

Atf İçin: Ergöz Azizoğlu, B. ve Oğuz, A. R. (2023). Van Balığı (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814))'nın Sindirim Kanalı Üzerinde Histomorfolojik Çalışma. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(4), 2403-2414.

To Cite: Ergöz Azizoğlu, B. & Oğuz, A. R. (2023). Histomorphological Study on Digestive Tract of Van Fish (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)). *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(4), 2403-2414.

Van Balığı (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814))'nın Sindirim Kanalı Üzerinde Histomorfolojik Çalışma

Burcu ERGÖZ AZİZOĞLU^{1*}, Ahmet Regaib OĞUZ¹

Öne Çıkanlar:

- Morfometrik
- Van balığı
- Sindirim kanalı

Anahtar Kelimeler:

- Histoloji
- Morfoloji
- Üreme Göçü
- Van Gölü

ÖZET:

Van balığı, Van Gölü havzasına endemik Cyprinidae familyasında yer alan anadrom bir balıktır. Balık beslenme ve büyümesini gerçekleştirdiği Van Gölü'nden nisan-temmuz aylarında göle dökülen akarsulara giriş yapar. Bu sucul ortamlarda balığın beslenme davranışlarında farklılık gözlenir. Bu çalışmada nisan ve temmuz ayları arasında Van Gölünden ve Karasu Çayı'ndan örneklenen 30 adet Van balığı sindirim kanalı morfometrik ve histolojik olarak incelendi. Van balığı sindirim kanalı incelendiğinde belirgin bir mide yapısının olmadığı gözlemlendi. Sindirim kanalı özofagus, mide görevini üstlenen mide benzeri yapı, anterior bağırsak, posterior bağırsak ve anüsten meydana geldiği belirlendi. Van balığının sindirim kanalının en dıştan içe doğru seröz, muskularis, submukoza ve lümeneye doğru kıvrımlardan oluşan mukoza tabakalarından oluştuğu gözlemlendi. Bu tabaka kalınlıklarının göl ve akarsudan örneklenen balıklar arasında değiştiği belirlendi. Morfometrik olarak çap, mukoza genişliği, mukoza uzunluğu, mukoza kıvrımları, muskularis kalınlığı, submukoza kalınlığı ve uzunluğu ölçüldü. Bu değerlerin, gölden örneklenen balıklarda akarsulardan örneklenen balıklara göre daha büyük olduğu belirlendi. Van balığı sindirim kanalında ölçümler ilk defa bu çalışma ile belirlendi. Bu ölçülen değerlerin balığın beslenme, stres ve suyun fizikokimyasal yapısı ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Histomorphological Study on Digestive Tract of Van Fish (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814))

Highlights:

- Morphometric
- Van Fish
- Digestive tract

Keywords:

- Histology
- Morphology
- Reproductive Migration
- Lake Van

ABSTRACT:

Van fish is an anadromic fish in the family Cyprinidae, endemic to the Lake Van basin. Fish feeding and care enters the streams flowing into the lake from Lake Van in April-July. In these aquatic environments, differences are observed in the feeding behavior of the fish. In this study, the digestive tract of 30 Van fish sampled from Lake Van and Karasu Stream between April and July were examined morphometrically and histologically. When the digestive tract of the Van fish was examined, it was observed that there was no obvious stomach structure. It was determined that the digestive tract consists of the esophagus, stomach-like structure that serves as the stomach, anterior intestine, posterior intestine and anus. When the digestive tract of Van fish is examined, it consists of the outermost serous layer, the muscularis layer, the submucosa layer and the innermost mucosa layer consisting of folds towards the lumen. It was determined that these layer thicknesses varied between fish sampled from lakes and streams. Diameter, mucosal width, mucosal length, mucosal folds, muscularis thickness, submucosa thickness and length were measured morphometrically. It was determined that these values were higher in the fish sampled from the lake compared to the fish sampled from the rivers. Measurements in the digestive tract of van fish were determined for the first time in this study. These measured values are thought to be related to the nutrition, stress and physicochemical structure of the water.

¹Burcu ERGÖZ AZİZOĞLU ([Orcid ID: 0000-0002-7002-3801](https://orcid.org/0000-0002-7002-3801)), Ahmet Regaib OĞUZ ([Orcid ID: 0000-0001-6431-0508](https://orcid.org/0000-0001-6431-0508)), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Van, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Burcu ERGÖZ AZİZOĞLU, e-mail: burcu_ergoz@hotmail.com

Bu çalışma Burcu ERGÖZ AZİZOĞLU'nun Doktora tezinden üretilmiştir.

Etik Kurul Onayı / Ethics Committee Approval: Bu makalede yer alan hayvan deneyi için "Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (2019/12) sayılı kararı ile Etik Kurul Onayı alınmıştır.

GİRİŞ

Van Gölü, kapalı havza ve volkanik bir set gölüdür. Göl, Nemrut Yanardağı'nın devam eden püskürmeleriyle, lavların Bitlis Vadisini doldurması sonucu meydana gelmiştir. Nemrut Dağı'ndan akan lavlar, Buzul Çağın ortalarında yaklaşık 200 bin yıl önce bir akım oluşturmuştur. Oluşan akım sonucunda Van Çukuru ve Muş Çukuru arasındaki su akımı engellenmiştir (Sumita ve Schmincke, 2013). Bu su birikimi sonucu volkanik bir set gölü oluşmuştur. Van Gölü, oluşumunun farklılığından dolayı denizler gibi su seviyesi alçalıp yükselebilen yapıya sahiptir. Bu yapısı nedeniyle iklim değişikliklerinden etkilenmektedir (Sumita ve Schmincke, 2013; Şen ve ark., 2015).

Van Gölü, Türkiye'nin en büyük gölü olup, Dünya'nın sayılı sodalı gölleri arasındadır. Gölün yüz ölçümü 3713 km², derinliği maksimum 451 m, rakımı ise 1648 m'dir. Van Gölü yüksek pH (9.8), acı su (% 22) ve yüksek alkalinite (153 mEq/L) özelliğine sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı gölde yaşam oldukça sınırlı olup zooplankton, fitoplankton ve iki omurgalı türü (*Alburnus tarichi*, *Oxynoemacheilus ercisianus*) yaşamaktadır (Danulat ve Selçuk, 1996, Akkuş ve ark., 2021).

Van Gölü'ne dökülen birçok küçük akarsu vardır. Bunlardan Bendimahi Çayı, Zilan Suyu, Hoşap Suyu, Arpak Çayı, Menedik Çayı ve Karasu Çayı göle dökülen önemli akarsulardır. Bu akarsularla birlikte göl, Nisan ve Mayıs aylarında yağmur suları ve yoğun kar ile de beslenmektedir (Çetinkaya ve ark., 1994). Bu akarsular bazik özelliğe sahip olup, ortalama pH 8,23'tür. Çevresel koşullardan dolayı bölgesel olarak pH değerlerinde değişiklikler gerçekleşmektedir. Van Gölü'ne göre bu akarsuların tuzluluk oranları da farklılık göstermektedir. Karasu Çayı'nın tuzluluk oranı % 8 olarak hesaplanmıştır (Ebrahim, 2015).

