



Argiope bruennichi (Scopoli, 1772) Spider's Web Structure and Morphology of the Spinneret

İlkay Çorak Öcal^{1,a,*}, Nazife Yiğit Kayhan^{2,b}, Ümmügülsüm Hanife Aktaş^{3,c}

¹Department of Biology, Faculty of Science, Çankırı Karatekin University, 18100 Uluşu/Çankırı, Turkey

²Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Kırıkkale University, 71450 Yahşihan/Kırıkkale, Turkey

³Department of Biology, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Kırıkkale University, 71450 Yahşihan/Kırıkkale, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Research Article</p> <p>Received: 12/11/2020 Accepted: 16/01/2021</p> <p>Keywords: Spider Web Spinning apparatus Spinneret Spigot</p>	<p>Spiders are one of the groups that best adapted to terrestrial life among invertebrates and are represented by approximately 48,000 species in the world. Although all spiders do not weave webs, the webs of spiders are literally a work of art. The main reason for spider web weaving is hunting. Some spider species live in the nature dependent on the own web, while others continue to live without being dependent on the own web. Although basic taxonomic features generally remain unchanged, some spider-silk weaving apparatus may undergo adaptive variations. In this study, the web structure of the weaving web spider, <i>Argiope bruennichi</i> (Scopoli, 1772) and the structural organization of the web weaving apparatus was observed by using scanning electron microscopy (SEM). The web structure of <i>A. bruennichi</i>, spinnerets especially posterior spinneret and arrangement of its spigots are shown and discussed in the light of the literature.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(3): 577-583, 2021

Argiope bruennichi (Scopoli, 1772) Örümceğinin Ağ Yapısı ve Örü Aygıtının Morfolojisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 12/11/2020 Kabul: 16/01/2021</p> <p>Anahtar Kelimeler: Örümcek Ağ Örü Aygıtı Örü Memeleri Spigot</p>	<p>Örümcekler, omurgasız hayvanlar içinde karasal hayata en iyi şekilde uyum sağlamış gruplardan birisidir ve dünya üzerinde yaklaşık 48.000 tür ile temsil edilmektedir. Her ne kadar bütün örümcekler ağ örmeseler de örümceklerin ağları tam anlamıyla bir sanat eseridir. Örümceklerin ağ örmesindeki başlıca sebep avlanmaktır. Doğadaki bazı örümcek türleri ağlara bağımlı olarak yaşarken bazıları ağlara bağımlı olmayarak yaşamlarını sürdürürler. Temel taksonomik özellikler genellikle değişmeden kalmasına rağmen, bazı örümceklerin ağ örme aygıtları adaptif varyasyonlara uğrayabilirler. Bu çalışmada, oldukça dikkat çekici ağ örücü bir örümcek olan <i>Argiope bruennichi</i>'nin (Scopoli, 1772) ağ yapısı ve ağ örü aygıtının yapısal organizasyonu, taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmiştir. <i>A. bruennichi</i>'nin ağ yapısı, örü memeleri özellikle posterior örü memeleri ve spigotların düzenlenmesi gösterilmiş ve elde edilen veriler literatür ışığında tartışılmıştır.</p>

^a corakilkay@yahoo.com

^b <https://orcid.org/0000-0003-1479-2697>

^c naz_yigit2@hotmail.com

^d <https://orcid.org/0000-0002-8731-3362>

^e glsmaktas_06@hotmail.com

^f <https://orcid.org/0000-0002-3317-0589>



Giriş

Örümcekler, hayvanlar aleminin Arthropoda şubesinin Arachnida sınıfı içinde Araneae takımına aittir. Örümcekler, dünya üzerinde 117 familya, 4.118 cins ve yaklaşık 48.000 tür ile temsil edilmektedir (World Spider Catalog, 2020). Omurgasız hayvanlar içinde böceklerden sonra karasal hayata en iyi şekilde uyum sağlamış canlılardır. Örümceklere tropikal ormanlar, deniz kıyıları, kanyonlar, çukurlar, göller, çöller, alpin bölgeler ve dağların zirveleri gibi çok farklı habitatlarda rastlamak mümkündür. Ayrıca örümceklerin büyük kısmı insanlarla aynı yaşam alanını paylaşmaktadır. Doğadaki bazı örümcek türleri ağlara bağımlı olarak yaşarken bazıları ağlara bağımlı olmayarak yaşamlarını sürdürürler. Bütün örümcek türleri karnivor olarak beslenirler. Örümceklerin bir kısmı avlarını yakalamak için tuzak ağlar kurar bir kısmı ise üzerlerine zıplayarak ya da kovalayarak avlarını yakalar (Foelix, 2011).

Örümceklerin ağları tam anlamıyla bir sanat eseridir. Fakat bütün örümcekler ağ örmezler. Örümceklerin ağ örmesindeki başlıca sebep avlanmaktır. Örümcek ağlarının sistematikte de ayrı bir önemi vardır. Çünkü örümcek türlerinin ağ yapıları ve örme şekli incelendiğinde türlerin kendine özgü ağ ördükleri görülmektedir. Ağlar bu öneminden dolayı da örümceklerin tür teşhisinde de kullanılabilirler. Ancak örümceklerin tümü bildiğimiz muntazam ağları örmeyp sadece üçte biri bu ağları örmektedirler. Ağ ören örümcek familyalarının başında Araneidae, Metidae, Tetragnathidae, Theridiidae, Theridiosomatidae, Agelenidae, Uloboridae yer almaktadır.

