

***Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794)'un Sindirim Kanalının Histolojisi ve Bazı Histokimyasal Özelliklerinin Araştırılması**

Makale Türü
Araştırma

Geliş Tarihi
5 Kasım 2024

Kabul Tarihi
23 Aralık 2024


Halit KARATAŞ¹
Sibel KÖPRÜCÜ²

Özet: Araştırmada Elazığ Keban Baraj Gölü'nden avlanan 5 adet *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794)'un sindirim kanalının histolojik ve histokimyasal özellikleri araştırıldı. *Mastacembelus mastacembelus*'un midesinin kardiak, fundus ve pilorik olmak üzere üç bölümden oluştuğu, her bölümde tunika mukoza, submukoza, tunika muskularis ve tunika serosa tabakalarının bulunduğu tespit edilmiştir. Mukoza tabakasının kıvrımlı yapıda olup prizmatik hücrelerden oluştuğu, kardiak ve fundus bölgelerinde gastrik bezler bulunurken pilorik bölgede bu bezlerin yer almadığı gözlenmiştir. Tüm mide bölümlerinde longitudinal ve sirküler kas katmanları ile tunika serosa tabakaları tespit edilmiştir. Histokimyasal boyamalar sonucunda, mukus hücrelerindeki glukokonjugatların farklı derecelerde reaksiyon gösterdiği belirlenmiştir. *Mastacembelus mastacembelus*'un bağırsakları, ince, orta ve kalın olmak üzere üç bölümde incelenmiştir. Her bölümde, içten dışa doğru tunika mukoza, submukoza, tunika muskularis ve tunika serosa tabakalarının bulunduğu, mukozanın prizmatik epitel hücrelerinden oluştuğu ve bol miktarda goblet hücresi içerdiği gözlemlenmiştir. Longitudinal ve sirküler kas fibrillerinden oluşan tunika muskularis ile bağ dokusundan meydana gelen tunika serosa tabakaları da tespit edilmiştir. Histokimyasal boyama çalışmaları sonucunda, goblet hücrelerinde asidik glukokonjugatların, nötral glukokonjugatlara göre daha baskın olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Mastacembelus mastacembelus*, mide, bağırsak, histoloji, histokimya

Investigation of the Histology and Some Histochemical Properties of the Gastrointestinal Canal of *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794)

Abstract: The study investigated the histological and histochemical characteristics of the digestive tract of five specimens of *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794) specimens caught from the Keban Dam Lake in Elazığ. It has been determined that the stomach of *Mastacembelus mastacembelus* consists of three regions: cardiac, fundus, and pyloric. Each region contains the layers of tunica mucosa, submucosa, tunica muscularis, and tunica serosa. The mucosal layer is observed to be convoluted and composed of prismatic cells. Gastric glands are present in the cardiac and fundus regions, but they are absent in the pyloric region. Longitudinal and circular muscle layers, and tunica serosa layers were identified in all stomach sections. Histochemical staining results showed that the glucoconjugates in the mucus cells showed a variable degree of reaction. The intestines of *Mastacembelus mastacembelus* were examined in three sections: the thin, medium, and thick intestines. In each section, the layers of tunica mucosa, submucosa, tunica muscularis, and tunica serosa were identified, with the mucosa consisting of prismatic epithelial cells and containing a large number of goblet cells. The tunica muscularis, consisting of longitudinal and circular muscle fibres, and the tunica serosa consisting of connective tissue, were

¹  halitkaratas85@hotmail.com, Elazığ /Türkiye

²  Corresponding author, skoprucu@firat.edu.tr, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Elazığ/Türkiye

also observed. Histochemical staining studies showed that acidic glucoconjugates were more abundant in goblet cells than neutral glucoconjugates.

Keywords: *Mastacembelus mastacembelus*, stomach, intestine, histology, histochemistry

GİRİŞ

Dikenli tatlısu yılan balığı olarak bilinen tür, araştırmacılar tarafından farklı adlarla anılsa da en son *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794) olarak kabul görmüştür. Türkiye’de sadece Mastacembelidae familyasının Mastacembelus cinsine ait ve familyanın tüm karakteristik özelliklerini taşıyan *Mastacembelus mastacembelus* türü yaşamaktadır (Kuru, 1975). Yılan balığını andıran ince uzun bir yapısı ve dorsal yüzgeçte bulunan karakteristik dikenleriyle bilinir. Çamurlu ve kumlu zemine sahip bitki örtüsünün yoğun bulunduğu alanlarda gizlenir ve beslenmek için geceleri yuvadan çıkar. Avlanması zor bir tür olarak bilinir. Su kaynakları kurduğunda bile toprak altına gömülerek belirli bir süre hayatta kalabilirler. Solunum hareketlerini durdurabildikleri dönemlerde kısa veya uzun süreli dinlenmeye geçebilir, adeta kış uykusuna yatabilirler (Vreven, 2004). Beslenme alışkanlıkları hakkında çok fazla bilgi bulunmasa da, genelde karnivor oldukları ve diğer balıkların yumurta ile larvalarını tüketebildikleri bilinmektedir. Bazı türler ekonomik açıdan avcılıkta önem taşıırken, bazıları akvaryum balıkçılığı açısından değerlidir. Çoğunlukla düşük rakımlarda bulunmakla birlikte değişik coğrafik şartlarda uyum sağladığı da gözlemlenmiştir (Geldiay ve Balık, 1988; Coad ve Keivany, 2002; Jalali vd., 2008).

M. mastacembelus balıklarının çeşitli organlarında ağır metal birikimi (Karadede vd., 1997; Eroğlu vd., 2017a, b), boy ağırlık ilişkileri (Kılıç, 2002; Pazira vd., 2005; Gümüş vd., 2010; Çoban vd., 2021), üreme biyolojisi (Eroğlu ve Şen 2007; Oymak vd., 2009; Şahinöz vd., 2006a; Şahinöz vd., 2006b), omur ve yüzgeç ışınlarının metrik meristik ölçüleri (Vreven, 2005; Kara vd., 2014), coğrafik dağılımı (Vreven, 2004), morfolojik özellikleri (Çakmak ve Alp, 2010), besin kaynağı olarak (Olgunoğlu, 2011), türün parazit faunaları (Jalali vd., 2008; Bashe ve Abdullah, 2010), bazı organlarının histolojik yapıları (Dauod vd., 2011; Dabak ve Köprücü, 2022; Suiçer ve Köprücü, 2023) ve otolit büyüklüğü (Eroğlu ve Şen, 2009, 2012) araştırılmıştır.

Mide-bağırsak sistemi, vücudun besinleri sindirme, emme ve atıkları uzaklaştırma süreçlerinde kritik bir rol oynar. Mide-bağırsak sistemi ayrıca bağışıklık fonksiyonları için de önemlidir; bağırsaklardaki yararlı bakteriler, zararlı mikroorganizmalarla savaşarak vücut sağlığını destekler. Bu sistemin sağlığı, beslenmeden bağışıklığa kadar vücudun birçok işlevi için temel öneme sahiptir. Mide bağırsak sisteminde yer alan hücrelerin, dokuların ve katmanların detaylı olarak anlaşılması, sindirim sürecinin nasıl gerçekleştiğini ve besinlerin nasıl emildiğini hangi hücre ya da doku türlerinin hangi işlevlerde rol aldığını açıklığa kavuşturur (Köprücü ve Yaman, 2016). Histolojik çalışmalar ayrıca mide ve bağırsaklarda meydana gelebilecek hastalıkların erken teşhisi ve doğru tedavisi için de önemlidir. *M. mastacembalus* üzerine birçok yönden araştırmaları mevcutken mide bağırsak kanalının histolojik yapısıyla ilgili araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu araştırmada mide bağırsak kanalının histolojik yapısı ele alınmıştır.