Endemik bir sazan türü olan Van balığı (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814), Van Gölü'nde ve göle dökülen tatlı su kaynaklarında yaşar. Balığın ortalama boy uzunluğu 19,5 cm, ortalama ağırlığı ise 80 gramdır. Van balığı bitkisel ve hayvansal planktonlarla beslenen omnivor bir canlıdır. Hayatta kalma süreleri en fazla 7 yıldır. Balık üreme yeteneğine üçüncü yaşında başlamaktadır. Balık anadrom bir canlı olup, ömrünün çoğunu gölde geçirirken, su sıcaklığının 13 °C'ye ulaştığı nisan ayından itibaren yumurtalarını bırakmak üzere akarsuya geçmektedir. Van balığı yumurtalarını akarsuların sığ ve kayalık diplerine bırakarak göle dönüş yapmaktadır (Elp ve Şen, 2009).

Besin değeri yüksek olan bu balık yöre halkının önemli bir protein kaynağıdır. Yaklaşık olarak yılda 10000 ton kadar avlanan bu balık, iç su balık üretiminin üçte birini oluşturur. Balık göl etrafındaki insanların hem besin kaynağı olarak hem de ekonomik olarak oldukça önemlidir (Bilgili ve ark., 1995).

Van balığı diğer türlerden farklı olarak Van Gölü'nün ekstrem şartlarına adapte olan tek omurgalı türüdür. Balık bu adaptasyon sürecinde solungaç, böbrek, deri ve sindirim kanalında hücresel ve moleküler bazı değişimler sonucunda hayatta kalır. Balığın göl ve tatlı suya adaptasyonlarında solungaç, deri ve böbrekler üzerine detaylı çalışmalar bulunurken (Oğuz, 2013; Oğuz, 2015; İribüğday ve Oğuz, 2020), sindirim kanalı üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır (Ünal ve ark., 2001; Ergöz ve Oğuz, 2018).

Balıklardaki gastrointestinal kanal, vücut içerisinde kuyruğa kadar uzanan tüp şeklinde bir yapıdan oluşur. Balıkların yaşam tarzları ve beslenme şekillerinin (herbivor, karnivor ve omnivor gibi) sindirim sisteminin anatomisi, morfolojisi ve fizyolojisinde farklılıklara neden olduğu bilinmektedir (dos Santos ve ark., 2011). Bu farklılıklar midenin büyüklüğü ve bağırsak uzunluğu üzerine ekilidir. Sindirim kanalı uzunluğunun herbivor balık türlerinde karnivor ve omnivor balık türlerine göre daha uzun olduğu ifade edilmiştir (Buddington ve ark., 1987; Kramer ve Bryant, 1995). Balıklarda beslenme şekilleri aynı zamanda karbonhidrat ve protein taşınımı, bağırsağın mukoza tabakası

kalınlığında etkili olmaktadır (Buddington ve ark., 1987). Bu nedenle, sindirim kanalında bulunan enzim ve hücre gruplarının yoğunluğunda ve dağılımında da sindirim kanalı boyunca farklılıkların olduğu bilinmektedir (Jönsson ve Holmgren, 2011).

Omurgalı canlıların tamamında olduğu gibi balıklarda da gastrointestinal kanal özofagustan başlayıp anüse kadar uzanmaktadır. Sindirim kanalı özofagus, mide, bağırsak ve anüs kısımlarından oluşmaktadır. Bazı araştırmacılar bağırsak kısmını aynı zamanda anterior ve posterior olmak üzere iki kısımda incelemektedir (Ostaszewska ve ark., 2008). Sindirim kanalı histolojik olarak incelendiğinde ise mukoza, submukoza, muskularis ve seröz tabakalarından meydana geldiği görülmektedir (Park ve ark., 2001; Timur, 2008; Formicki ve Kirschbaum, 2019). Bu kısımlar ise; mukoza tabakası, sindirim borusunun lümenini kaplar ve iç epitel hücrelerinden oluşur. Mukozal epitel, bazal lamina üzerine oturur ve lamina propria içerir. Submukoza tabakası, lenfosit doku, kan damarları ve daha az hücresel bağ dokusu içermektedir. Bu tabaka, stratum granulozum, stratum kompaktum kısımlarına ayrılmaktadır. Muskularis tabakası, kas tabakasından oluşmaktadır, iç dairesel ve dış uzunlamasına kas hücreleri mevcuttur. Seröz, basit skuamöz periton epitelini ile çevrili olup, seröz membrane ve tella subseröz kısımlarından oluşur (Takashima ve Hibiya, 1995; Genten ve ark., 2009).

Özofagus, sindirim kanalının en kısa ve dar kısmını oluşturmaktadır (Faccioli ve ark., 2014). Balıkların özofagusu “U” ve “J” şeklinde olup, türden türe farklılık göstererek mideye açılmaktadır (Timur, 2008). *Hypsobius antenori* balığında özofagus, küçük çapa sahip, kalın duvarları olan ve kısa silindirik yapıdadır. Özofagus histolojik olarak incelendiğinde, muskularis ile örtülü yalancı epitel ve lamina propria'dan oluşur ve epitel hücreleri diğer kısımlar ile kıyaslandığında daha az alanı kaplar (Nascimento ve ark., 2015).

Sindirim kanalında, özofagustan sonra mide yapısı bulunmaktadır. Mide, balıkların beslenme şekline göre türden türe farklılık göstermektedir. Mide omnivor balıklarda keseye benzer yapıda iken, karnivor balıklarda ise uzun tüp şeklindedir (Hossain ve Dutta, 2017). Tilapiaların midesi küçük ve kese benzeri bir yapıda olup, işlevsel olarak mideye benzememektedir (Morrison ve Wright, 1999). Sazan balıklarında gerçek bir mide bulunmaz. Bu balıklarda özofagustan sonra yapısal olarak genişlemiş olan ve asit salgılayabilen kısım midenin görevi üstlenir. Bazı karnivor balıklarda (Zurna balıkları (Scomberesocidae) gibi) gerçek bir midenin olmadığı görülmektedir (Timur, 2006). Bazı balıklarda ise mide pilorik fundus, korpus kısım olmak üzere üç ayrı bölgeden oluşur (Hernandez ve ark., 2009). Özofagustan mideye geçişte ilk bölge olan korpus bölgesi, doğrudan yemek borusu ile bağlantılı ve gıda sindiriminde sorumlu ilk aşamadır (Canan ve ark., 2012). Korpus bölgesinin devamında ise fundus bölgesi bulunur. Gıdaların yutulması sırasında alınan hava, midenin bu bölgesinde toplanır (Grosell ve ark., 2010). Midenin en son bölgesi olan pilorik bölge ise basit ve silindirik epitel tabakasından oluşur. Mukus hücreleri bu bölgede bol miktarda bulunmaktadır (Canan ve ark., 2012).