Ağın hammaddesi ipek, ağ bezlerinden salgılanan bir üründür. İpek salgısı, ağ örmede, yuva yapılmasında, kokon adı verilen ve yumurtaların içinde geliştiği yapının oluşturulmasında, sperm keselerinin yapımında ve bazı diğer işlemlerde kullanılır. Ağ bezleri, abdomenin iç kısmında, ventral yüzeye yakın ve ağ memelerine bağlı olarak bulunur. Her bir bez özellikle bir memeye bağlanmıştır. Ancak bir bez ikinci derecede diğer bir memeye de bağlı olabilir. Ağ bezleri morfolojik ve histolojik Ampulase (Ampulsü form) (Majör ve minör ampulsü bezler), Piriform (Armutsu form), Tubuliform (Tüpsü form), Aciniform (Üzümsü form), Flagelliform (Koronat, Taçsı form ya da kamçılı form), Agregat (Parçalı form) olmak üzere altıya ayrılır. Her bir bez kendine özgü karakterleri olan farklı türde bir ipek salgılar. Ayrıca her bir bezin salgıladığı ipek farklı amaçlar için kullanılır (Sutherland ve ark., 2010).

Örümceklerde birbirinden farklı ağ bezleri bulunduğu için farklı ipek ve ipliklerin oluşumunu sağlarlar. Bütün ipek iplikler proteinimsi yapıdadır ve fibroin şeklindedir. Ağ bezlerinin içerisinde sıvı halde bulunan madde dışarıya çıktığında katılaşır. Katı haldeki ipeğin molekül ağırlığı sıvı haldekenden 10 kat daha yüksektir. Sıvı ipek böylece katılaşırken çok elastiki ve direnci yüksek bir durum alır. Araştırmalar, ağ maddesinin aminoasit dağılımının ağın değişik kısımlarında farklı olduğunu, kokon veya boru şeklindeki barınak iç döşemelerinde kullanılan ipeğin farklı aminoasitler içerdiğini göstermiştir (Pechmann ve ark., 2010). Örneğin; Bahçe örümceği olan *Araneus diadematus*'un ağında %20 glisin varken ağın çerçeve kısmında glisin oranı %24, kokonlarındaki glisin oranı

%12 ve iplikler üzerindeki yapışkan disklerde ise bu oran %25'tir (Foelix, 2011). Ağ örücü örümceklerden *Nephila*'nın fibrillerinin molekül ağırlığı 30.000 Dalton olarak belirlenmiştir. Katı haldeki ipeğin molekül ağırlığı 200.000 veya 300.000 Da gibi yani sıvı haldekenden 10 kat daha yüksektir.

Yapılan gen klonlanması çalışmaları ağ ipliklerinin, protein dizisi ve yapısal özellikleri arasında açık bir bağlantı ortaya çıkarmıştır. Fibroinler örümceğin ana ampullat bezinde üretilir, 8-10 amino asit uzunluğunda bir poli-alanin bloğu ve 24-35 amino asit uzunluğunda glisin bakımından zengin bir blok içeren çok sayıda tekrar motifi içerir. Fibroinler fiberlere dönüştüğünde, poli-alanin blokları β -tabaka kristalleri oluşturur, bu şekilde çapraz bağlanan fibroinler polimer ağ yapısına büyük bir sertlik, mukavemet ve tokluk kazandırır. Yapılan çalışmalar, fibroin dizisindeki varyasyonların ve örümcek türleri arasında değişen özellikleri bu olağanüstü biyomateryallerin tasarımını araştırma fırsatı sağlamıştır (Gasline ve ark., 1999). Biyomalzemeler arasında örümcek ipeği, benzersiz bir mukavemet ve dayanıklılık kombinasyonu, mühendislik malzemeleri için bir model oluşturmuştur. Örümcek ipliğinin gerilim testi, enine sıkıştırma ve bir mikro test ekipmanı ile de burulma deformasyonu testleri yapılmıştır. Bu test sonuçları, gerilimde ve enine sıkıştırmada en son teknolojiye sahip liflerden önemli ölçüde daha yüksek dayanıklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Örümcek ipeği ile yapılan sonlu eleman analizi deney sonuçlarına dayanarak, örümcek ağının statik ve dinamik özelliklerini kullanarak yeni malzemelerin mekanik performansı ve tasarımı için model teşkil edebileceği düşünülmektedir (Ko ve Jovicic, 2004).

