

## Eğirdir Gölü'nde Yaşayan Sudak Balığı (*Sander Lucioperca*) Solungaçlarının Histokimyasal Yapısı

Seval KELEK<sup>1\*</sup>, Kenan ÇINAR

Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü/ ISPARTA

Alınış Tarihi:04.06.2011, Kabul Tarihi:25.10.2011

**Özet:** Bu çalışmada Eğirdir Gölü'nün fizikokimyasal ve ağır metal oranları verilerek bu gölde yaşayan Sudak balığı (*Sander lucioperca*) solungaçlarının glikokonjugat özelliklerinin belirlenmesi amaçlandı. Solungacın bütün bölgelerinde bulunan mukus hücrelerinin nötral, sülfatlı asidik, asidik ve siyalik asitli glikokonjugatlara orta şiddette reaksiyon gösterdiği belirlendi. O-sülfat esterli glikokonjugatların solungaçlarda bulunan mukus hücrelerinde bulunmadığı belirlendi. Solungaçlarda nötral ve asidik glikokonjugatları eşit miktarda içeren mukus hücrelerinin sayısının diğer glikokonjugatları içeren hücrelere göre daha fazla olduğu saptandı.

**Anahtar Kelimeler:** Histokimya, *Sander lucioperca*, Solungaç

## The Histochemical Structure of Gills of Sander Fish (*Sander Lucioperca*) Living in Eğirdir Lake

**Abstract:** In this study, it was aimed to determine that glycoconjugates features of gills of sander fish (*Sander lucioperca*) living these lake as physicochemical properties and heavy metal effects on rates of Eğirdir Lake. It was determined that Neutral, sulfated acidic, acidic and sialic acid glycoconjugates were showed medium reaction in mucus cells in all regions of the gill. O-sulphated ester glycoconjugate the absence of mucus cells in gills were determined. Containing an equal amount of neutral and acidic glycoconjugates of mucous cells in gills were found to be higher than other glycoconjugates.

**Keywords:** Histochemistry, *Sander lucioperca*, Gill

### Giriş

Balıklarda solungaçlar hava ile kan arasında gaz değişimini sağlayan yapılardır (Geldiay ve Balık, 1999; Sarihan ve Cengizler, 2006). Solungaç epitelinde glikokonjugat içeriklerinin belirlenmesine yönelik hücrelerden olan mukus hücreleri lameller arasındaki filament epitelinde bulunurlar (Arellano vd., 2004). Mukus hücreleri aynı zamanda sitoplazmik granüllerdeki glikoproteinlerin karbohidrat içeriğinden dolayı farklı kimyasal özelliklere sahiptir. Mukus lubrikasyon, solunum ve patojen mikroorganizmalara karşı korumada fiziksel olarak rol oynar. Ayrıca mukus örtü osmoregulasyon, difüzyon ve dehidrasyon için koruma gibi önemli fonksiyonlara da sahiptir (Laurent ve Perry, 1990).

Solungaç epitelinde yerleşen mukus üreten hücrelerin sayısının, bakteriyel solungaç hastalığı (Ferguson vd., 1992), amöbik solungaç hastalığı (Roberts ve Powell, 2003), yüksek amonyak konsantrasyonu (Hilary vd., 2003), tuzluluk (Bordas vd., 2003), asidite (Ledy vd., 2003), yüksek basınç ve düşük sıcaklık (Dunel vd., 1996) gibi farklı durumlarda artış gösterdiği bildirilmiştir.

Balıkların solungaçlarının histokimyasal yapısını belirlemek üzere yapılan klasik (Arellano vd., 2004; Diaz vd., 2004; Calabro vd., 2005; Çınar vd., 2008; Çınar vd., 2009; Diler ve Çınar, 2009a,b) histokimya çalışmaları sonucunda mukusun bileşeni olan münlerin karakterleri bildirilmiştir.

Bu çalışmada Eğirdir Gölü'nün fizikokimyasal ve ağır metal oranları verilerek bu gölde yaşayan Sudak balığı (*Sander lucioperca*) solungaçlarının glikokonjugat özelliklerinin belirlenmesi amaçlandı.