Midenin bitiminde bulunan bağırsak, sindirim kanalının en uzun alanını oluşturmaktadır (Timur, 2008). Balıklarda bağırsak, midenin bitiminden başlayıp anüse kadar uzanır (Hernandez ve ark., 2009). Beslenme alışkanlığına göre balıklardaki bağırsak yapısı da türden türe değişiklik göstermektedir. Herbivor balıklarda genel olarak orta uzunlukta, karnivor türlerde ise ince ve dar yapıdadır (Fugi ve ark., 2001). Balıklarda bağırsak, anterior ve posterior olarak iki kısma ayrılır. Anterior bağırsak, tek katlı silindirik epitel ile örtülüdür (Chatchavalvanich ve ark., 2006). Posterior bağırsakta ise, kıvrımlar küçük ama kas tabakası kalındır (Canan ve ark., 2012).

Sindirim kanalında gerçekleşen metabolik olaylar türlere ve gelişim aşamalarına göre değişmektedir (Buddington ve Kroghdahl, 2004). Aç kalma veya beslenme sırasında omurgalıların sindirim kanalında gerçekleşen fonksiyonel faaliyetler enterik sinirlerle ya da nöroendokrin sistem

tarafından gerçekleştirilmektedir (Palmer ve Meerveld, 2001). Çim sazani (*Ctenopharyngodon idella*) ve Yayın balığın (*Silurus glanis*) (etçil balık) özofagusları incelendiğinde, çim balığı özofagusunda mukozanın daha kıvrımlı olduğu belirtilmiştir (Abd El Hafez ve ark., 2013). Gökkuşluğu alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) yapılan çalışmada balığa yüksek enerjili diyetler uygulanarak sindirim kanalı histolojisi incelenmiş ve sindirim kanalının histolojisinde, diyete bağlı bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (Escaffre ve ark., 2007).

Sindirim sistemi anüs açıklığı ile son bulmaktadır. Anüs sindirim artıklarının dışarı atılması ile beraber bazı balık türlerinde eşey belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Örneğin sazan balığında anüs konveks veya kabarık durumda ise dişi, konkav yani çukur ise erkek bireydir (Grosell ve ark., 2010).

Van balığının sindirim kanalı üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır (Ünal ve ark., 2001; Ergöz ve Oğuz, 2018). Bu çalışmada Van balığının üreme göçü sırasında sindirim kanalındaki değişimler morfometrik ve histolojik olarak incelendi.

MATERYAL VE METOT

Balık

Van balığı üreme göçü olan 15 nisan-15 temmuz dönemi tarihleri arasında Van Gölü ve Karasu Çayı'ndan 15'er adet balık örneği alındı. Balıklar uzatmalı fanyalı ağlar ve serpm ağlar ile yakalandı. Örnekleme Karasu Çayı'nda 40-50 cm, Van Gölü'nde 0-80 metre derinlikleri arasında gerçekleştirildi. Örnekleme yapılan bölgelerden alınan su örneklerinden sıcaklık, pH, tuzluluk, iletkenlik, çözülmüş oksijen ve doymuş oksijen değerleri Multimetre cihazı (HACH HQ 40d) kullanılarak ölçüldü (Çizelge 1). Yakalanan balık örnekleri aynı gün içerisinde Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Biyoloji Bölümü Laboratuvarına getirildi ve balık örneklerine anestezi (Fenoksi etanol 320µl/L) uygulandı. Balıkların total ağırlık (g) ve çatal boyları (cm) ölçüldü. Daha sonra diseksiyon ile balıkların sindirim kanalı (özofagus, mide benzeri yapı, anterior bağırsak, posterior bağırsak) çıkartılarak farklı kısımların uzunlukları (cm) cetvel yardımıyla ölçüldü.

Çizelge 1. Van Gölü ve Karasu Çayı'na Ait Bazı Fizikokimyasal Parametreler

	Göl	Akarsu
Sıcaklık (°C)	12.1	19.9
Tuzluluk (‰)	16.97	0.29
İletkenlik (µS/cm)	24.2	49.83
pH	9.66	8.96
ÇO (mg/L)	9.1	9.68

Balıklara uygulanan işlemler, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (2019/12) tarafından onaylanan hayvan çalışma protokollerine uygun olarak gerçekleştirildi.

Histoloji

Balıklar, Fenoksi Etanol (320 µg/L) ile anestezi edildikten sonra disekte edildi ve diseksiyonundan sonra çıkartılıp ölçümü yapılan sindirim kanalının kısımları histolojik ve morfolojik çalışmalar için Bouin fiksatifine kondu. Sindirim kanalı kısımlarından alınan doku parçaları 4°C'de buzdolabında 24 saat bekletildi. Dokular 24 saat bekletildikten sonra %70'lik etil alkol içerisinde alındı. Uygulanan rutin histolojik işlemlerden sonra parafine gömüldü. Parafin bloklardan mikrotom (HM 325, Micron, Walldorf, Almanya) yardımıyla 5 µm'lik kesitler alındı. Alınan kesitler, Hematoksilen-Eosin ve Masson Trichrom boyaları ile boyandı (Bancroft ve Gamble, 2002). Boyanan kesitler lamel ile kapatılarak, ışık mikroskobu (Leica DMI 6000B, Almanya) ile incelendi ve dijital kamera (DFC 490, Leica Microsystems, Germany) ile görüntüleri alındı.

İstatistik

Veriler ortalama \pm ortalamanın standart hatası (SEM) olarak ifade edildi. Ham veriler SPSS (V 11.5, SPSS Company, Chicago, IL, ABD) programı kullanılarak analiz edildi. Göl ve akarsudan örneklenen gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için t-testi ile kullanıldı. Araştırmada önem seviyesi $p < 0,05$ olarak kabul edildi.