Ağlar ve örü memeleri örümceklerin en belirgin özellikleri olup onları tanımlar. Örümcek ipek bezleri üzerine yapılan çalışmalar Kovoor (1977) tarafından derlenmiştir. Özellikle örü memelerinin morfolojileri hakkında ilginç verilerle dolu çalışmalar (Kovoor 1972; 1977a; 1977c; 1988; Kovoor ve Lopez 1982; Kovoor ve Peters, 1988) bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalardan tatmin edici veriler sağlanmamaktadır. Bunun birkaç sebebi vardır. İpek bezlerine dair histolojik bulguların yorumlanmasındaki eksiklikler bunların başında gelmektedir. Detaylı bir histolojik çalışmanın çok zaman alması ve bir takson içindeki örümcek tür çeşitliliğinin fazla olması bu konuda araştırmacıları zorlamaktadır (Coddington, 1989).

Bu çalışmada, *Argiope bruennichi*'nin (Scopoli, 1772) ağ yapısı ve ağ örü aygıtının yapısal organizasyonu ve morfolojisi taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmiş ve elde edilen veriler literatür ışığında tartışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Örümceklerin Toplanması, Teşhisi ve Bakımı

Bu çalışmada, kullanılan örnekler 2017 yılının Temmuz ve Ağustos aylarında, Ankara'nın Kalecik ilçesinden toplandı. Toplama işlemi genellikle günün erken saatlerinde gerçekleştirildi. Örnekler yere yakın tek yıllık bitkilerin dalları arasından toplandı. Yakalama işlemi,

küçük yakalama kapları yardımıyla, örümcekler korkutulmadan ağ üzerinde alınarak yapıldı. Bu işlemler yapılırken doğaya ve çevreye zarar vermemeye gayret edildi. Toplanan dişi ve erkek örümcekler, laboratuvara getirilerek öncelikle tür teşhisi yapıldı. Toplanan örümceklerin tür teşhisi Kırıkkale Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Tarık Danışman tarafından yapıldı.

Teşhisi yapılan örümcekler deney gününe kadar yaşatılmak ve ağ yapmaları için, laboratuvar şartlarında özel hazırlanan ortamlara alındı. Örümceklerin yaşam şartları dikkate alınarak, toprak, çalı ve otlar yardımıyla küçük bireysel terrariumlar hazırlandı. Besin olarak belli zaman aralıklarında yine laboratuvarında canlı yem olarak kültürünü yaptığımız un kurtlarından bir birkaç tane verildi. Su ve nem ihtiyaçları için kuruyan ot ve yapraklar değiştirilerek zaman zaman da su spreyi ile nemlendirildi.

Ağ Materyallerinin SEM İçin Hazırlanması

Makroskobik olarak görüntülenen ağlardan, SEM için özellikle hiçbir işlem yapılmadan, kuru olarak ağ örnekleri alındı. Bunun için bakır ya da alüminyumdan yapılmış staplar üzerine çift taraflı yapışkan karbon bantlar yapıştırıldı ve ağ örnekleri doğrudan staba yapıştırılarak alındı. Bu şekilde hazırlanan ağ örnekleri taramalı elektron mikroskopta incelemek için Polaron SC-500 model kaplama cihazı kullanılarak 1,8 kV ve 6 mA' de 2-3 dk altın kullanılarak kaplama yapıldı. Bu şekilde hazırlana ağ örnekleri, Jeol JSM-560 SEM ile incelendi ve görüntüler doğrudan bilgisayar ortamına kaydedilerek elektronmikrograflar elde edildi.

A. bruennichi Örü Aparatlarının Stereo Mikroskopla Görüntülenmesi

Ağları çalışılan örümceklerin örü aparatları stereo mikroskop altında incelendi. Bunun için, %70'lik alkoller içerisinde muhafaza edilen örümcekler kullanıldı. Örümcekler, içinde cam boncuklar bulunan küçük petri kapaklarında alkole gömülen örümceklerin öncelikle dorsal ve ventral görüntüleri, daha sonrada örü aparatının bulunduğu abdomenin son kısmı yukarı gelecek şekilde pozisyon verilerek Leica 58 Apo Marka stereo ışık mikroskobuna bağlı Leica DC 160 fotoğraf ataçmanı kullanılarak görüntülendi.

A. bruennichi Örü Aparatlarının SEM İçin Hazırlanması

Çalışmada kullandığımız, %70'lik alkoller içerisinde muhafaza edilen örümcek örneklerinin örü aparatlarını taşıyan abdomenin son kısmı stereo mikroskop altında kesildi ve dehidrasyon için dereceli etanol serilerinden geçirildi. Dehidrasyon işleminden sonra kurutma havada kurutma işlemi yapıldı. SEM'de incelenecek olan abdomen parçaları en uygun pozisyonda karbon bantlar kullanılarak alüminyum staplar üzerine monte edildi. Örnekler, Polaron SC-500 model kaplama cihazı kullanılarak 1,8 kV ve 6 mA' de 2-3 dk altın ile kaplandı. İncelemeler Jeol JSM-5600 SEM ile yapıldı ve görüntüler doğrudan bilgisayar ortamına kaydedilerek elektromikrograflar elde edildi.

A. bruennichi'nin Ağ Üzerindeki Görüntüleri

Yaptığımız arazi çalışmalarında, *A.bruennichi* türü örümceklere yere yakın tek yıllık bitkilerin dalları arasında

ördükleri yatay geniş şeklindeki ağlar üzerinde rastlandı. Örümceğin, ağın merkezine çok yakın bir yerinde, ventral kısmı aşağı dönük olarak beklediği görüldü. Yaklaşık olarak 30cm çapında merkezden geçen tek ışına sahip olup art arda bir birine ters açılar yaparak tekerlek şeklinde ağ gördükleri görüldü (Şekil 1).