MATERYAL ve METOT

Araştırmada Elazığ ili Keban Baraj Gölü’nde avcılık yapmakta olan balıkçılardan canlı olarak temin edilen 5 adet *M. mastacembelus* kullanıldı (Şekil 1). Araştırmada toplam 5 adet balık kullanıldı. Balıkların boy ve ağırlık ölçüleri alındıktan sonra usulüne uygun şekilde otopsi yapıldıktan sonra mide ve bağırsakları %10 luk nötral formalinli solüsyonda tespit edildi. Doku numuneleri rutin doku

prosedüründen geçirildikten sonra 5-7 mikron kalınlığında kesilerek boyamalar yapıldı (Luna, 1968). Yapılan histokimyasal boyamalar ve amacı Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada uygulanan histokimyasal boyamalar.

Uygulanan yöntemler	Uygulanan yöntemin amacı	Literatür
Hematoksilen & Eozin Boyaması	Rutin inceleme	Luna, (1968)
Crossman Üçlü Boyaması	Rutin inceleme	Crossman, (1937)
Alsiyan Mavisi (AB) pH 0,4	Güçlü sülfatlı glikokonjugatların belirlenmesi	Luna, (1968)
Alsiyan Mavisi (AB) pH 1,0	O-Sülfat esterli glikokonjugatların belirlenmesi	Luna, (1968)
Alsiyan Mavisi (AB) pH 2,5	Asidik glikokonjugatların belirlenmesi	Gomari, (1952)
Aldehit Fuksin (AF)	Sülfatlı glikokonjugatların belirlenmesi	Spicer ve Mayer, (1960)
AF / AB pH 2,5	Sülfatlı ve asidik glikokonjugatların karşılaştırılması	Luna, (1968)
Periyodik Asit-Shiff (PAS)	Nötral glikokonjugatların belirlenmesi	Luna, (1968)
PAS / AB pH 2,5	Nötral ve asidik glikokonjugatların karşılaştırılması	Luna, (1968)
Saponifikasyon (KOH) / PAS	Siyalik asitli glikokonjugatların belirlenmesi	Culling vd., (1976)



Şekil 1. *Mastacembelus mastacembelus*'larda boy ölçümü.

BULGULAR

Mide

Mastacembelus mastacembelus'un mide ve bağırsaklarının makroskopik analizinde, midenin J şeklinde olduğu ve özofagusla birleşen kısmının kardiyak, bağırsak başlangıcıyla birleşen bölümünün pilorik, kardiyak ve pilorik arasında yer alan kısmının ise fundus mide olarak tanımlanarak, histolojik yapıları ve histokimyasal özellikleri (Tablo 2) değerlendirildi.

Tablo 2. *M. mastacembelus*'un mide ve bağırsağına yapılan histokimyasal boyama reaksiyonları.

Histokimyasal boyamalar	Mide			Bağırsak		
	Kardiyak	Fundus	Pilorik	İnce	Orta	Kalın
Periyodik Asit-Shiff (PAS)	+++	+++	+	+	+	+
PAS / AB pH 2,5	+++/+++	+++/++	++/+++	+/+++	+/+++	+/+++
Saponifikasyon (KOH) / PAS	++/++	-/++	-/++	-	-/+	-/+
Alsiyan Mavisi (AB) pH 0,4	-	-	++	+	+++	-
Alsiyan Mavisi (AB) pH 1,0	+++	+	++	++	++	++
Alsiyan Mavisi (AB) pH 2,5	++	+	+++	+++	+++	+++
Aldehit Fuksin (AF)	-	-	-	-	-	-
AF / AB pH 2,5	-/++	-/+	-/+++	-/+++	-/+++	-/+++

Kardiak Mide

Kardiak midenin yapısının tunika mukoza, submukoza, t. muskularis ve t. serosa tabakalarından oluştuğu belirlenmiştir. Bol kıvrımlı olan tunika mukozanın altında lamina propria yer almakta, ardından submukoza, muskularis tabaka ve en dışta tunika serosa tabakası sırasıyla konumlanmaktadır. Tunika mukozanın lümene bakan kısmında, tek katlı çekirdekleri merkeze lokalize prizmatik epitel hücreleri ve bu hücrelerin arasında yer alan bol miktarda yuvarlak şekilli mukus hücrelerini içeren lamina epitelyalis tabakası bulunmaktaydı (Şekil 2A). Bunun hemen altında çok sayıda salgı bezinin bulunduğu glandular epitelyum ile kompakt bağ dokusundan meydana gelen lamina propria dikkati çekmektedir. Submukozada ise, lamina propriaya göre daha gevşek bir yapı sergileyen bağ dokusu, kan damarları ve sinir pleksüslerinin varlığı kaydedilmiştir (Şekil 2B).

İçte kısımda sirküler ve dışta kısımda longitudinal kas fibrillerinden oluşan t. mükularis tabakası belirlenmiştir. Sirküler kas tabakasının, longitudinal kas tabakasına göre bazı bölgelerde daha kalın olduğu gözlemlenmiştir. Tunika muskularisin en dış kısmında bulunan tunika serosa tabakasının oldukça ince ve gevşek bağ dokusundan oluştuğu belirlenmiştir.

Histokimyasal boyama işlemlerinde, nötral glikokonjugatların belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen Periyodik Asit-Schiff (PAS) boyamasında farklı seviyelerde reaksiyonlar gözlemlenmiştir (Şekil 3A). Bazı hücrelerin kuvvetli (koyu pembe), bazılarının ise zayıf (açık pembe) reaksiyon gösterdiği, ayrıca bazı hücrelerin her iki reaksiyonu (mor) bir arada barındırdığı tespit edilmiştir.

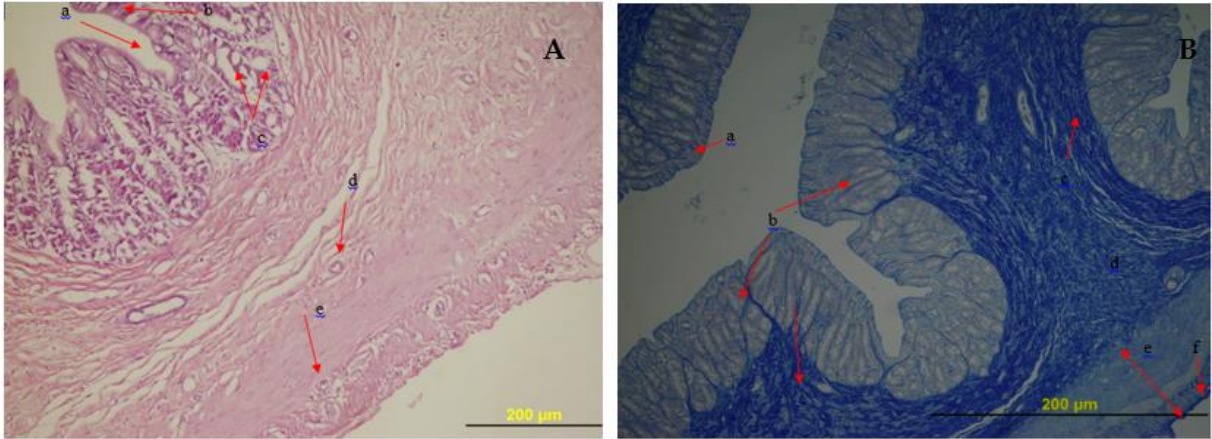
PAS + AB pH 2,5 boyamasında ise, mukus hücrelerinin hem asidik (mavi), hem nötral (pembe) hem de her ikisini birden içeren reaksiyonlara (mor) rastlanmıştır (Şekil 3B). Nötral glikokonjugatlar, diğerlerine göre daha az miktarda bulunmuştur.