### Materyal ve Metot

Bu çalışmada materyal olarak Eğirdir Gölü'nden temin edilen 5 adet erişkin (+2) sudak balığına (*Sander lucioperca*) ait solungaçlar kullanıldı. Alınan materyal 24 saat süreyle %10' luk formaldehit solusyonunda tespit edildi. Yıkama işlemini takiben rutin histolojik doku takibinden geçirilen örnekler daha sonra parafinde bloklandı. Parafin bloklardan 6–7µm kalınlığında alınan kesitlere aşağıdaki metotlar uygulandı. Genel histolojik yapının belirlenmesi için Hematoksilen-Eosin (Culling vd., 1976) boyama yöntemi uygulandı. Çalışılan bölgelerin glikokonjugat özelliklerinin belirlenmesi için, aşağıda belirtilen boyama yöntemleri uygulandı:

1. Nötral glikokonjugatların belirlenmesinde Periyodik asit-Shiff (PAS) metodu (McManus, 1948),
2. Nötral ve asidik glikokonjugat kompozisyonunun karşılaştırılmasında PAS/Alcian blue (AB) pH 2.5 metodu (Mowry, 1956),
3. Güçlü sülfatlı glikokonjugatların belirlenmesinde AB pH 0.5 metodu (Lev ve Spicer, 1964),
4. O- sülfat esterli glikokonjugatların belirlenmesinde AB pH 1.0 metodu (Lev ve Spicer, 1964),
5. Asidik glikokonjugatların belirlenmesinde AB pH 2.5 metodu (Lev ve Spicer, 1964),
6. Sülfatlı asidik glikokonjugatların belirlenmesinde Aldehit Fuksin (AF) metodu (Gomari, 1952),
7. Sülfatlı ve asidik glikokonjugat kompozisyonunun karşılaştırılmasında AF/AB pH 2.5 metodu (Spicer ve Mayer, 1960),
8. Siyalik asitli glikokonjugatların belirlenmesinde KOH/PAS metodu (Culling vd., 1976),

9. Sülfatlı glikokonjugatların belirlenmesinde Metilasyon/KOH/AB pH 2.5 metodu (Spicer, 1960) ve
10. Karboksilli glikokonjugatların belirlenmesinde Metilasyon/KOH/AB pH 2.5 metodu (Spicer ve Lillie, 1959) uygulandı.

Hazırlanan preparatlar Olympus CX 41 tipi ışık mikroskopunda incelenerek ilgili kısımlardan fotoğraf çekimi yapıldı.

Kirlilik derecesinin tayini için materyal alımı esnasında balıkların temin edildiği bölgeden alınan su örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları Devlet Su İşleri (DSİ) ve ağır metal analizleri Proaktif su A.Ş.' den temin edildi.

## Bulgular

Materyal alımı esnasında Eğirdir Gölü'nden alınan su örneklerinin analiz sonuçları Tablo 1 ve ağır metal analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Alınan su numunelerine ait analiz sonuçları

SİMGE	BİRİM	PARAMETRELER	EĞİRDİR GÖLÜ
T	°C	Sıcaklık	18,4
pH	/N	/N	8
EC	Mohm/cm	Elektriksel İletkenlik	424
TDS	mg/l	Toplam çözünen madde	267
SS	mg/l	Askıdaki katılar	1
Turb	NTU	Bulanıklık	2
Col	Pt-Co	Renk	5
Cl	mg/l	Klorür	9,6
NH3-N	mg/l	Amonyum Azotu	0,269
NO2-N	mg/l	Nitrit azotu	0,000
NO3-N	mg/l	Nitrat azotu	0,440
DO	mg O <sub>2</sub> /l	Çözünmüş oksijen	7,8
BOD5	mg/l	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	5,0
TH	mg/l	Toplam Sertlik	222,5
o-PO4	mg/l	Orta-Fosfat	0,00
SO4	mg/l	Sülfat	12,0
Na	mg/l	Sodyum	11,60
K	mg/l	Potasyum	4,0
Ca	mg/l	Kalsiyum	23,1
Mg	mg/l	Magnezyum	40,1
COD	mg/l	Kimyasal Oksijen İhtiyacı	6,2
TKN	mg/l	Toplam Kjeldahl Azotu	0,2
Top.P	mg/l	Toplam Fosfor	0,04
Top.N	mg/l	Toplam Azot	1,450