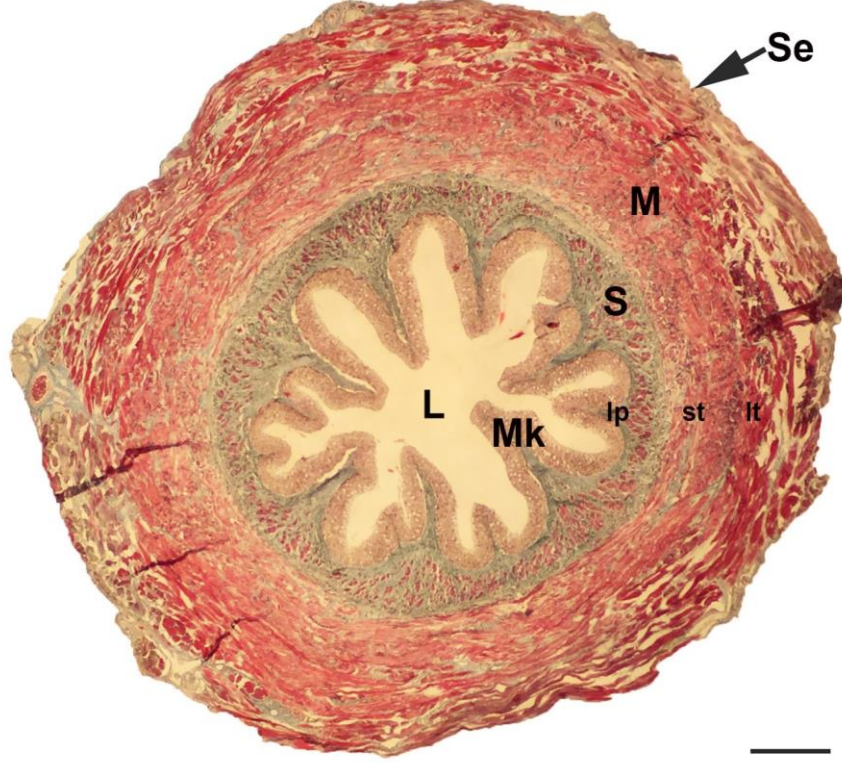
BULGULAR VE TARTIŞMA

Van Gölü'nden örneklenen Van balığına ait bireylerin total ağırlıkları 95-135 g ve çatal boyları 19-21 cm iken, Karasu Çayı'ndan örneklenen balıkların ağırlıkları 90-148 g ve boyları 18-21 cm olarak belirlendi. Göl ve Karasu Çayı'ndan alınan 7'şer adet balığın sindirim kanal uzunlukları sırasıyla $20 \pm 0,15$ cm ve $13,9 \pm 1,08$ cm ölçüldü. Göl ortamında bulunan balıkların sindirim kanalı, akarsu ortamındaki balıklara göre daha uzun olduğu belirlendi ($p < 0,05$) (Çizelge 2). Daha önce yapılan çalışmalarda, balığın üreme göç mevsiminde gölün; ortalama sıcaklığı 19°C , pH 9.6, tuzluluk % 22, çözülmüş oksijen 7.9 mg/L, iletkenlik 26,432 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak tespit edilmiştir (Çiftçi ve ark., 2008). Karasu Çayı'nın ise ortalama sıcaklığı $14,3^{\circ}\text{C}$, pH 8.54, tuzluluk % 0.2, çözülmüş oksijen 10.45 mg/L ve iletkenlik 0.478 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlendiği ifade edildi (Alkan ve Oğuz 2021). Bu çalışmada, Van Gölü ve Karasu Çayı'ndan alınan su örneklerindeki fizikokimyasal parametreler daha önceki çalışmalara benzerlik göstermektedir. İki ortam arasında sıcaklık, pH, tuzluluk, iletkenlik ve çözülmüş oksijen değerleri karşılaştırıldığında farklılıkların olduğu belirlendi. Bu farklılıkların mevsimsel değişimlerden ve örnekleme yapılan alanlardaki iyon değişimlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışmada, disekte edilerek çıkartılan sindirim kanalı morfolojik yapısına göre sırasıyla özofagus, mide, anterior bağırsak, posterior bağırsaktan ve anüsten oluştuğu gözlemlendi. Diğer balıklarda da sindirim kanalının aynı kısımlardan oluştuğu bildirilmiştir (Timur, 2008; Ebrahimi, 2015). Fakat Van balığının sindirim kanalında belirgin bir mide yapısı gözlenmedi. Balıklardaki sindirim kanalı her ne kadar diğer omurgalılarda olduğu gibi temel bir yapıya sahip olsa da filogenik, ontogenik, beslenme ve çevresel şartlardan etkilenerek değişim gösterebilir (Wilson ve Castro, 2010). Van balığı da midesiz balıkların bulunduğu sazangiller familyasının morfolojik olarak tüm özelliklerini içermektedir.

Van balığının sindirim kanalının histolojik yapısı diğer omurgalı canlılarda olduğu gibi dört farklı tabakadan meydana gelmektedir. En dışta ince zar şeklinde seröz tabakası, onun hemen altında ise kas dokusundan oluşan muskularis mukoza tabakası mevcuttur. Bu tabakanın bazı kısımlarda iç ve dış muskularis olarak ikiye ayrıldığı belirlendi. İç muskularis, dairesel yapıda düz kastan oluşurken, dış muskularis ise boyuna düz kastan oluşmaktadır. Muskularis tabakasının hemen altında ise gevşek bağ dokusundan oluşan submukoza tabakası yer alır. En iç kısımda lümeni çevreleyen, tek katlı basit silindirik epitel hücrelerden oluşan, goblet hücrelerini ve yer yer endokrin hücrelerini barındıran mukoza tabakası belirlendi (Şekil 1). Sindirim kanalı çalışılan diğer balıklarla benzerlik göstermektedir (Takashima, 1995; Cao ve Wang, 2009). Bu kısımlar Van balığı sindirim kanalında olduğu gibi en dışta kanalı saran seröz tabakası, onun hemen altında kas dokusundan oluşan muskularis tabakası, bol miktarda kan damarı içeren ve hücresel bağ dokudan oluşan submukoza tabakası ve iç kısımda lümeni çevreleyen, goblet hücrelerinin yoğun olarak bulunduğu ve kıvrımlardan oluşan mukoza tabakasından meydana gelmektedir (Genten ve ark., 2009; Ofelio ve ark., 2019). Ancak göl ve akarsudan örneklenen Van balıklarında bu kısımların morfolojik ölçümlerinin değişim gösterdiği belirlendi. Balıklarda bu histolojik farklılıkların besin, yaş, vücut şekli, ağırlık ve beslenme habitatlarından kaynaklı olduğu ifade edilmiştir (Murray ve ark., 1994; Morrison ve Wright, 1999; Mokhtar, 2017). Van Gölünün ekstrem şartları nedeni ile balık belirli omurgasız canlılarla beslenmektedir. Tatlı suya geçtiğinde ise

akıntıya karşı sürüler halinde yüzme, mikrobiyal ve parazitik maruziyet, predator baskısı gibi stress faktörleri yüzünden besin alımını azaltmakta veya tamamen kesmektedir. Van balığı sindirim kanalında gözlenen histolojik farklılıkların da Van Gölü'nün ekstrem şartlarından ve beslenme tarzından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 1. Van Balığı Sindirim Kanalının Enine Kesitinde Histolojik Kısımlar (Se: Seröz tabakası, M: Muskularis tabakası, S: Submukoza tabakası, Mk: Mukoza tabakası, L: Lümen, st: Sirküler kas tabakası, lt: Longitudinal kas tabakası, lp: Lamina propria) (Masson Goldner Trikróm boyası, Bar 200 µm)

Sindirim kanalının ağızdan sonra gelen bölümü olan özofagus, kanalın en kısa kısmını oluşturmaktadır. Bu kısım besinlerin ağızdan mide benzeri yapıya iletiminin sağlandığı yerdir. Özofagusu histolojik olarak incelendiğinde seröz, geniş bir muskularis, submukoza ve mukoz tabakaları görülmüştür. Özofagusa ait muskularis tabakası çizgili kas hücrelerinden oluştuğu belirlendi (Şekil 2A). Gölden ve akarsulardan alınan örneklerde, özofagusta ayırt edilen bu dört tabakanın da mevcut olduğu ancak bu tabakaların kalınlık ve hacimlerinde farklılıklar tespit edilmiştir (Şekil 2A-B).

