of the American Arachnological Society (Chicago).
- Foelix RF, Muller-Vorholt G. 1983. Fine structure of scorpion sensory organs. II. Pecten sensilla. *Bulletin - British Arachnological Society*, 6(2):68-74.
- Gaffin DD. 2002. Electrophysiological analysis of synaptic interactions within peg sensilla of scorpion pectines. *Microscopy Research and Technique*, 58: 325-334.
- Gaffin DD, Brownell PH. 1997. Response properties of chemosensory peg sensilla on the pectines of scorpions. *Journal of Comparative Physiology A*, 181(3): 291–300.
- Gaffin DD, Walvoord ME. 2004. Scorpion peg sensilla: are they the same or are they different. *Euscorpius- Occasional Publications in Scorpiology*, No. 17.

- Hjelle JT, 1990. Anatomy and morphology. 9-63. In POLIS, G. A. (ed). The biology of scorpions. Stanford University Press, Stanford, 587 pp.
- Saric M, Tomic J. 2016. The first record of malformed pectines in genus *Euscorpius* (Scorpiones: Euscorpiidae). *Euscorpius — Occasional Publications in Scorpiology*, No. 221
- Stockmann R., Ythier E., Scorpions of the world. NAP Editions, 2010.
- Swoveland MC. 1978. External morphology of scorpion pectines. Master's thesis, California State University, San Francisco.
- Legros C, Martin-Eauclaire MF, Cattaert D. 1998. The myth of scorpion suicide: are scorpions insensitive to their own venom. *Journal of Experimental Biology*, 201 (18): 2625-36.
- Mineo MF, Claro KD. 2006. Mechanoreceptive function of pectines in the Brazilian yellow scorpion *Tityus serrulatus*: perception of substrate-borne vibrations and prey detection. *Acta ethologica*, 9(2): 79–85.
- Possani LD, Becerril B, Delepierre M, Tytgat J. 1999a. Scorpion toxins specific for Na<sup>+</sup> -channels. *European Journal Biochemistry*, 264: 287 – 300.
- Karataş A, Karataş A. 2002. *Mesobuthus eupeus* (C.L.Koch, 1839) (Scorpiones: Buthidae) in Turkey. Niğde Üniversitesi.
- Karataş A, Çolak M. 2005. Scorpions of Gaziantep Province, Turkey (Arachnida: Scorpiones). *Journal of Euscorpius*, 30: 1–7.
- Karataş A. 2005. *Mesobuthus caucasicus* (Nordmann, 1840) (Scorpiones: Buthidae) in Turkey. *Journal of Euscorpius*, 25: 1–7.
- Kladt, N, Wolf H, Heinzel HG. 2007. Mechanoreception by cuticular sensillae on the pectines of the scorpion *Pandinus cavimanus*. *Diplomarbeit*
- Özkan Ö, Kat I. 2003. *Mesobuthus eupeus* scorpionism in Şanlıurfa region of (Turkey). Refik Saydam Hygiene Center, Poison Research Center, Turkey.
- Polis GA. 1990. The Biology Of Scorpions, Stanford University Press, Stanford, CA, USA, 1990.
- Wolf H. 2007. The pectine organs of the scorpion, *Vaejovis spinigerus*: structure and central (glomerular) projections. *Arthropod Struct Develop* (in press). doi: dx.doi.org/10.1016/j.asd.2007.05.003.
- Yeşilyurt F. 2005. Anadolu'daki Bazı Akreplerin Sistematığı ve Biyolojisi (Arachnida: Scorpionida). Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Yücel DA. 2007. Türkiye'nin Çeşitli Bölgelerinde Bulunan Akrep Türlerinin Trichobothriumları Üzerine Çalışmalar. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Niğde.