Eğirdir Gölü'nde elektriksel iletkenlik, toplam çözünen madde, amonyum azotu, nitrat azotu, toplam sertlik, sülfat ve magnezyum miktarının fazla bulunduğu saptandı.

**Tablo 2.** Alınan su numunelerinde ağır metal analiz sonuçları

Örnek	Cu	Pb	Zn	Fe	Al	Mn	Cr	Cd	Hg	B
Eğirdir Gölü	0,0	0,0	0,0	<0,01	0,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Cu: Bakır, Pb: Kurşun, Zn: Çinko, Fe: Demir, Al: Alüminyum, Mn: Manganez, Cr: Krom, Cd: Kadmiyum, Hg: Civa, B: Bor

Ağır metal analiz sonuçlarına göre mangan, demir, kadmiyum, krom, civa ve bor elementlerinin çalışılan gölde bulunmadığı belirlendi.

Eğirdir Gölü'nden temin edilen balıklara ait solungaç mukus hücrelerinin primer ve sekonder lameller ile primer uçlardaki yoğunlukları Tablo 3, bu hücrelerin reaksiyon şiddeti ise Tablo 4'de verildi.

**Tablo 3.** Sudak balığı solungaçlarının primer ve sekonder lameller ve primer uçlarda dağılım gösteren mukus hücrelerinin yoğunluğu

Boyama Metotları	Eğirdir Gölü		
	Primer lamel	Sekonder lamel	Primer uç
PAS	++	++	++
AB pH 2.5	++	++	+++
AB pH 2.5/PAS	AB+ K+++	AB+ K+++	AB+++ K+
AB pH 1.0	-	-	-
AB pH 0.5	+++	+	+++
AF	++	++	++
AF/AB pH 2.5	AB+++ AB*+	AB+++ AB*+	AB+++ AB*+
KOH/PAS	++	++	++
Metilasyon/AB pH 2.5	+++	+++	+
Metilasyon/KOH/AB pH 2.5	+++	+	++

PAS: Periyodik asid-Schiff, AB: Alcian blue, AF: Aldehit fuksin

+++ yoğun, ++ orta, + az, - yok, \* baskın

**Tablo 4.** Sudak balığı solungaçlarının primer ve sekonder lamellerde ve primer uçlarda dağılım gösteren mukus hücrelerinin reaksiyon şiddeti

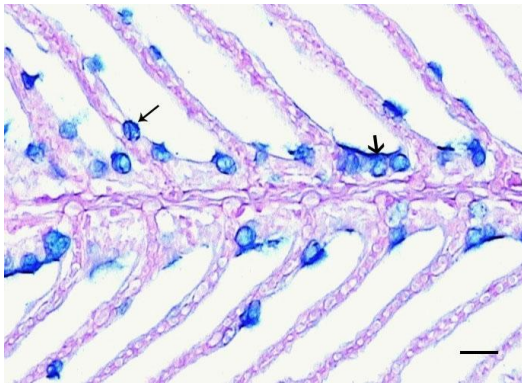
Boyama Metotları	Eğirdir Gölü		
	Primer lamel	Sekonder lamel	Primer uç
PAS	+++	+++	+
AB pH 2.5	+++	+++	+++
AB pH 2.5/PAS	AB, K	AB, K	AB, K
AB pH 1.0	-	-	-
AB pH 0.5	+++	+++	+++
AF	++	++	++
AF/AB pH 2.5	AB, AB*	AB, AB*	AB, AB*
KOH/PAS	++	++	++
Metilasyon/AB pH 2.5	+++	++	+
Metilasyon/KOH/AB pH 2.5	++	++	++