Balıklarda mukoz tabakasında bulunan kıvrımların direkt olarak besinlerin sindirimi ile ilişkili olduğu görüldü. Mukoz kıvrım hacimlerinin ve kıvrım sayısındaki artışın daha verimli sindirime yol açtığı bildirilmiştir (Humbert ve ark., 1984; Vieira-Lopes ve ark., 2013). Yaptığımız çalışmada da Van balığının maruz kaldığı açlık ve beslenme durumlarına bağlı olarak sindirim kanalı mukoz tabakasında meydana gelen mukoz genişliği, mukoz uzunluğu ve mukoz kıvrım sayılarında farklılıklar belirlendi. Göl ve akarsu örneklerinde ölçülen ortalama özofagus çapları Çizelge 2.'de gösterilmiştir. Buna göre ortalama özofagus çapları gölden alınan örneklerde akarsudan alınan örneklere göre uzun olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Özofagus mukoz genişliğinin gölden alınan örneklerde akarsu örneklerinden daha fazla olduğu tespit edildi ($p<0.05$). Göl ve akarsu ortamından alınan örneklerde özofagusa ait ortalama mukoz uzunluklarını değerlendirildiğinde, özofagus çapı ve mukoz genişliğinde olduğu gibi göl ortamından alınan örneklerde daha fazla olduğu görüldü. Göl ve akarsu ortamlarında bulunan örneklerin özofagusuna ait ortalama muskularis kalınlıkları ölçülmüştür. Özofagus çapı, mukoz genişliği ve mukoz uzunluklarından farklı olarak,

özofagusa ait ortalama muskularis kalınlığının akarsu ortamında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Her iki ortamdaki balıkların özofagusuna ait submukoza kalınlıkları incelendiğinde özofagusa ait muskularis kalınlığında olduğu gibi akarsu ortamındaki balıklarda daha kalın olduğu görüldü. Göl ve akarsu ortamlarından alınan Van balığına ait özofagus kısımlarının uzunlukları ölçüldü (Çizelge 2). Göl ortamında bulunan balıkların özofagus uzunluklarının akarsu ortamında bulunan balıkların ortalama özofagus uzunluklarından daha fazla olduğu belirlendi.

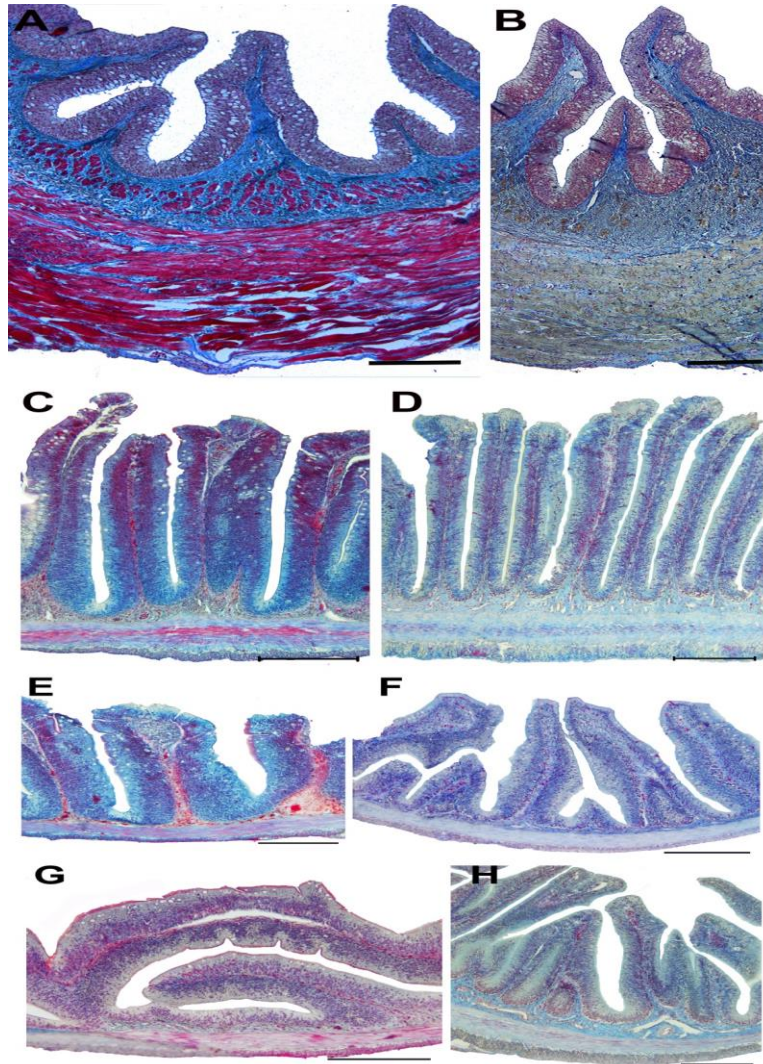
Van balığının sindirim kanalında belirgin bir mide yapısı mevcut değildir. Kanalin özofagus bitiminde yapısal olarak genişlemiş, sitolojik, histolojik ve hormonal olarak farklılaşmış bir yapıya sahiptir. Van balığında fundus, pilorik ve korpus kısımlarının bulunduğu mide yapısı bulunmamaktadır. Mide benzeri yapı da histolojik olarak seröz, diğer sindirim kanallarına kıyasla ince bir muskularis, submukoza ve mukoza tabakalarından oluştuğu belirlenmiştir. Balığın histolojik yapısı diğer kısımlarla benzer şekilde olup, katman kalınlıkları hem kısımlar arasında hem de göl ve akarsu gibi farklı ortamlarda farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$) (Çizelge 2). Göl ve akarsu ortamlarında bulunan örnekler mide benzeri yapılarının çapları incelenmiştir. Özofagus kısmında da olduğu gibi mide benzeri yapının çapında göl ortamından daha geniş olduğu görüldü. Göl ve akarsu ortamlarından alınan balıkların mide benzeri yapılarına ait ortalama mukoza genişliklerine bakıldığında göl ortamdaki balıklara ait değerlerin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Mide benzeri yapıdaki mukoza genişliğini özofagusa ait mukoza genişliğine benzer şekilde göl ortamında fazla olduğu görülmüştür. Mide benzeri yapıya ait mukoza uzunluğunun göl ortamında akarsu ortamına göre daha uzun olduğu belirlenmiştir. Hem mide benzeri yapıya ait mukoza uzunluğunun hem de özofagusa ait mukoza uzunluğunun göl ortamında daha fazla olduğu görüldü. Mide benzeri yapının mukoza kıvrımları, mukoza genişliği ve mukoza uzunluğundan farklı olarak akarsu ortamında bulunan örneklerde daha fazla olduğu gözlenmiştir. Mide benzeri yapıya ait mukoza kıvrımları akarsu ortamında göl ortamına oranla daha fazla olması özofagusa ait mukoza kıvrımları ile benzerlik göstermektedir. Göl ve akarsu ortamlarında bulunan örneklerde mide benzeri yapıya ait ortalama muskularis kalınlığı ölçüldüğünde akarsu ortamındaki balıklardan daha fazla olduğu belirlendi. Bu sonuç özofagusa ait muskularis kalınlığı ile benzerlik göstermektedir. Mide benzeri yapıya ait mukoza genişliği ve mukoza uzunluğu ile farklılık görülmektedir ($p<0,05$) Ancak mide benzeri yapıya ait mukoza kıvrımlarında da olduğu gibi akarsu ortamında farklılık mevcuttur. Balık göl ve akarsu ortamlarında incelendiğinde, mide benzeri yapının submukoza kalınlığı akarsu ortamında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Özofagus submukoza kalınlığında olduğu gibi mide benzeri yapıda da akarsu ortamında daha geniş olduğu gözlemlendi. Göl ve akarsu ortamlarında bulunan örneklerin mide benzeri yapıları ölçüldüğünde göl ortamında bulunan balıklarda daha uzun olduğu tespit edildi. Van balığının mide benzeri yapının uzunluğu da özofagus uzunluğunda olduğu gibi göl ortamlarında daha fazladır.