Siyalik asit içeren glikokonjugatların tespitine yönelik gerçekleştirilen KOH/PAS boyamasında, eşit oranlarda bir reaksiyon gözlemlenmiştir (Şekil 4A). Lamina propria yönüne bakan mukus hücrelerinin genellikle pembe renkte, lümene bakan ya da lümene yakın olan hücrelerin ise mor renkte olduğu belirlenmiştir.

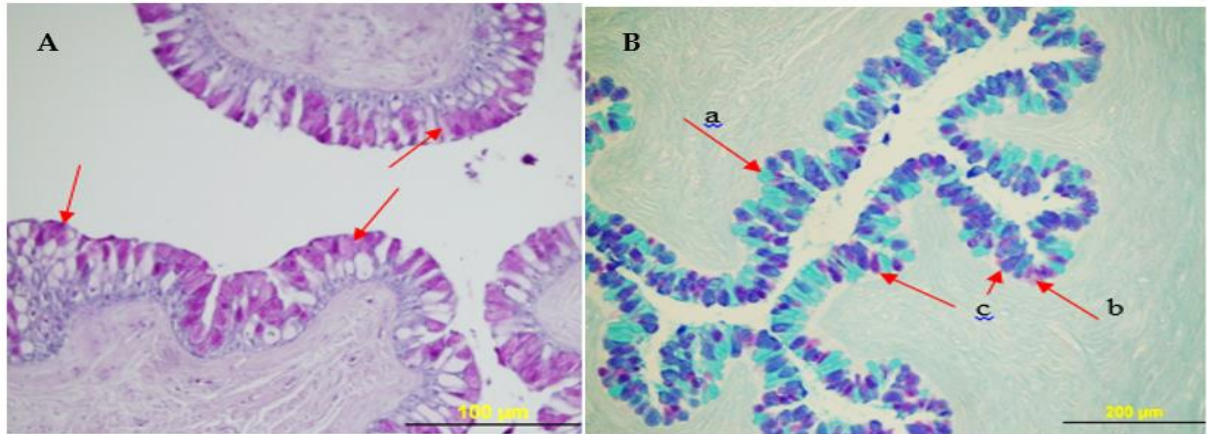
Güçlü sülfatlı glikokonjugatların tespitinde AB pH 0,4 negatif sonuç vermiştir. O-esterli glikokonjugatları belirlemek için uygulanan AB pH 1,0 boyaması ise güçlü bir pozitif reaksiyon göstermiştir (Şekil 4B). Ayrıca, asidik glikokonjugatların varlığını ortaya koyan AB pH 2,5 boyaması da pozitif sonuç vermiştir (Şekil 5A).

Sülfatlı glikokonjugatların tespitine yönelik gerçekleştirilen Aldehit fuksin (AF) boyaması negatif bir reaksiyon vermiştir. Bununla birlikte, sülfatlı ve asidik glikokonjugatların kompozisyonunu belirlemek

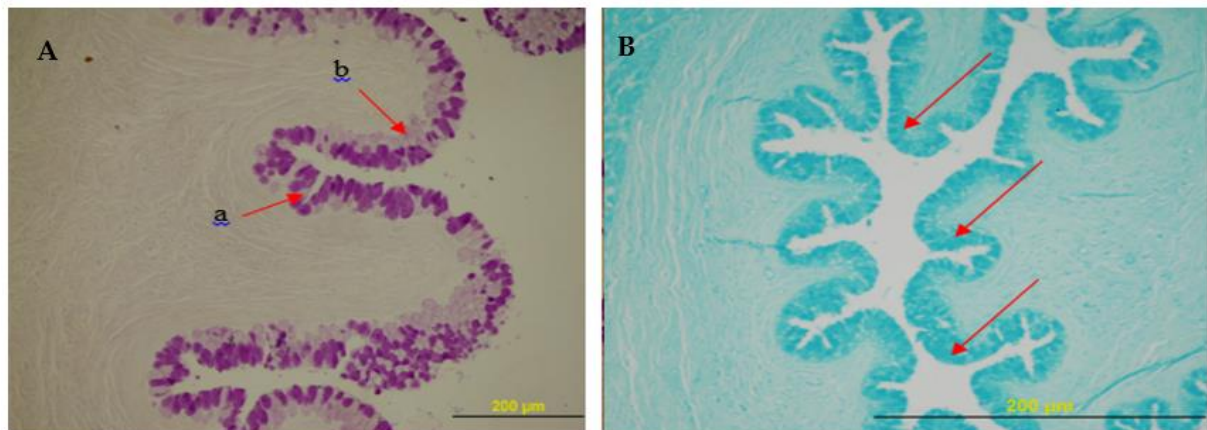
için AF/AB pH 2,5 da, AF'nin negatif sonuç verdiği, AB pH 2,5'in ise baskın olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5B).



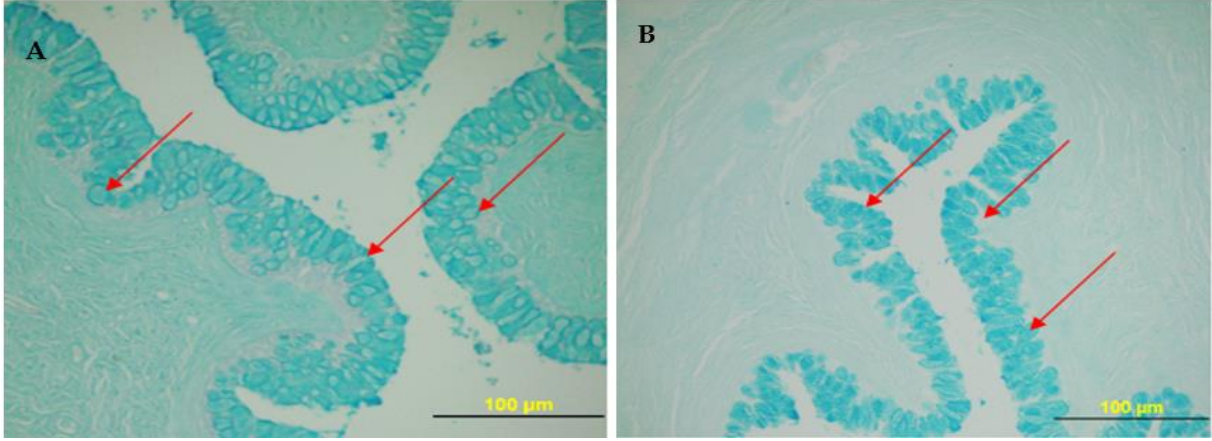
Şekil 2. A: a) Gastrik pit b) prizmatik epit. Hüc. c)Mukus hüç. d) Kan damarı e) Sinir pleksüsü (H&E), B: a) Lam. Epitel. b) Gland. Epitel. c) Lam. propria d) Submukoza e) T. mürkularis f) T. seroza (crossman).