PAS: Periyodik asid-Schiff, AB: Alcian blue, AF: Aldehit fuksin

++++ çok güçlü, +++ güçlü, ++ orta, + zayıf, - negatif, \* baskın

Uygulanan PAS metodu sonucunda primer ve sekonder lameller ile primer lamellerin uçlarındaki mukus

hücrelerin sayısının orta yoğunlukta olduğu tespit edildi. Solungacın bütün bölgelerinde yerleşen mukus hücrelerindeki PAS (+) materyalin periferde yerleşim gösterdiği belirlendi. Reaksiyon şiddetinin primer ve sekonder lamellerdeki mukus hücrelerinde çok, primer lamellerin uçlarındakilerde ise az olduğu belirlendi. AB pH 2.5 uygulaması sonucunda AB (+) mukus hücre sayısının primer lamellerin uçlarında çok, primer ve sekonder lamellerde ise orta yoğunlukta olduğu belirlendi. Solungacın bütün bölgelerindeki mukus hücrelerinin bu boyama yöntemi ile güçlü reaksiyon gösterdiği belirlendi. Asidik ve nötral musinlerin kıyaslanması için uygulanan AB pH 2.5/PAS boyama metodu sonucunda primer ve sekonder lamellerde az sayıda mukus hücrelerinin AB pH 2.5 (+) mukosubstans içerdiği, çok sayıda hücrede ise asidik ve nötral mukosubstansın karışım halinde bulunduğu belirlendi (Şekil 1).



**Şekil 1.** Sekonder (ince ok) ve primer (kalın ok) lamellerde yerleşen mukus hücreleri. AB pH 2.5/PAS Bar: 50  $\mu$ m.

Primer lamellerin uç kısımlarında ise az sayıda mukus hücrelerinin her iki mukosubstansı da içerdiği, çok sayıda hücrenin ise AB pH 2.5 (+) karakterde olduğu tespit edildi. Uygulanan AB pH 1.0 metodu sonucunda solungaç mukus hücrelerinde reaksiyon gözlenmedi. AB pH 0.5 uygulamasında ise primer lamel uçlarında ve primer lamellerde mukus hücre sayısının çok, sekonder lamellerde ise daha az sayıda olduğu belirlendi. Solungaçların bütün bölgelerindeki mukus hücrelerinin güçlü reaksiyon gösterdiği tespit edildi. Uygulanan AF boyama metodu sonucunda orta şiddette reaksiyon gösteren mukus hücrelerinin bütün bölgelerde sayısal olarak orta yoğunlukta olduğu tespit edildi. AF/AB pH 2.5 uygulaması sonucunda solungacın bütün bölgelerinde yerleşim gösteren mukus hücrelerinin çoğunluğunda AB pH 2.5 (+) özellik gözlenirken, bazı hücrelerde de AB pH 2.5 (+) baskınlığı saptandı (Şekil 2).



**Şekil 2.** Primer (ince ok) ve sekonder (kalın ok) lamellerinde mukus hücreleri. AF/AB pH 2.5. Bar: 50  $\mu$ m.

Uygulanan KOH/PAS metodu sonucunda solungacın bütün bölgelerinde bulunan mukus hücrelerinin orta şiddette reaksiyon gösterdikleri ve sayısal olarak orta yoğunlukta oldukları belirlendi.

Metilasyon/AB pH 2.5 uygulamasında solungaçta bulunan mukus hücrelerinin primer ve sekonder lamellerde yoğun, primer lamel uçlarında ise az sayıda olduğu belirlendi. Reaksiyon şiddetinin ise solungacın primer lamellerinde güçlü, sekonder lamellerinde orta ve primer lamellerin uç kısımlarındaki hücrelerde ise az olduğu tespit edildi. Metilasyon/KOH/AB pH 2.5 boyama yöntemi sonucunda solungaçtaki mukus hücrelerinin primer lamelde çok, primer lamel ucunda orta ve sekonder lamelde az yoğunlukta olduğu belirlendi. Reaksiyon şiddetinin ise solungacın bütün bölgelerinde bulunan mukus hücrelerinde orta şiddette olduğu tespit edildi.