Van balığının sindirim kanalında mide benzeri yapıyı takip eden ve rektuma kadar uzanan yapıyı bağırsak oluşturmaktadır. Bu kısımda morfolojik ve histolojik olarak farklılar görülmektedir ($p<0,05$). Van balığında bu farklılıklar sonucunda bağırsak iki kısımdan oluştuğu belirlendi. İlk kısım anterior bağırsak, rektuma yakın olan ikinci kısım ise posterior bağırsak olarak adlandırıldı. Anterior bağırsağın daha kalın bir yapıda olduğu görüldü.

Anterior bağırsak, Van balığının sindirim kanalında mide benzeri yapıdan hemen sonra gelen kısımdır. Morfolojik olarak mide benzeri yapıdan daha ince iken mukoza kıvrımları olarak da farklılık göstermektedir. Mukoza kıvrımları basit silindirik hücrelerden oluşmaktadır ve çoğunlukla goblet hücrelerinin yoğun olarak bulunduğu kısımdır. Bu histolojik tabakaların ise göl ve akarsu ortamlarından alınan balıklarda farklılıkların olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Van balığında anterior bağırsak çapının göl ortamında buluna balıklarda, akarsu ortamında bulunan balıklara göre daha geniş

olduğu görülmüştür. Göl ve akarsu ortamlarında anterior bağırsağa ait mukoza genişliği, özofagus ve mide benzeri yapıda olduğu gibi göl ortamında daha geniş olduğu belirlendi. Göl ve akarsu ortamlarında bulunan örneklerin anterior bağırsağına ait mukoza uzunlukları ölçüldü. Akarsuda bulunan balıklarda daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Özofagus ve mide benzeri yapıya ait mukoza uzunlukları göl ortamında uzun olduğu görülmesine rağmen anterior bağırsak da akarsu ortamında uzun olduğu belirlendi. Anterior bağırsağa ait mukoza kıvrımları göl ortamında bulunan balıklarda daha fazla olduğu görülmüştür. Özofagus ve mide benzeri yapıda bulunan mukoza kıvrımlarının ise anterior bağırsaktan farklı olarak akarsu ortamındaki balıklarda daha fazla olduğu gözlemlendi. Göl ve akarsu ortamlarında bulunan örneklerin anterior bağırsağına ait muskularis tabakası kalınlıkları incelenmiştir. Muskularis kalınlığı akarsu ortamında bulunan balıklarda daha kalın olduğu gözlemlendi. Van balığının anterior bağırsağına ait submukoza kalınlığının göl ortamında akarsu ortamına göre daha kalın olduğu görülmüştür. Submukoza kalınlığı özofagus ve mide benzeri yapıda ise anterior bağırsaktan farklı olarak akarsu ortamında kalındı. Anterior bağırsak uzunluğunun göl ortamındaki balıklarda akarsu ortamındaki balıklara oranla daha uzun olduğu belirlendi.

Posterior bağırsak, Van balığının sindirim kanalının son kısmını oluşturmaktadır. Anterior bağırsaktan daha ince yapıdadır. Mukoza kıvrımları da diğer bölgelere göre farklılık göstermektedir. Posterior bağırsak, anüs boşluğuna açılarak sonlanmaktadır. Posterior bağırsak da histolojik olarak seröz, muskularis, submukoza ve mukoza olmak üzere dört tabakadan meydana gelmektedir. Bu tabakalar incelendiğinde göl ve akarsu ortamlarından alınan balıklarda farklılıklar gözlemlendiği belirlendi ($p<0,05$) (Çizelge 2). Posterior bağırsağın çapı diğer tüm kısımlarda olduğu gibi göl ortamında akarsu ortamına göre daha geniş olduğu gözlemlendi. Göl ve akarsu ortamlarında bulunan örneklerin posterior bağırsağına ait mukoza genişliklerine bakıldığında göl ortamında bulunan balıklarda daha geniş olduğu belirlendi. Sindirim kanalı boyunca mukoza genişliğinin göl ortamında bulunan balıklarda akarsu ortamında bulunan balıklara oranla daha geniş olduğu belirlendi. Balık posterior bağırsağına ait mukoza uzunluğu göl ve akarsu ortamlarında incelendiğinde akarsu ortamında bulunan balıklarda daha uzun olduğu görülmüştür. Sindirim kanalı boyunca mukoza uzunluğu incelendiğinde özofagus ve mide benzeri yapıda göl ortamında bulunan balıklarda daha uzun iken, anterior ve posterior bağırsaklarda ise akarsu ortamında bulunan örneklerin daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Posterior bağırsak mukoza kıvrımları göl ortamında bulunan örneklerde daha fazla olduğu görülmüştür. Sindirim kanalı boyunca mukoza kıvrımları incelendiğinde özofagus ve mide benzeri yapıda göl ortamında bulunan örneklerde daha fazla iken, anterior ve posterior bağırsaklarda ise akarsu ortamında bulunan balıklarda daha fazla olduğu belirlenmiştir. Posterior bağırsağına ait muskularis kalınlığı iki ortamda da ölçüldüğünde akarsu ortamında bulunan balıklarda daha kalın olduğu gözlemlendi. Sindirim kanalı boyunca muskularis kalınlığının göl ortamında bulunan örneklerde daha kalın olduğu tespit edildi. Göl ve akarsu ortamında bulunan örneklerin posterior bağırsağına ait submukoza tabakası kalınlığının akarsu ortamında bulunan balıklarda daha kalın olduğu görüldü. Sindirim kanalı boyunca ise özofagus, mide benzeri yapı ve posterior bağırsakta akarsu ortamında bulunan balıklarda submukoza tabakası daha kalın iken anterior bağırsakta ise göl ortamında bulunan balıklarda daha kalın olduğu belirlendi. Her iki ortamda bulunan örneklerin posterior uzunlukları ölçüldüğünde göl ortamında bulunan örneklerin daha uzun olduğu tespit edildi. Sindirim kanalı kısımlarının göl ortamında bulunan örneklerin daha uzun olduğu belirlendi (Çizelge 2).