Şekil 3. A: K. midede farklı derecelerdeki PAS pozitif mukus hüçreleri, (PAS), B: AB pozitif (a), PAS zayıf pozitif (b), ikisini birden içeren mukus hüç. (c), (PAS/AB pH 2,5).



Şekil 4. A: Kardiyak midede, KOH (a) ve PAS (b) orta derecede pozitif mukus hüçreleri (KOH/PAS), B: Kardiyak midede AB pH 1,0 kuvvetli pozitiflik gösteren mukus hüçreleri.

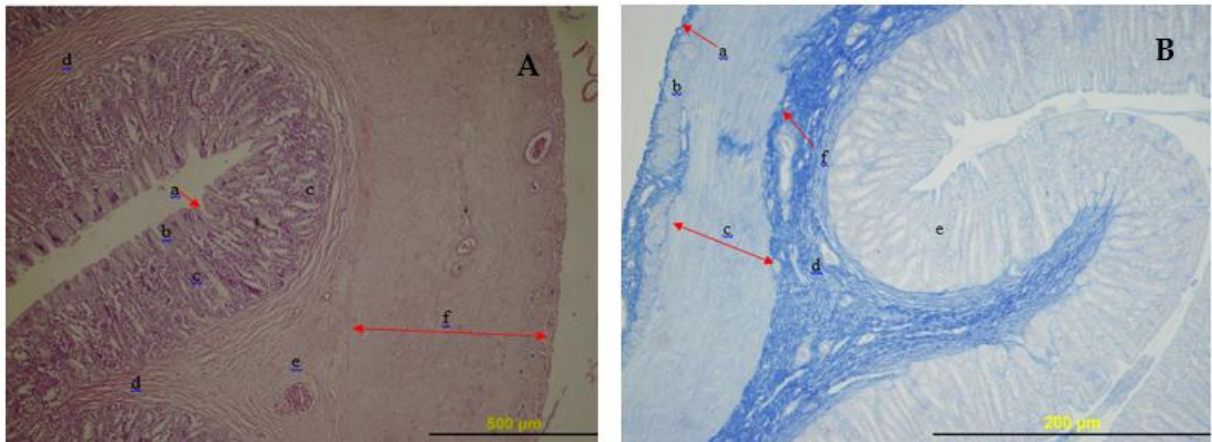


Şekil 5. A: Kardiyak midede AB pH 2,5 boyaması, orta derecede pozitiflik gösteren mukus hücreleri, **B:** Kardiyak midede, AB pH'in orta derecede pozitiflik gösteren mukus hücreleri (AF/AB pH 2,5).

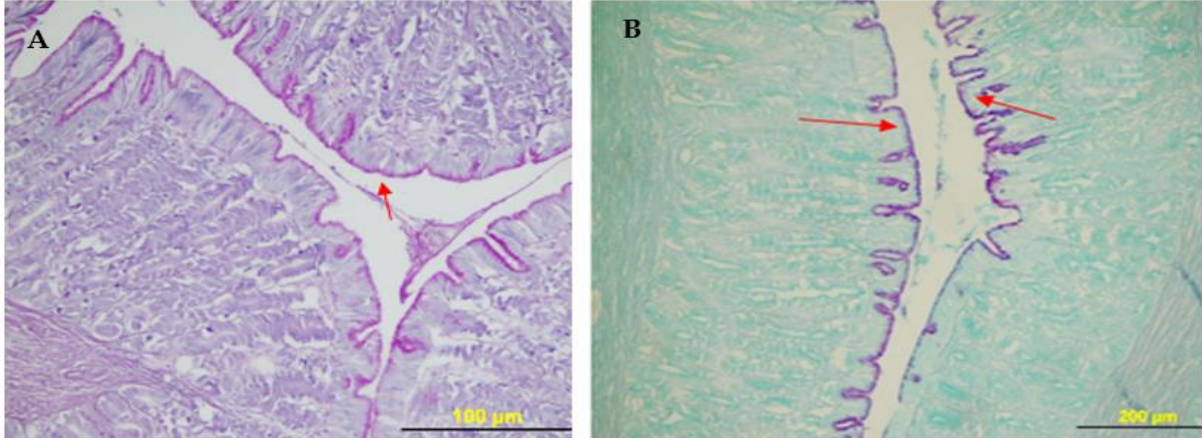
Fundus Mide

Kardiyak mideye göre fundus mide daha geniş bir lümenine sahiptir. Histolojik olarak, fundus mide de kardiyak midedeki gibi dört farklı yapı mevcuttur. Lumen boyunca yer alan primer ve sekonder kıvrımlar ile gastrik pitlere sahip olan mukozada, tek katlı prizmatik epitel hücrelerinden oluşan lamina epiteliyalis belirlendi (Şekil 6A). Lamina epiteliyalisin altında, tubuler yapıdaki fundus bezlerinin bulunduğu glandüler epitelyum gözlemlendi. Bu bezlerin lümenleri açık olup, hücre çekirdekleri merkezde yer alıyordu. Bağ dokusundan oluşan submukozada ise, yer yer irili ufaklı kan damarları ve sinir pleksüsleri dikkati çekti. Tunika muskularis tabakasında, içte bulunan sirküler kas katmanının, dışta yer alan longitudinal kas katmanından 4-5 kat daha fazla kalın olduğu belirlendi. En dışta bulunan ve gevşek bağ dokudan oluşan tunika serosa tabakası ise çok ince bir yapıya sahiptir (Şekil 6B).