## Tartışma ve Sonuç

Balıklarda ağır metallerin toksik etkisi ve birikimi üzerine sıcaklık, pH ve suyun sertliği (kalsiyum, magnezyum) gibi birçok fiziko-kimyasal faktörün önemli etkisinin olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Hollis vd., 2000; Tkatcheva vd., 2003; Çoğun ve Kargin, 2004). Ağır metaller ise solungaçların sekonder lamellerinde yapısal bozuklara neden olmasının yanı sıra mukus salgısının artması nedeniyle gaz değişiminin de azalmasına neden olmaktadır (Cicik, 1995).

Bazı türlerin solungaçlarına uygulanan PAS metodu sonucunda primer lamellerdeki mukus hücrelerinin güçlü (Diler ve Çınar, 2009a; Diler ve Çınar, 2010), orta (Çınar vd., 2008) ve zayıf (Arellano vd., 2004) reaksiyon gösterdiği bildirilmiştir. Bu çalışmada ise solungaçların primer ve sekonder lamellerinde PAS (+) hücrelerinin güçlü reaksiyon gösterdiği belirlendi.

Yapılan çalışmalarda bazı türlerin solungaçlarında primer ve sekonder lamellerindeki mukus hücrelerinin hem nötral hem de asidik glikokonjugatları eşit miktarda bulduklarını bildirilmektedir (Arellano vd., 2004; Diaz vd., 2005; Diler ve Çınar, 2009a; Diler ve Çınar 2010). Çınar vd. (2008), *Cyprinus carpio* türünün solungaçlarında asidik glikokonjugatların baskın; *Aphanius anatoliae sureyanus* (Diler ve Çınar 2010) türünün solungaçlarının primer lamellerindeki asidik glikokonjugat içeren mukus hücrelerinin nötral ve asidik glikokonjugatları eşit miktarda içeren hücrelere göre daha

çok sayıda olduklarını bildirmektedirler. Bu çalışmada da AB pH 2.5/PAS uygulaması sonucunda solungaçların primer ve sekonder lamellerindeki bazı hücrelerin asidik ve nötral glikokonjugatları eşit miktarda içerdiği ve aynı zamanda sadece asidik glikokonjugatları içeren hücrelerin de bulunduğu belirlendi.

Diaz ve arkadaşları *Cynoscion guatucupa* solungaçları üzerinde KOH/PAS uygulaması yaptıkları çalışmalarında primer ve sekonder lamellerdeki mukus hücrelerin orta şiddette reaksiyon gösterdiğini bildirmişlerdir (Diaz vd., 2005). Çınar ve arkadaşları ise *Cyprinus carpio* türünün solungaçlarında bu boyama yöntemine karşı primer lamellerdeki hücrelerin orta şiddette, sekonder lamellerdekilerin ise zayıf reaksiyon gösterdiğini belirtmişlerdir (Çınar vd., 2008). Diler ve Çınar, *Aphanius anatoliae sureyanus* türünün solungaçlarında bu yöntem ile primer lamellerdeki mukus hücrelerinde orta şiddette reaksiyon gözlemlendiğini bildirmektedir (Diler ve Çınar, 2010). Diler ve Çınar, *Garra rufa* türünün solungaçlarının primer ve sekonder lamellerinde bulunan mukus hücrelerinin bu yöntemle karşı güçlü reaksiyon verdiklerini bildirmişlerdir (Diler ve Çınar, 2009b). Bu çalışmada da solungaçların bütün bölgelerindeki mukus hücrelerinde orta şiddette reaksiyon gösterdiği belirlendi.