Şekil 2: Van Balığının Sindirim Kanalı Kısımları (A-B: Özofagus, C-D: Mide benzeri yapı, E-F: Anterior bağırsak, G-H: Posterior bağırsak) (A-C-E-G: Göl ortamı, B-D-F-H: Akarsu ortamı) (Masson Trikróm Boyama 100µm)

Çizelge 2. Van Balığı Sindirim Kanalı Dokusunun Histolojik Katmanlarının Ölçümü

Değer	n	Özofagus		Mide Benzeri Yapı		Anterior Bağırsak		Posterior Bağırsak	
		Göl	Akarsu	Göl	Akarsu	Göl	Akarsu	Göl	Akarsu
Çap (µm)	7	2272.29 ± 92.02*	2211.86 ± 159.93	4972.13 ± 330.76*	4933.05 ± 476.41	2585.97 ± 176.53*	2145.00 ± 152.17	2314.85 ± 193.25*	1922.25 ± 211.89
Muskularis Kalınlığı (µm)	7	471.96 ± 38.03	558.97 ± 46.68*	74.07 ± 5.17	161.03 ± 12.89*	6375 ± 4.87	104.49 ± 8.03*	50.46 ± 2.52	99.12 ± 7.64*
Submukoza Kalınlığı (µm)	7	144.72 ± 21.43	178.88 ± 32.46*	55.85 ± 5.17	57.89 ± 4.57*	43.02 ± 3.47*	41.75 ± 4.37	40.10 ± 1.85	49.14 ± 4.31*
Mukoza Uzunluğu (µm)	7	422.14 ± 35.85*	325.81 ± 29.09	664.64 ± 63.25*	588.32 ± 28.07	476.96 ± 43.54	548.10 ± 29.40*	475.95 ± 28.90	502.56 ± 41.20*
Mukoza Genişliği (µm)	7	160.71 ± 17.75*	118.40 ± 3.59	183.40 ± 17.23*	135.11 ± 9.91	163.73 ± 10.94*	115.84 ± 9.57	137.65 ± 7.18*	117.12 ± 5.90
Mukoza Kıvrımları (µm)	7	9.00 ± 1.19	10.71 ± 0.47*	31.42 ± 1.1	32.28 ± 0.94*	28.00 ± 1.81*	21.28 ± 0.56	29.85 ± 1.42*	21.57 ± 1.28
Uzunluk (cm)	5	1.06 ± 0.04	1.02 ± 0.02	5.98 ± 0.33*	4.88 ± 0.33	6.42 ± 0.28*	4.60 ± 0.43	7.28 ± 0.36*	4.80 ± 0.60

Ölçülen değerler ortalama ± standart hata olarak verilmiştir. n: 7, *:değerler arasındaki istatistiksel farklılığı gösterir (p<0.05).

SONUÇ

Sonuç olarak, Van balığı üreme göçü sırasında sindirim kanalındaki histolojik ve morfometrik değişimlerin balığın osmoregülasyonu ve beslenmesi ile ilgili olduğu belirlendi. Tatlı sudan örneklenen balıkların mide içeriğinin az miktarda veya boş olduğu gözlemlendi. Bu nedenle, histolojik ve morfometrik değişimler üzerinde en etkili faktör besinle birlikte sindirim kanalına giren alkalın, acı suyun da olabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Balık temininde yardımını esirgemeyen Doktor Ahmet SEPİL'e teşekkür ederim. Bu araştırma Van yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Daire Başkanlığı (FDK-2020-8918) tarafından desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Abd El Hafez, E.A., Mokhtar, D.M., Abou-Elhamd, A.S. & Hassan, A.H.S. (2013). Comparative histomorphological studies on oesophagus of catfish and grass carp. *Journal of Histology*, 20-13. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/858674>
- Akkuş, M., Sarı, M., Ekmekçi, F. G. & Yoğurtçuoğlu, B. (2021). The discovery of a microbialite-associated freshwater fish in the world's largest saline soda lake, Lake Van (Turkey). *Zoosystematics and Evolution*, 97(1): 181-189. <http://dx.doi.org/10.3897/zse.97.62120>
- Alkan, Z. & Oğuz, A. R. (2021). Investigation of gill mucus cells of Lake Van fish (*Alburnus tarichi*) during reproductive migration. *Fish Physiology and Biochemistry*, 47(2): 409-419. <https://doi.org/10.1007/s10695-020-00921-6>
- Bancroft, J.D. & Gamble, M. (2002). Theory and practice of histological techniques. 5th. Edinburgh. Churchill Livingstone Pub, 172(5): 593-620
- Bilgili, A. (1995). Van Gölü suyunun doğal kalitesi ve buradan avlanan inci kefalı (*chalcalburnus tarichi*, *Pallas 1811*) örneklerinde bazı ağır metal düzeyleri. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 42(04). https://doi.org/10.1501/Vetfak_0000000753
- Buddington, R. K., Chen, J. W. & Diamond, J. (1987). Genetic and phenotypic adaptation of intestinal nutrient transport to diet in fish. *The Journal of Physiology*, 393(1): 261-281. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1987.sp016823>
- Buddington, R. K. & Kroghdahl, Å. (2004). Hormonal regulation of the fish gastrointestinal tract. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 139(3): 261-271. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2004.09.007>
- Canan, B., Nascimento, W. S., Silva, B. N. & Chellappa S., (2012). Morphohistology of the digestive tract of the damselfish *Stegastes fuscus* (Osteichthyes: Pomacentridae). *The Scientific World Journal*. 2012:787316. <https://doi.org/10.1100/2012/787316>
- Cao, X. J. & Wang, W. M. (2009). Histology and mucin histochemistry of the digestive tract of yellow catfish, *Pelteobagrus fulvidraco*. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 38 (4): 254-261. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2009.00932.x>
- Chatchavalvanich, K., Poonpirom, R. M. J. & Rocha, T. E. (2006). Histology of the digestive tract of the fresh stingray *Himantura signifer* Compagno and Roberts, 1982 (Elasmobranchii, Dasyatidae). *Anatomy and Embryology*, 211: 507-518. <https://doi.org/10.1007/s00429-006-0103-3>