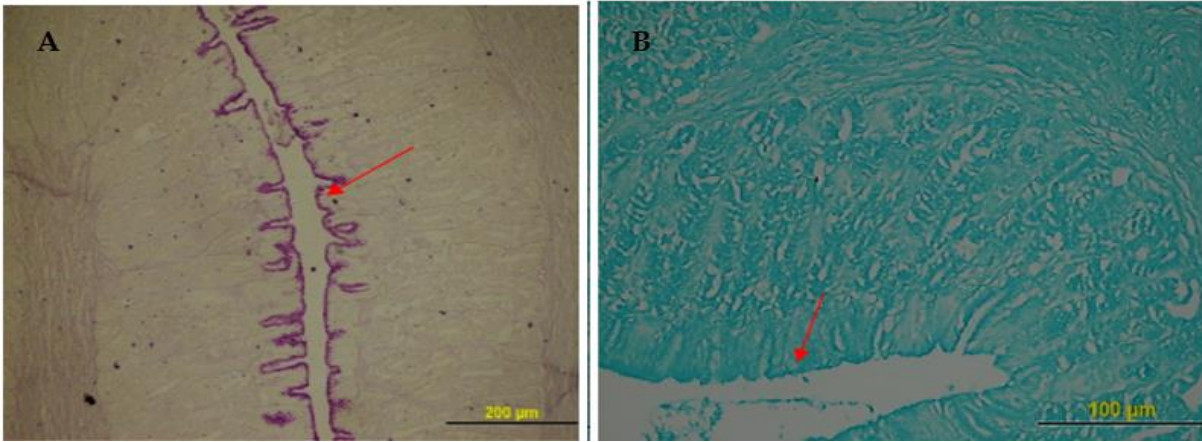
Histokimyasal boyamalarda; PAS, L. epiteliyalisin boşluğa bakan kısımlarında pozitif görüldü (Şekil 7A). PAS+AB pH 2.5 boyamasında (Şekil 7B), PAS lamina epiteliyalisin lümenine bakan yüzeylerinde, AB pH 2,5 a göre etkin, yine aynı şekilde, KOH/PAS da PAS pozitif hücrelerin etkin olduğu dikkati çekti (Şekil 8A). Bunun yanısıra AB pH 0,4 negatif, AB pH 1,0 (Şekil 8B) ve AB pH 2,5 boyaması zayıf reaksiyon gösterirken, AF negatif reaksiyon verdiği belirlendi, AF/AB pH 2,5 ise glandüler epitelyumun lümenine bakan yüzleri AB pH 2,5 zayıf reaksiyonu göstermiştir.



Şekil 6. A: Fundus midede a) Gastrik pit b) Lam. epiteliyalis c) glandüler epitelyum d) Lam. propria e) Submukoza f) T. muskulariz (H&E), **B:** Fundus midede a) T. seroza, b) L. kas fibril. c) S. kas fibril. d) Submukoza e) Gland. epitelyum f) Sinir pleksüsü (Crossman).



Şekil 7. A: Fundus midedeki PAS pozitiflik gösteren epitel hücreleri (PAS), B: Fundus mide epitelindeki kuvvetli PAS pozitiflik (PAS+AB pH 2,5).



Şekil 8. A: Fundus midede, PAS pozitif epitel hücreleri (KOH/PAS), B: Fundus midede AB pH 1,0 zayıf derecede pozitiflik gösteren epitel hücreler.

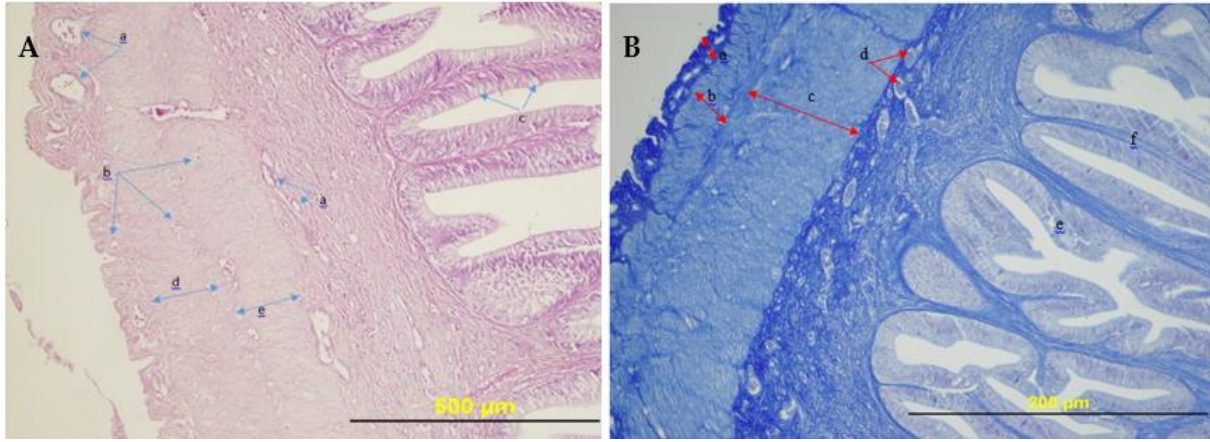
Pilorik Mide

Kardiak ve fundus midesindeki gibi histolojik olarak pilorik mide de dört ayrı tabakadan oluşmaktadır. Lamina epitelyalis tabakası, primer ve sekonder kıvrımlarla birlikte tek katlı prizmatik epitel hücrelerinden meydana gelmiştir. Bu bölgede bulunan gastrik pitler, fundus ve kardiak mideye kıyasla daha derin bir yapı göstermektedir. Ayrıca, bu epitel hücrelerinin arasında zaman zaman mukus salgılayan hücreler de yer almaktadır (Şekil 9A). Mukozasında fundus ve kardiak midenin tersine bezlerle karşılaşmamıştır. Lamina epitelyalinin tabakasının altında yine sıkı bağ dokudan oluşmuş lamina propria, bunun hemen altında daha gevşek bağ dokudan oluşmuş içinde irili ufaklı kan damarları bulunan submukoza tabakası gözlemlendi.

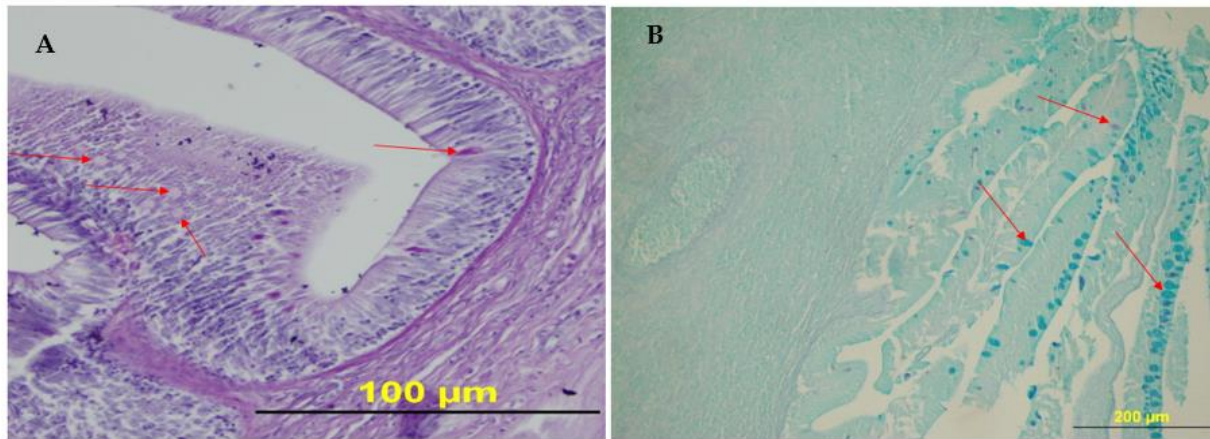
Dış kısımda longitudinal, iç kısımda ise bunun 3-4 katı kalınlığında sirküler kas liflerinden oluşan tunika muskularis tabakası kardiak mideye göre daha kalın olup fundus midesiyle benzer bir kalınlığa sahiptir (Şekil 9B). En dışta ince bir bağ dokudan meydana gelen T. serosa tabakası bulunmaktadır.

Histokimyasal olarak; lamina epitelyalinin aralarında yeralan mukus hücreleri PAS pozitif reaksiyon (Şekil 10A), PAS+AB pH 2,5 boyamasında ise (Şekil 10B), AB pH 2,5 in PAS a göre etkin olduğu belirlendi. KOH/PAS (Şekil 11A.) da PAS pozitif hücrelerin etkin olduğu dikkati çekti.