Yapılan bazı çalışmalarda *Cynoscion guatucupa* (Diaz vd., 2005) türünün solungaçlarında AB pH 1.0 ve 0.5 uygulamaları sonucunda solungaç mukus hücrelerinin orta, *Solea senegalensis* (Arellano vd., 2004) türünün solungaçlarında güçlü, *Pseudophoxinus antalyae* türünün solungaçlarında zayıf şiddette reaksiyon gösterdiği tespit edilmiştir (Çınar vd., 2009). Çınar ve arkadaşları, *Cyprinus carpio* türünün solungaçlarında AB pH 0.5 ve 1.0 uygulamalarına karşı primer lamellerin orta, sekonder lamellerin zayıf şiddette reaksiyon gösterdiğini tespit etmişlerdir (Çınar vd., 2008). Bazı türlerin solungaçlarındaki mukus hücrelerinin AB pH 1.0 (Diler ve Çınar, 2009a; Diler ve Çınar, 2010) ve AB pH 0.5 (Diler ve Çınar, 2010) yöntemlerine karşı reaksiyon göstermediği belirtilmiştir. Bu çalışmada ise solungaç mukus hücrelerinin AB pH 1.0'e karşı reaksiyon vermedikleri, AB pH 0.5 uygulamasında ise solungaçlarındaki mukus hücrelerinin bütün bölgelerde güçlü reaksiyon gösterdikleri belirlendi.

*Cyprinus carpio* (Çınar vd., 2008) türünün solungaçlarında sülfatlı asidik glikokonjugatları içeren mukus hücrelerinin primer lamellerde orta, *Aphanius anatoliae sureyanus* (Diler ve Çınar, 2010) türünde ise aynı yöntemle karşı solungacın primer lamellerindeki mukus hücrelerinin zayıf reaksiyon verdiği belirtilmektedir. Bu çalışmada solungaçların bütün bölgelerinde mukus hücrelerindeki sülfatlı asidik glikokonjugatların orta şiddette reaksiyon gösterdikleri saptandı.

*Gara rufa* (Diler ve Çınar, 2009b) türünün solungaçlarındaki primer lamellerde bulunan çok sayıda mukus hücrelerinin asidik glikokonjugatlara baskın olduğu, az sayıda hücrenin ise sadece asidik glikokonjugat içerdiği bildirilmiştir. *Dicentrarchus labrax* (Diler ve Çınar, 2009a) ve *Aphanius anatoliae sureyanus* (Diler ve Çınar, 2010) türlerinde AF/AB pH 2.5 kombine boyama metodu sonucunda solungaç mukus hücrelerinde AB pH 2.5 (+) glikokonjugatların baskın olduğu, *Odontesthes bonariensis* (Diaz vd., 2004), sülfatlı glikokonjugatların

baskın olduğu, *Pseudophoxinus antalyae* (Çınar vd., 2009) türünün solungaçlarında ise mukus hücrelerin sadece AB pH 2.5 (+) reaksiyon gösterdiği bildirilmiştir. *Odontesthes bonariensis* (Vigliano vd., 2006) ve *Cyprinus carpio* (Çınar vd., 2008) türlerinin solungaçlarında ise bu boyama yöntemine karşı hücrelerin sadece AF (+) reaksiyon verdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada ise solungaçların bütün bölgelerindeki mukus hücrelerinde asidik glikokonjugatların baskın oldukları belirlendi.

Çınar ve arkadaşları, *Pseudophoxinus antalyae* türünde solungacın bütün bölgelerinde Metilasyon/AB pH 2.5 uygulaması sonucunda mukus hücrelerinin zayıf reaksiyon verdiklerini belirtmişlerdir (Çınar vd., 2009). Bu çalışmada solungaç mukus hücrelerinin aynı yöntemle karşı primer lamellerde güçlü, sekonder lamellerde orta ve primer lamel uçlarında zayıf şiddette reaksiyon verdiği belirlendi. Aynı araştırmacılar Metilasyon/KOH/AB pH 2.5 uygulamasında solungacın bütün bölgelerinde mukus hücrelerinin zayıf reaksiyon verdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise solungaç mukus hücrelerinin bütün bölgelerde orta şiddette reaksiyon verdiği belirlendi. Sonuç olarak Eğirdir Gölü'nden temin edilen balıkların solungaç mukus hücrelerinin glikokonjugat içeriğinin daha çok asidik ve nötral karakterde olduğu belirlendi.