- Çetinkaya, O., Mustafa, S., Fazıl, Ş., Arabacı, M. & Duyar, H. (1994). Van Gölüne Dökülen Karasu Çayının Limnolojik Özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(1): 151-168.
- Çiftçi, Y., Işık, M. A., Alkeveli, T. & Yeşilova, Ç. (2008). Van Gölü havzasının çevre jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 32(2): 45-77.
- Danulat, E. & Selçuk, B. (1996). Life history and environmental conditions of the anadromous *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae) in the highly alkaline Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey. *Archiv fur Hydrobiologie* 126:105–125. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/126/1992/105>
- Ebrahim, A. (2015). Study of the digestive tract of a rare species of Iranian blind cave fish (Iranocypris typhlops). *Biodiversitas*: 6 (16), 173-178. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d160212>
- Elp, M. & Şen, F. (2009). Biological properties of *Capoeta capoeta* (Guldenstaedt, 1773) population living in Karasu Stream (Van, Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(1), 139-142.
- Ergöz, B. & Oğuz, A. R. (2018). Comparison of the histological changes in the digestive tract of Lake Van Fish (*Alburnus tarichi* Güldenstädt, 1814) during reproductive migration. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Journal of Agricultural Sciences*, 28 (Special Issue): 125-134.
- Escaffre, A. M., Kaushik, S. & Mambrini, M. (2007). Morphometric evaluation of changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) due to fish meal replacement with soy protein concentrate. *Aquaculture*, 273(1): 127-138. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.09.028>
- Faccioli, C. K., Chedid, R. A., do Amaral, A. C., Vicentini, I. B. F. & Vicentini, C. A. (2014). Morphology and histochemistry of the digestive tract in carnivorous freshwater *Hemisorubim platyrhynchos* (Siluriformes: Pimelodidae). *Micron*, 64, 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2014.03.011>
- Formicki, K. & Kirschbaum, F. (Eds.). (2019). *The Histology of Fishes*. CRC Press.
- Fugi, R., Agostinho, A. & Hahn, N. S. (2001). Trophic morphology of five benthic feeding fish species of a tropical floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, 61: 27-33. <https://doi.org/10.1590/S0034-71082001000100005>
- Genten, F., Terwinghe, E. & Danguy, A. (2009). *Atlas of Fish Histology*. Science Publishers, Endfield, NH, USA.
- Gonzalez Neves dos Santos, A. F., Neves dos Santos, L. & Gerson Araújo, F. (2011). Digestive tract morphology of the Neotropical piscivorous fish *Cichla kelberi* (Perciformes: Cichlidae) introduced into an oligotrophic Brazilian reservoir. *Revista de Biología Tropical*, 59(3):1245-1255. <https://doi.org/10.15517/rbt.v0i0.3395>
- Grosell, M., Farrell, A. P. & Brauner, C. J. (2010). *Fish physiology: The multifunctional gut of fish*. Academic Press.
- Hernández, D. R., Pérez Gianceselli, M. & Domitrovic, H. A. (2009). Morphology, Histology and Histochemistry of the Digestive System of South American Catfish (*Rhamdia quelen*). *International Journal of Morphology*, 27(1): 105-111. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022009000100019>
- Hossain, A. M. & Dutta, H. M. (2017). Phylogeny, ontogeny, structure and function of digestive tract appendages (caeca) in teleost fish. *Fish Morphology*, 59-76. <https://doi.org/10.1201/9780203755990>
- Humbert, W., Kirsch, R. & Meister, M. F. (1984). Scanning electron microscopic study of the oesophageal mucous layer in the eel, *Anguilla anguilla* L. *Journal of Fish Biology*, 25(1): 117-122. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1984.tb04856.x>
- İribüğday, F. & Oğuz, A. R. (2020). Van Balığı [*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)] Derisindeki Mukus Hücrelerinin Tatlı Su Adaptasyonu Sırasında Değişimi. *Commagene Journal of Biology*, 4(2): 86-90. <https://doi.org/10.31594/commagene.751122>
- Jönsson, E. & Holmgren, S. (2011). Integrated Function and Control of the Gut Endocrine Systems of the Gut. *Encyclopedia of Fish Physiology*, 1341-1347. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374553-8.00070-8>
- Kramer, D. L. & Bryant, M. J. (1995). Intestine length in the fishes of a tropical stream: 2. Relationships to diet the long and short of a convoluted issue. *Environmental Biology of Fishes*, 42(2): 129-141. <https://doi.org/10.1007/BF00001991>

- Mokhtar, D. M., (2017). Fish histology: from cells to organs. Apple Academic Press. New York. <https://doi.org/10.1201/9781315205779>
- Morrison, C. M. & Wright Jr, J. R. (1999). A study of the histology of the digestive tract of the Nile tilapia. *Journal of Fish Biology*, 54(3): 597-606. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1999.tb00638.x>
- Murray, H. M., Wright, G. M. & Goff, G. P. (1994). A comparative histological and histochemical study of the stomach from three species of pleuronectid, the Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*, the yellowtail flounder, *Pleuronectes ferruginea*, and the winter flounder, *Pleuronectes americanus*. *Canadian Journal of Zoology*, 72: 1199-1210. <https://doi.org/10.1139/z94-161>
- Nascimento, W. S., Silva, N. B., Yamamoto, M. E. & Chellappa, S. (2015). Anatomy and histology of the digestive tract of a rare annual fish *hypsolebias antenori* (Rivulidae) from Brazil. *Animal Biology Journal*. 4:1. 1949-498. <https://doi.org/10.15406/jamb.2018.07.00181>
- Ofelio, C., Cohen, S., Adriaens, D., Radaelli, G. & Díaz, A. O. (2019). Histochemistry of goblet cells and micro-computed tomography to study the digestive system in the long-snouted seahorse *Hippocampus guttulatus*. *Aquaculture*, 502: 400-409. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.048>
- Oğuz, A. R. (2013). Environmental regulation of mitochondria-rich cells in *Chalcalburnus tarichi* (Pallas, 1811) during reproductive migration. *The Journal of Membrane Biology*. 246: 183-188. <https://doi.org/10.1007/s00232-012-9518-3>
- Oğuz, A. R. (2015). Histological changes in the gill epithelium of endemic Lake Van Fish (*Chalcalburnus tarichi*) during migration from alkaline water to freshwater. *North-Western Journal of Zoology*. 11:51-57.
- Ostaszewska, T., Dabrowski, K., Hliwa, P., Gomółka, P. & Kwasek, K. (2008). Nutritional regulation of intestine morphology in larval cyprinid fish, silver bream (*Vimba vimba*). *Aquaculture Research*, 39(12): 1268-1278. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01989.x>
- Palmer, J. M. & Greenwood-Van Meerveld, B. (2001). Integrative neuroimmunomodulation of gastrointestinal function during enteric parasitism. *Journal of Parasitology*, 87(3): 483-504. [https://doi.org/10.1645/0022-3395\(2001\)087\[0483:INOGFD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2001)087[0483:INOGFD]2.0.CO;2)
- Park, J. Y. & Kim, I. S. (2001). Histology and mucin histochemistry of the gastrointestinal tract of the mud loach, in relation to respiration. *Journal Fish Biology*, 58:861-872. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00536.x>
- Sumita, M. & Schmincke, H. U. (2013). Impact of volcanism on the evolution of Lake Van II: temporal evolution of explosive volcanism of Nemrut Volcano (eastern Anatolia) during the past ca. 0.4 Ma. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 253: 15-34. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2012.12.009>
- Şen, F., Paruğ, Ş. Ş. & Elp, M. (2015). İnci Kefali'nin (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814) dünü, bugünü ve geleceği üzerine projeksiyonlar. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3): 347-356. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.236420>
- Takashima, F. & Hibiya, T. (1995). An atlas of fish histology normal and pathological features second edition. *The University of Tokyo*. 112: 88-106.
- Timur, G. (2008). *Balık Anatomisi*. Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayın No:33. Nobel Yayın No:1332. 1. Basım. Ankara. 75-76.
- Timur, M. (2006). Balık Fizyolojisi. Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü. İstanbul Üni. Nobel Yayın No:957. 1. Basım., Ankara. 10-11.
- Ünal, G., Çetinkaya, O., Kankaya, E. & Elp, M. (2001). Histological study of the organogenesis of the digestive system and swim bladder of the *Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811 (Cyprinidae). *Turkish Journal of Zoology* (1300-0179), 25: 217-228.
- Vieira-Lopes, D. A., Pinheiro, N. L., Sales, A., Ventura, A., Araújo, F. G., Gomes, I. D. & Nascimento, A. A. (2013). Immunohistochemical study of the digestive tract of *Oligosarcus hepsetus*. *World Journal of Gastroenterology*, 19(12): 1919-1929. <https://doi.org/10.3748/wjg.v19.i12.1919>
- Wilson, J. M. & Castro, L. F. C. (2010). Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. In *Fish physiology*, 30: 1-55. Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(10\)03001-3](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(10)03001-3)