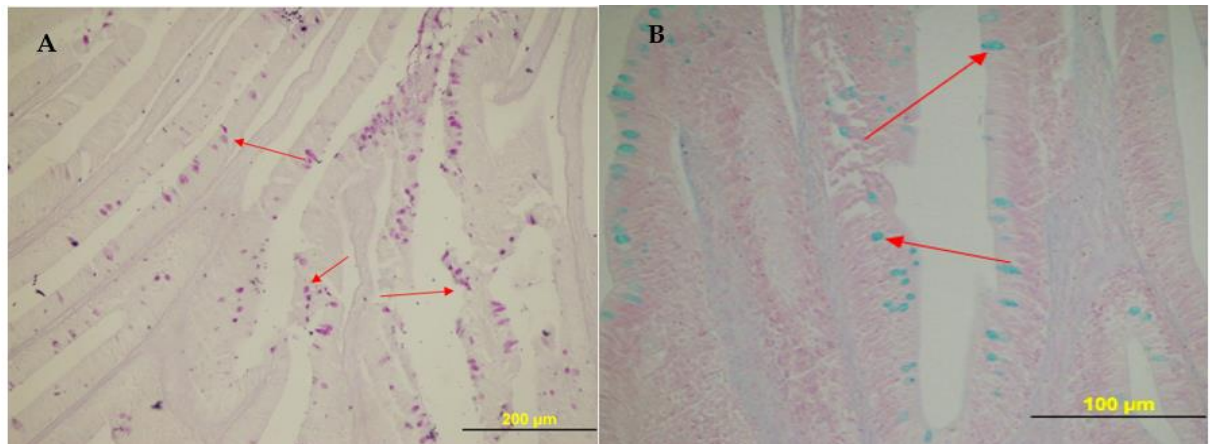
Buna ilaveten, AB pH 0,4 (Şekil 11B), AB pH 1,0 (Şekil 12A) ve AB pH 2,5 boyamaları (Şekil 12B) pozitif reaksiyonlar gösterirken, AF boyamasının negatif bir reaksiyon verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, AF/AB pH 2,5 (Şekil 13) uygulamasında AB pH 2,5'in dominant olduğu gözlemlenmiştir.



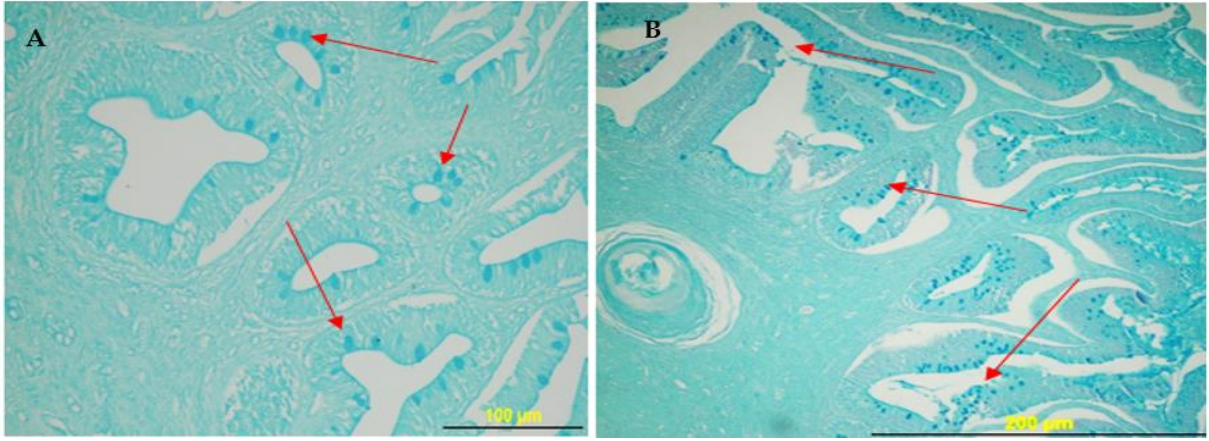
Şekil 9. A: a) Kan damar. b) Sinir pleksüs. c) Mukus hüç. d) L. kas e) S. kas (H&E), **B:** a) T. seroza b) L. kas tabakası c) S. kas tabakası d) Submokoza (Crossman).



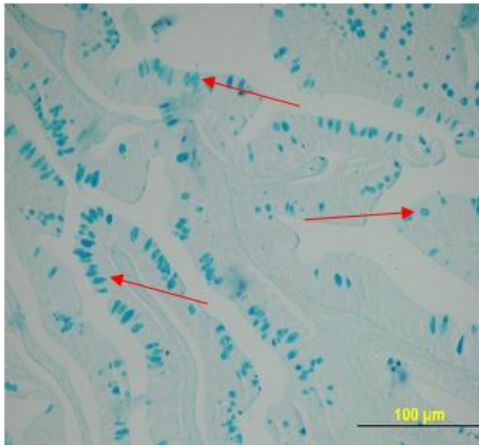
Şekil 10 A. PAS boyamasına zayıf pozitif mukus hücreleri, (PAS), **B:** Dominant AB pozitif mukus hücre (PAS/AB pH 2,5).



Şekil 11. A: PAS pozitif mukus hücreleri (KOH/PAS), **B:** Pilorik midede AB pH 0,4 orta pozitif mukus hücreleri.



Şekil 12. A: Pilorik midede AB pH 1,0 orta pozitif mukus hücre, **B:** Pilorik midede AB pH 2,5 kuvvetli pozitif mukus hücre.



Şekil 13. Pilorik midede, AB kuvvetli pozitif mukus hücreleri (AF/AB pH 2,5).

Bağırsaklar

Mastacembelus mastacembelus'un histolojik ve histokimyasal özellikleri yönünde bağırsakları üç bölümde ele alındı.

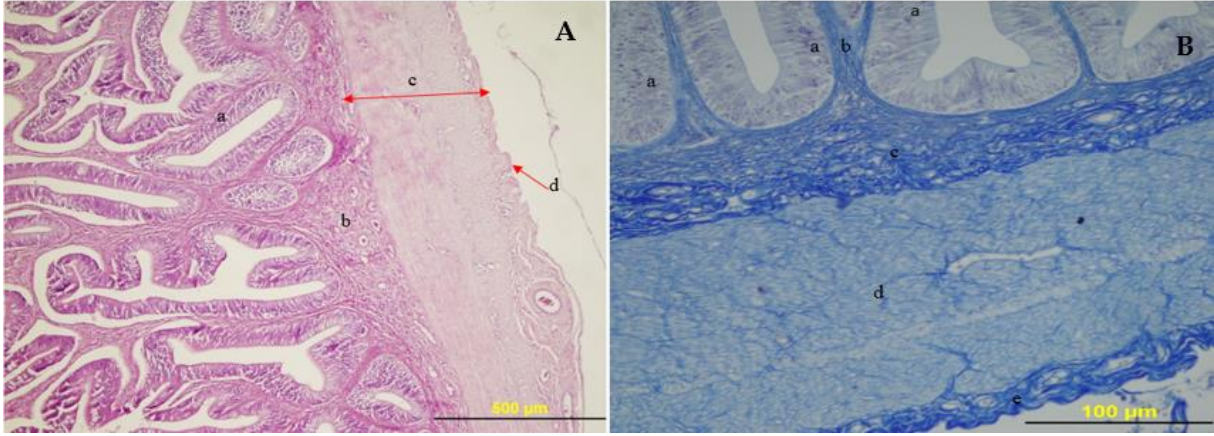
İnce Bağırsak

Mukozada, tek katlı kolumnar epitel hücreleri ile bu hücrelerin arasında dağınık ve bol miktarda bulunan oval şekilli mukus üreten goblet hücreleri bulunmaktadır. Bunun altında, kompakt bağ dokusundan oluşan lamina propria bulunurken, bitişiğinde kan damarları ve granüler hücreleri içeren gevşek bağ dokusundan oluşan submukoza katmanı gözlemlenmiştir (Şekil 14A).