A. bruennichi'nin opisthosoması üzerinde sarı beyaz ya da krem renginde üzerinde siyah işaretler bulunur. Sarı-beyaz renkteki karapaks üzerinde siyah işaretler bulunur, beyaz, ince ve ipeksi kıllarla her tarafı örtülüdür (Şekil 2).



Şekil 1. *A. bruennichi*'nin ağ üzerindeki görüntüsü.
Figure 1. Image of *A. bruennichi* on the web

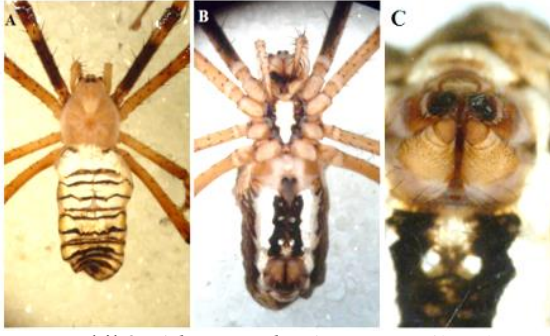


Şekil 2. *A.bruennichi*'nin ağ üzerinde dorsal görüntüsü.

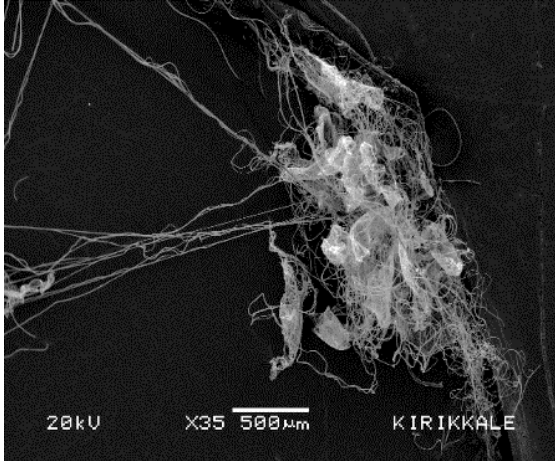
Figure 2. Dorsal view of *A.bruennichi* on the web

A. bruennichi'nin Steromikroskop Görüntüleri

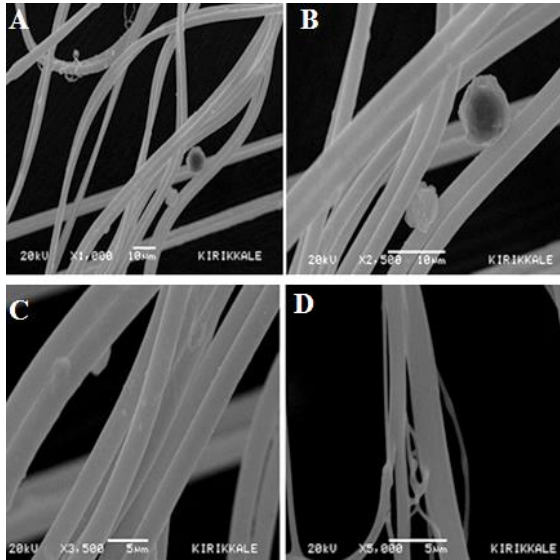
A.bruennichi'ye dorsalden bakıldığında beyaz üzerinde siyah çizgiler görülür (Şekil 3A). Dişiler ortalama 11-15mm, erkekler 4-4,5 mm kadar bir büyüklüğe sahiptir. Sternum siyah renkte, ortasında dikkat çeken beyaz ve parlak bir bant bulunur (Şekil 3B). Ventralde dikdörtgen şeklindeki siyah bant epigastrik yarıktan örü memelerine doğru uzanır. Örü aparatının, bir çift anterior ve bir çift posterior örü memesi olmak üzere 2 çifti gözlenirken median örü memeleri gözlenemedi (Şekil 3C).



Şekil 3. *A. bruennichi*'nin stereo mikroskop görüntüleri; A.Dorsal, B.Ventral, C. Örü memeleri
Figure 3. Stereo microscope images of *A. bruennichi*;
A. Dorsal, B.Ventral, C. Spinneret



Şekil 4. *A. bruennichi*'nin SEM'deki genel görüntüsü.
Figure 4. General view of *A. bruennichi* in SEM



Şekil 5. *A. bruennichi*'nin ait ipek fibrilleri.
Figure 5. Silk fibrils of *A. bruennichi*

A. bruennichi'nin Ağ ve Örü Aygıtının SEM Görüntüleri

A. bruennichi'nin ağının ve örü memelerinin detaylı morfolojik incelemesi taramalı elektron mikroskop (SEM) kullanılarak gerçekleştirildi. Ağdan alınan bir parça doğrudan SEM'de incelendiğinde küçük büyültmelerde ağ yapısının belli bölgelerde oldukça yoğun ve karmaşık bir yapıya sahip olduğu görüldü (Şekil 4). Çıplak gözle

yapılan gözlemlerde oldukça homojen görünen ağın ne denli karmaşık bir iplik dizilimi olduğu SEM ile kolaylıkla anlaşılmaktadır. Daha yüksek büyütmede ağ yapısı incelendiğinde, hemen hemen aynı kalınlıkta ipek fibrillerinin olduğu görüldü (Şekil 5).