## Kaynaklar

- Geldiay R., Balık S. 1999. Türkiye Tatlısu Balıkları. 532, Ege Üniversitesi Basımevi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları no: 46, İzmir.
- Sarıhan, E., Cengizler, İ. 2006. Temel Balık Anatomisi ve Fizyolojisi. 172, Nobel Kitabevi, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Adana.
- Arellano, J.M., Storch, V., Sarasquete, C. 2004. Ultrastructural and Histochemical Study on Gills and Skin of the Senegal Sole, *Solea senegalensis*. J Appl Ich, 20, 452-460.
- Laurent, P., Perry, S.F. 1990. Effects of Cortisol on Gill Chloride Cell Morphology and Ionic Uptake in the Freshwater Trout, *Salmo gairdneri*. Cell Tissue Res, 259, 429-442.
- Ferguson, H.W., Morrison, D., Ostland, V.E., Lumsden, J., Byrne, P. 1992. Response of Mucus-Producing Cell in Gill Disease of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). J Comp Pathol, 106, 255-265.
- Roberts, S.D., Powell, M.D. 2003. Comparative Ionic Flux and Gill Mucous Cell Histochemistry: Effects of Salinity and Disease Status in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). Comp Biochem Physiol Part A., 134, 525-537.



- Hilary, M., Lease-Hansen-James, A., Bergman-Harold, L., Meyer-Joseph, S. 2003. Structural Changes in Gills of Lost River Suckers Exposed to Elevated pH and Ammonia Concentrations. *Comp Biochem Physiol Part C: Toxicol Pharmacol*, 134, 491–500.
- Bordas, M.A., Balebona, M.C., Chabrilion, M., Rodriquez-Maroto, J.M., Morinigo, M.A. 2003. Influence of Temperature and Salinity on the Adhesion to Mucous Surfaces of Gilt-head Seabream (*Sparus auratus* L.) of Pathogenic Strains of *Vibrio alginolyticus* and *Listonella anguillarum*. *Bull Eur Assoc Fish Pathol*, 23, 273–280.
- Ledy, K., Giamberini, L., Pihan, P.C. 2003. Mucous Cell Responses in Gill and Skin of Brown Trout *Salmo trutta* fario in Acidic, Aluminium Containing Stream Water. *Dis Aquat Organ*, 56, 235-240.
- Dunel, E.B., Sebest, P., Chevalier, C., Simon, B., Bart, H.L. 1996. Morphological Changes Induced by Acclimation High Pressure in the Gill Epithelium of the Freshwater Yellow Eel. *J Fish Biol*, 48, 1018–1022.
- Diaz, A.O., Garcia, A.M., Escalante, A.H., Goldemberg, A.L. 2004. Glycoconjugates in the Gills of *Odontesthes bonariensis* (Teleostei, Atherinopsidae). *Biocell*, 28 (2): 241–245.
- Calabro, C., Albanese, M.P., Lauriano, E.R., Martella, S., Licata, A. 2005. Morphological, Histochemical and Immunohistochemical Study of the Gill Epithelium in the Abyssal Teleost Fish *Coelorrhynchus coelorrhynchus*. *Folia Histochem Cytobiol*, 43 (1): 51–56.
- Çınar, K., Şenol, N., Özen, M.R. 2008. Histochemical Characterization of Glycoproteins in the Gills of the Carp (*Cyprinus carpio*). *AÜ Vet Fak Derg*, 55, 61–64.
- Çınar, K., Aksoy, A., Emre, Y., Aşti, R.N. 2009. The Histology and Histochemical Aspects of Gills of the Flower Fish, *Pseudophoxinus antalyae*. *Vet Res Commun*, 33, 453–460.