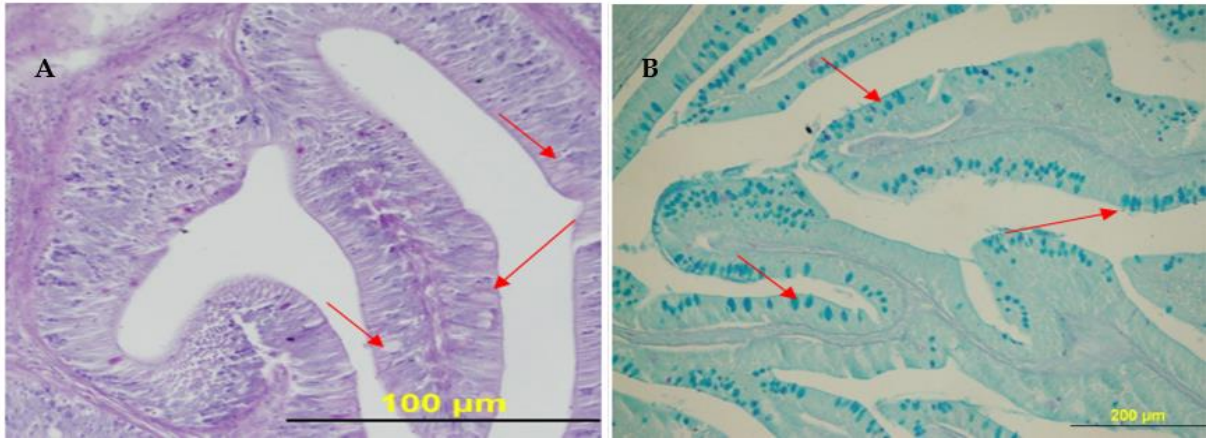
Muskularis tabakasında dışta longitudinal içte ise iki kat kadar daha kalın olan sirküler kas tabakası görüldü. Ayrıca en dışta ise ince bir seroza katmanı gözlemlendi (Şekil 14B).

Yapılan histokimyasal analizler; ince bağırsak bölümünün goblet hücrelerinde gerçekleşirken, lamina epiteliyalis hücrelerinde mukosubstans belirlenememiştir.

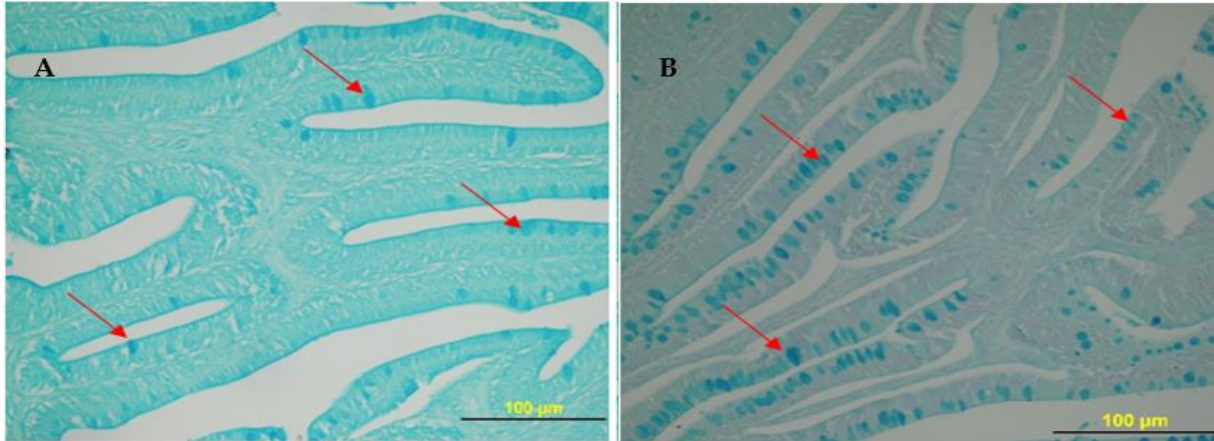
Goblet hücreleri P.A.S. boyasına zayıf reaksiyon (Şekil 15A), PAS/AB pH 2,5 da (Şekil 15B) AB nin dominant olması asidik glukokonjugatların baskın olduğunu göstermektedir. Ayrıca, mukozadaki goblet hücreleri; AB pH 0,4 zayıf, AB pH 1,0 (Şekil 16A) orta, AB pH 2,5 (Şekil 16B) ise, kuvvetli pozitif reaksiyonlar gösterirken KOH/PAS ve AF boyamasının negatif reaksiyon vermiştir. AF/AB pH 2,5 sonucunda da AB baskın özellik göstermiştir (Şekil 17).



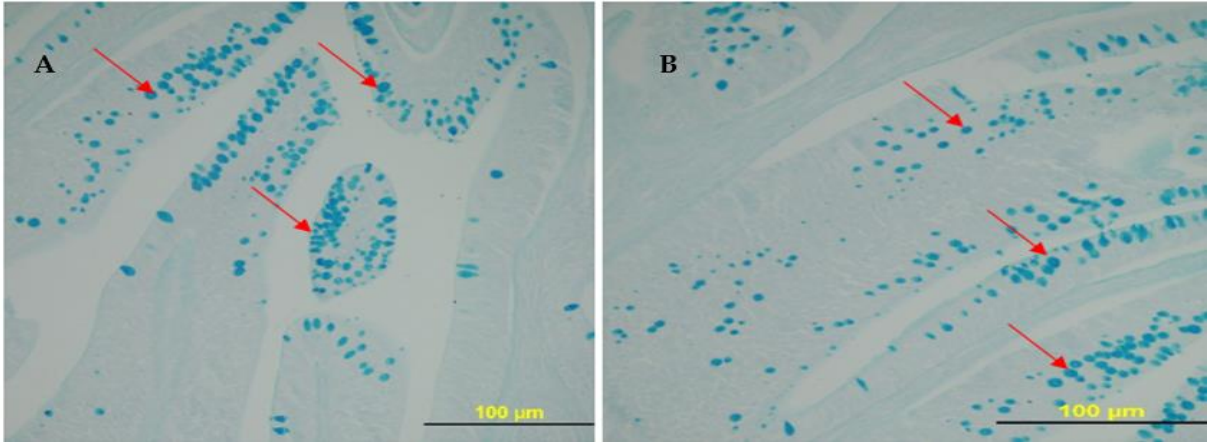
Şekil 14. **A:** İnce bağırsak a) T. mukoza b) Submukoza c) T. muskularis d) T. seroza (H&E), **B:** a) Kolumnar epitel hücre. c) Submukoza d) S. kas tabakası e) L. kas tabakası (Crossman).