A. bruennichi ağının yoğun olan kısmı daha detaylı incelendiğinde, kalın ipek fibrilleri arasında daha ince ağ fibrilleri görüldü. İnce ağ fibrilleri daha yüksek büyütmede incelendiğinde balık ağı görüntüsüne sahip olduğu gözlemlendi (Şekil 6)

A. bruennichi'n ağ yapısının farklı bir kısmında ise ipek fibrillerinin üzerinde oval şeklinde düzgün aralıklarla sıralanmış yapılar ya da damlalar ayırt edildi (Şekil 7). Bu yapıların literatürde belirtilen yapışkan madde olabileceği düşüldü.

A. bruennichi'n örü memeleri bulunduğu abdomenin son kısmı SEM'de incelendiğinde, abdomenin genelinde olduğu gibi yoğun bir şekilde kıllarla kaplı olduğu ve bu kısmın preparasyon esnasında fazla miktarda büzüştüğü gözlemlendi. Bu nedenle örü memelerinden sadece anterior çifti ve üzerindeki yapılar incelendi (Şekil 8A,B).

Anterior örü memelerinin distal kısımları incelendiğinde, örü alanlarının karşılıklı kısımlarında birer adet büyük spigot ve etrafından boş bir alan, bu alanın etrafında ise ince uzun çok sayıda örü tüpleri gözlemlendi (Şekil 9). Daha yüksek büyütmede bu spigotlar incelendiğinde, genel mimariye uygun olarak bazal ve terminal segmentlerden oluştuğu görüldü (Şekil 10).

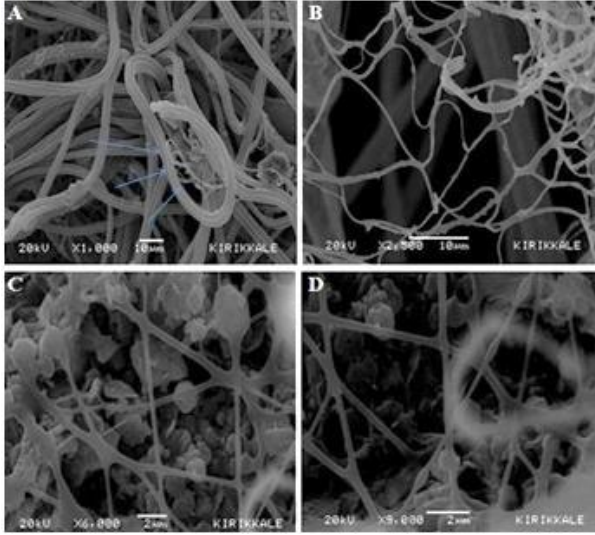
Tartışma ve Sonuç

Örümcekler ürettikleri ipek ağlar sayesinde kolaylıkla tanımlarlar. Aslında ipek üretimi yüz milyonlarca yıldır çok sayıda eklem bacaklı tarafından gerçekleştirilmektedir. İnsanlar ipek ipliklerini binlerce yıldır tekstilden yara pansumanlarına, askeri kullanımlara kadar her türlü uygulamalar için kullanmışlardır. Kullanılan bu ipeklerin ana kaynağı ipekböceği olan *Bombyx mori*'dir. Çünkü çiftliklerde üretimi kolaydır (yaklaşık 5.000 yıl önce Çin'de başlamıştır). Örümceklerin ipekleri ise kolaylıkla elde edilemediği için ekonomik kullanımı çok yaygın olmasa da tekerlek şeklinde ağ ören örümceklerin ağları (Araneidae), seçkin mekanik ve biyomedikal özelliklerinden dolayı bazı uygulamalar için kullanılmıştır.

Örümcek ağları, birkaç santimetreden birkaç metreye kadar değişen ağ çapları ile tüm dünyada bulunabilir. Son zamanlarda Madagaskar'daki bazı örümceklerin, nehirler boyunca uzanan yaklaşık 25 m'lik uzunluğa sahip ağlar ördükleri keşfedilmiştir (Agnarsson, 2010).

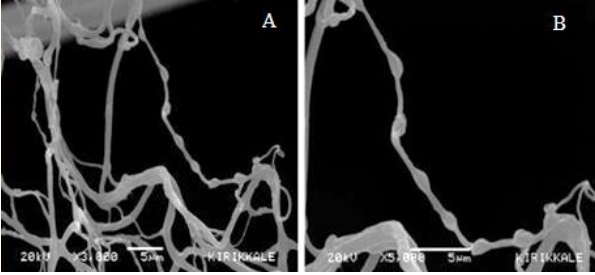
Argiope bruennichi türlerinin gün boyunca ördükleri ağlarda dinlenebildiği görülmüştür. Bu ağlar örümcekler tarafından barınak, avları için tuzak ve dişi tarafından üretilen yumurtaları korumak için de kullanıldığı gözlemlenmiştir. Ağların kullanımı ile ilgili veriler ile bizim bulgularımız örtüşmektedir (Jocqué ve Dippenaar-Schoeman, 2006).