- Diler, D., Çınar, K. 2009a. A Histochemical Study of Glycoconjugates in the Gills of the Bass (*Dicentrarchus labrax* L. 1758). *Gazi Uni J Sci*, 22 (4): 257–261.
- Diler, D., Çınar, K. 2009b. Kangal Balıklarının (*Gara rufa*) Solungaçlarındaki Mukus Hücrelerinin Histokimyası Üzerine Çalışma. *EÜ FBE Dergi*, 2 (1): 51–60.
- Culling, C.F.A., Reid, P.E., Dunn, W.L. 1976. A New Histochemical Method for the Identification and Visualization of Both Side Chain Acylated and Non-acylated Sialic Acids. *J. Histochem, Cytochem*, 24, 1225–1230.
- McManus, J.F.A. 1948. Histological and Histochemical Uses of Periodic Acid. *Stain Technol*, 23, 99–108.
- Mowry, R.W. 1956. Alcian Blue Techniques For the Histochemical Study of Acidic Carbohydrates. *J. Histochem Cytochem*, 4, 407–408.
- Lev, R., Spicer, S.S. 1964. Specific Staining of Sulphate Groups with Alcian Blue at Low pH. *J. Histochem Cytochem*, 12, 309.
- Gomari, G. 1952. Gomari's Aldehyde Fuchsin Stain, CFA Culling, RT Allison, WT Barr, In: *Cellular Pathology Tecnique Butterworths*, 238, London.
- Spicer, S.S., Mayer, D.R. 1960. Aldehyde Fuchsin/Alcian Blue, CFA Culling, RT Allison, WT Barr, In: *Cellular Pathology Tecnique*, 233, Butterworths, London.
- Spicer, S.S. 1960. A Correlative Study of the Histochemical Properties of Rodent Acid Mucopolysaccharides. *J. Histochem Cytochem*, 8, 18-35.
- Spicer, S.S., Lillie, R.D. 1959. Saponification as a Means of Selectively Reversing the Methylation Blockade of Tissue Basophila. *J Histochem Cytochem*, 7, 123–125.
- Hollis, L., Mcgeer, J.C., Mcdonald, D.G., Wood, C.M. 2000. Effects of Long Term Sublethal Cd Exposure in Rainbow Trout During Soft Water Exposure: Implications for Biotic Ligand Modelling. *Aquat Toxicol*, 51, 93–105.
- Tkatcheva, V., Hyvarinen, H., Kukkonen, J., Ryzhkov, L.P., Holopainen, I.J. 2003. Toxic Effects of Mining Effluents on Fish Gills in a Subarctic Lake System in NW Russia. *Ecotoxicol Environ Saf*, 57 (3): 278–289.
- Çoğun, H.Y., Kargin, F. 2004. Effects of pH on the Mortality and Accumulation of Copper in Tissues of *Oreochromis niloticus*. *Chemosphere*, 55, 277–282.
- Cicik, B. 1995. *Cyprinus carpio* (L.)'da Bakır, Çinko ve Bakır + Çinko Karışımında Solungaç, Karaciğer ve Kas Dokularındaki Metal Birikiminin Nicel Protein, Glikojen ve Kandaki Bazı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

- Diler, D., Çınar, K. 2010. Histochemical Characterization of Glycoconjugates in the Gills of the *Aphanius sureyanus anatoliae sureyanus* (Neu, 1937) (Osteichthyes: Cyprinodontidae). MAKÜ FBE Derg, 1, 1–8.
- Diaz, A.O., Garcia, A.M., Devinenti, C.V., Goldemberg, A.L. 2005. Ultrastructure and Histochemical Study of Glycoconjugates in the Gills of the White Croaker (*Micropogonias furnieri*). Anat Histol Embryol, 34, 117-122.
- Vigliano, F.A., Aleman, N., Quiroga, M.I., Nieto, J.M. 2006. Ultrastructural Characterization of Gills in the Juveniles of the Argentinian Silverside, *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835) (Teleostei: Atheriniformes). Anat Histol Embryol, 35, 76–83.