Örümcek ipek üretme aygıtının fonksiyonel morfolojisi, örü memelerinin modifikasyonlarını, örme tüplerinin (spigotların) sayısını ve morfolojisini ve de ipek bezlerinin anatomik özelliklerini içermektedir (Peters, 1987; Shear, 1994). Bu nedenle, tüm ipek örme alanları, çeşitli tiplerde ve kalınlıktaki ipeklerin çıkartıldığı çeşitli spigotlar ile donatılmıştır.



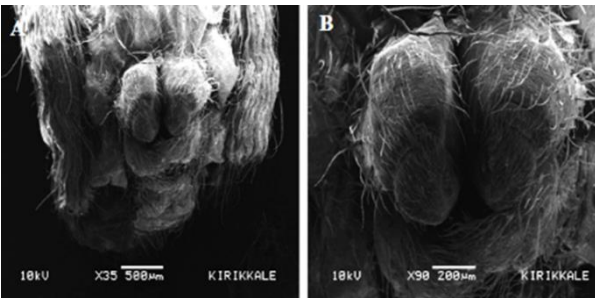
Şekil 6. *A.bruennichi*'nin ait ipek fibrilleri; A. Kalın fibriller, B. Kalın fibriller arasındaki ince balık ağı şeklindeki ağ yapısı, C,D. Daha yüksek büyütmelelerde balık ağı benzeri ağ yapısı.

Figure 6. Silk fibrils of *A.bruennichi*; A. Thick fibrils, B. A fine fish web structure between thick fibrils, C,D. Fish web-like web structure at higher magnifications.



Şekil 7. *A.bruennichi*'nin ince iplik fibrilleri üzerine düzgün aralıklarla sıralanmış oval yapılar.

Figure 7. Oval structures arranged at regular intervals on fine yarn fibers of *A.bruennichi*



Şekil 8 *A.bruennichi*'nin örü memelerine ait SEM görüntüleri A.Genel görüntü, B. Anterior örü meme çifti
Figure 8 The SEM views of spinneret of *A.bruennichi*. A. The general view, B. The pairs of anterior of spinnerets.

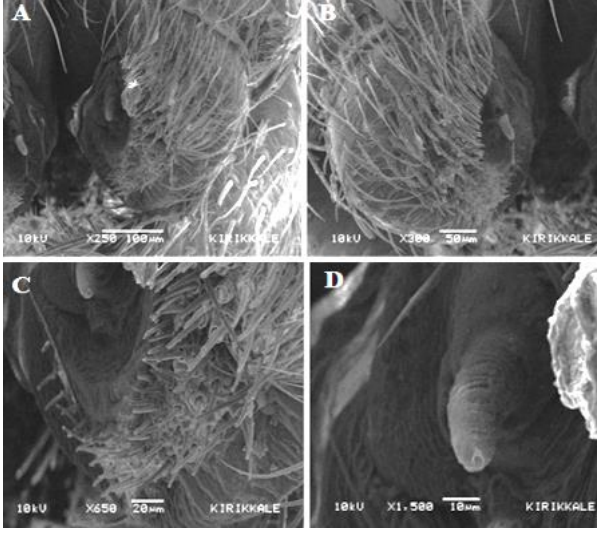
Tekerlek şeklinde ağ ören örümcekler en az yedi farklı ipek üretirken (Kovoor, 1987; Peters ve Kovoor, 1991), örme aygıtlarındaki varyasyonlar çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Mikulska, 1967; Tillinghast ve Townley, 1987; Kovoor, 1987; Peters ve Kovoor, 1991; Moon ve ark., 1998; Eberhard 2010). Bunun sonucunda, ergin dişilerde spigotların yedi kategorisi; majör ve minör ampullatlar, tubuliformler, agregatlar, flagelliformlar, piriformlar ve asiniformlar olarak tespit edilmiştir.

Majör ampullate spigotlar ve piriform spigotlar anterior örü memeleri ile, bir minör ampullat, asiniform ve tubuliform spigotlar, medyan örü memeleri ile ve iki çift agregat spigotu içeren geri kalan asiniform ve tubuliform spigotlar ve bir çift flajiform spigotlar posterior örü memeleri ile ilişkilidir (Tillinghast ve Townley, 1987; Peters ve Kovoor, 1991).

Argiope bruennichi'nin örü memesinin morfolojik özelliklerinin daha önce bildirilen diğer örümceklerinkine benzer modelde olduğu görüldü. En az iki farklı tip spigot düşük büyütmele de bile ayırt edilmiştir. Bunlardan birkaçı büyük boyutlu spigotlar ve çok sayıda küçük spigotlardı. Bu iki tip spigot her ne kadar büyüklük bakımından farklı olsa da her iki tip de bazal ve terminal segmentten oluşmuştur. Sekiguchi (1955) tarafından önerilen sınıflandırma sistemine göre, spigotlar ampullate, tubuliform, flagelliform ve agregat ipek bezlerin açıldığı spigotlar, piriformlar ve asiniformlar bezlerle bağlantılı olan daha küçük spigotlardır. Bu veriler ışığında, çalışmamızda gözlemlediğimiz büyük spigotların ampulsü, tubuliform ve agregat bezlerle ilişkili olduğunu, daha ince kıl benzeri olan spigotların ise piriform ve asiniform bezlerle ilişkili olabileceği düşünülmüştür.

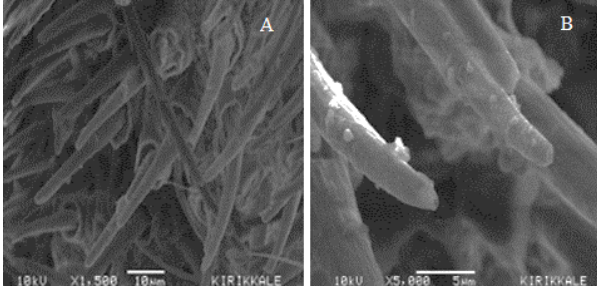
Örümcekler ve çevreleri arasındaki etkileşimlerin ipekten yapılmış ağ aracılığı ile olduğu için (Peters, 1987), ipek örü aygıtının morfolojik özelliklerini evrimsel süreçte kazanmışlardır. Araneidae ailesine ait örümcekler, ağ örme için iki çeşit ampullate bezden ipek kullanırlar (Peters, 1987; Tillinghast ve Townley, 1987; Coddington, 1989) ve her biri farklı tipte ipek malzemeleri üretir (Blackledge ve Hayashi, 1981). Her ne kadar ampullate ipek bezleri majör ve minör ampullate ipek bezlerine ayrılırsalar da (Kovoor, 1987; Kovoor ve Peters, 1988; Townley ve Tillinghast, 2003), Lycosidae dahil olmak üzere diğer bazı örümceklerde bu ampullate bezler arasındaki histokimyasal farklılıklar, kolayca görülmez (Richter, 1970; Kovoor, 1987). Bu nedenle, bu tür taksonlarda ampullate bezlerin iki farklı tipinin tanınmasının geçerliliği sorgulanmaktadır (Townley ve Tillinghast, 2003). Bununla birlikte, anterior örü memelerine herhangi bir kanalla bağlı ampullate bezler majör ampullate bezler olarak adlandırılır (Platnick ve ark., 1991), ve posterior örü memelerine kanallarla bağlı olan ampullate bezler ise minör ampullate bezler olarak adlandırılır (Townley ve Tillinghast 2003). Çalışmamızda *A. bruennichi*'nin örü bezleri çalışılmadığı için, ipek bezleri ve örü memeleri ve de spigotlar arasında ilişki belirlenmemiştir.

Örümceklerin av yakalama davranışlarına ilişkin gözlemler, bazı örümceklerin avlarını yakalamak için ana stratejisinin ağlarının yapışkanlığına dayanmadığını göstermiştir. Gezici örümcekler, avlanma yeteneklerini kullanarak avlarını her zaman yakaladıkları için yakalama iplikleri oluşturmadıkları için, yakalama ipi üreten bezlerinin evrimleşmeleri sırasında gelişmemiş olması kolayca tahmin edilebilir (Vollrath, 1992). Bu veriler ışığında *A. bruennichi*'nin ağ örücü bir örümcek olduğu ve avlanmada ağını etkili bir şekilde kullandığı için SEM'de ağın ipek fibrilleri üzerindeki oval damlaların yapışkan madde olma ihtimalini güçlendirmektedir. Böylece bir örümceğin avlanma davranışlarının anlaşılmasında, ağ yapısının mimarisinin, üretilen yapışkan maddelerin ve yakalama ipliklerinin bulunup bulunmaması önemli ipuçları vermektedir.



Şekil 9. Anterior örü memelerinin distal kısmı, örü alanlarındaki ampulsü tipdeki spigot.

Figure 9. The distal part of anterior spinnerets, ampulate type spigot in weaving areas.



Şekil 10. *A.bruennichi*'nin daha yüksek büyütmede ki piriform tipdeki spigot görüntüsü .

Figure 10. The view of pyriform type spigot of *A.bruennichi* at the higher magnification

Yukarıda da bahsedildiği gibi, örümcek tarafından üretilen ağ ipekleri etkileyici biyopolimerlerdir. Milyonlarca yıl insanlığın dikkatini çekmiştir ve bazı sırlarının çözümü konusunda son on yılda ilerleme kaydedilmiştir. Bununla birlikte, özellikle protein yapısında olduğu bilinen ağ ipeklerinin çözünürlüğü, depolanması ve birleştirilmesiyle, liflerin oluşturulması ile ilgili bazı sorular hala cevapsizdir. Biyoteknolojik olarak, rekombinant örümcek ipliğinin daha büyük ölçeklerde üretilmesi, örümcek ipeği araştırmalarında bir dönüm noktasıdır, çünkü araştırmaların bu tür soruları yanıtlaması ancak bu sayede mümkün olacaktır. Ayrıca, rekombinant örümcek ipek proteinleri, çeşitli teknik ve biyomedikal uygulamalarda büyük potansiyeli olan birçok farklı morfolojiye ve şekle dönüştürülebilir. Çalışmamızda birçok sırrı hale çözülmemiş olan örümcek ağları ve onların ağ ipeklerini örmek için kullandıkları yapılar kısmen aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Ümmügülsüm Hanife Aktaş'ın Yüksek Lisans (Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü) tezinin bir parçasıdır.

Kaynaklar

- Agnarsson I, Kuntner M, Blackledge TA. 2010 Bioprospecting Finds the Toughest Biological Material: Extraordinary Silk from a Giant Riverine Orb Spider. PLoS One, 5(9): e11234.
- Coddington JA. 1989. Spinneret silk spigot morphology: evidence for the monophyly of orbweaving spiders, Cyrtophorinae (Araneidae), and the group Theridiidae plus Nesticidae. Journal of Arachnology, 17: 71–95.
- Eberhard WG. 2010. Possible functional significance of spigot placement on the spinnerets of spiders. Journal of Arachnology, 38: 407–414.
- Foelix R. 2011. Biology of Spiders, Third Edition, Oxford University Press, 419 pp.
- Gasline JM, Guerette PA, Ortlepp CS, Savage KN. 1999. The Mechanical Design of Spider Silks: From Fibroin Sequence to Mechanical Function. The Journal of Experimental Biology, 202, 3295–3303.
- Jocquer R, Dippenaar-Schoeman AS. 2006. Spider families of the world. Royal Museum for Central Africa, Tervueren: 336 pp.
- Ko FK, Jovicic J. 2004. Modeling of Mechanical Properties and Structural Design of Spider Web. Biomacromolecules, 5: 780-785.
- Kovoor J. 1987. Comparative structure and histochemistry of silk-producing organs in Arachnids. In: Nentwig, W. (ed.), Ecobiology of Spiders. Springer-Verlag, Berlin, pp. 159-186.
- Kovoor J. 1972. Etude histochimique et cytologique des glandes sericigenes de quelques Argioidae. Ann. Sci. nat. Zool, 14,1-40.
- Kovoor J. 1977. La soie et les glandes seticigenes des Arachnides. Ann. Biol. 16.97-141.
- Kovoor J. 1977a. Donnees histochimiques sur les glandes sericigenes de la veuve noire Latrodectus mactans Fabr. (Araneae: Theridiidae). Ann. Sci. nat. Zool, 19.63-87.
- Kovoor J. 1977b. La soie et les glandes sericigenes des Arachnides. Ann. Biol, 16.97-171.
- Kovoor J. 1977c. L'appareil sericigene dans le genre Uloborus Latr. (Araneae: Uloboridae). Rev. Arachnol., 1:89-102.
- Kovoor J, Lopez A. 1982. Anatomie et histologie des glandes sericigenes des Cyrtophora (Araneae, Araneidae): affinites et correlations avec la structure et la composition de la toile. Revue Arachnol, 4: 1-21.
- Kovoor J, Peters HM. 1988. The spinning apparatus of *Polonecia producta* (Araneae, Uloboridae): structure and histochemistry. Zoomorphology, 108: 47–59.
- Mikulska I. 1967. The external spinning structures on the Thelae of the spider *Argiope aurantia* Lucas. Zoologica Poloniae, 17: 357–365.
- Moon MJ, Townley MA, Tillinghast EK. 1998. Fine structural analysis of secretory silk production in the black widow spider, *Latrodectus mactans*. Korean Journal of Biological Sciences, 2: 145–152.
- Pechmann M, Khadjeh S, Sprenger F, Prpic NM. 2010. Patterning mechanisms and morphological diversity of spider appendages and their importance for spider evolution. Arthropod Struct. Dev, 39.453–67.
- Peters HM. 1987. Fine structure and function of capture threads. In: Nentwig W (ed.) Ecophysiology of Spiders, pp. 187–202. Springer-Verlag, Berlin.
- Peters HM, Kovoor J. 1991. The silk-producing system of (Araneae: Linyphiidae) and some comparisons with Araneidae: structure, histochemistry and function. Zoomorphology 111: 1–17.
- Sekiguchi K. 1955. The spinning organs in sub-adult geometric spiders and their changes accompanying the last moulting. Science Reports of the Tokyo Kyoiku Daigaku Section B 8: 33–40.
- Shear WA. 1994. Untangling the evolution of the web. American Scientist 82: 256–266.

- Sutherland TD, Young JH, Weisma S, Hayashi CY, Merritt DJ. 2010. Insect silk: One name, many materials. *Annu. Rev. Entomol*, 55: 171-188.
- Tillinghast EK, Townley MA. 1987. Chemistry, physical properties, and synthesis of Araneidae orb webs. In: Nentwig W (ed.) *Ecophysiology of Spiders*, pp. 203–210. Springer-Verlag, Berlin.
- Vollrath F. 1999. Biology of spider silk. *Int. J. Biol. Macromol*, 24: 81-88..
- World Spider Catalog. Version 19.5. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on {date of access}. doi: 10.244