Şekil 15. **A:** PAS zayıf pozitif goblet hücreler, **B:** AB kuvvetli pozitif goblet hücreleri (PAS+AB pH 2,5).



Şekil 16. **A:** İnce bağırsakta AB pH 1,0 boyaması orta derecede pozitiflik gösteren goblet hücreleri, **B:** İnce bağırsakta AB pH 2,5 kuvvetli pozitif goblet hücreleri.



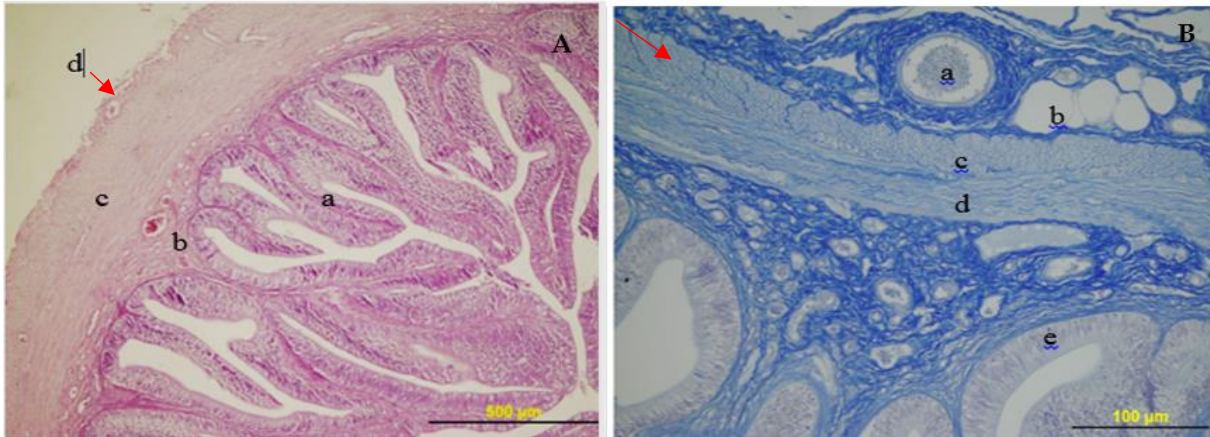
Şekil 17. İnce bağırsakta, AB pH'in kuvvetli pozitif goblet hücreleri (AF/AB pH 2,5).

Orta Bağırsak

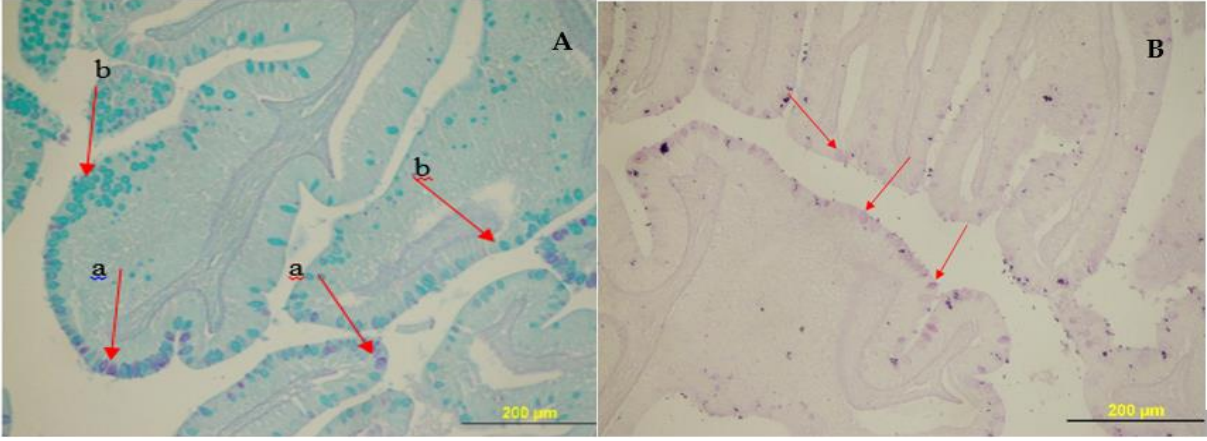
Histolojik yapı olarak orta bağırsak, ince bağırsağa benzer özellikler taşırken, orta bağırsağın mukozasının ince bağırsağa kıyasla daha düzenli kıvrımlara ve daha derin gastrik pitlere sahip olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 18A). Ayrıca, tunika serosa tabakasında yer yer kan damarları ve adipoz doku bulunmuştur (Şekil 18B).

Histokimyasal boyamalarda; PAS goblet hücrelerinde zayıf reaksiyon, PAS+AB pH 2,5 (Şekil 19A) AB kuvvetli dominant (mavi) ancak bazı hücrelerde her iki reaksiyonunda mevcut olduğu (mor), KOH/PAS kıyaslamasında (Şekil 19B) PAS dominant ancak zayıf seviyede reaksiyon vermiştir.

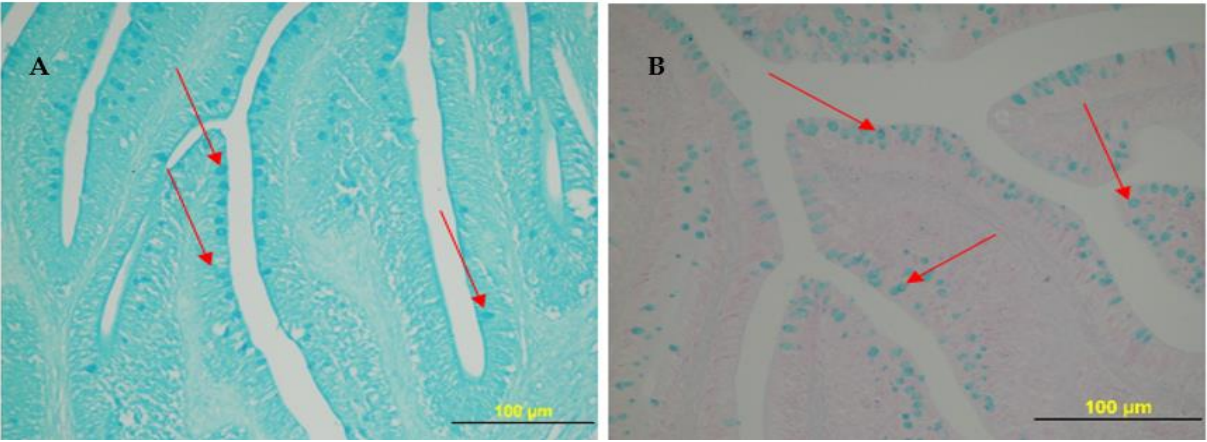
AB pH 0,4 (Şekil 20A) orta, AB pH 1,0 (Şekil 20B) ve pH 2,5 (Şekil 21A) ise kuvvetli pozitif, reaksiyon göstermiştir. Aldehit fuksin (AF) negatif, AF/AB pH 2,5 (Şekil 21B) da ise goblet hücrelerinde AB pH 2,5'in etkin olduğu dikkati çekmiştir.



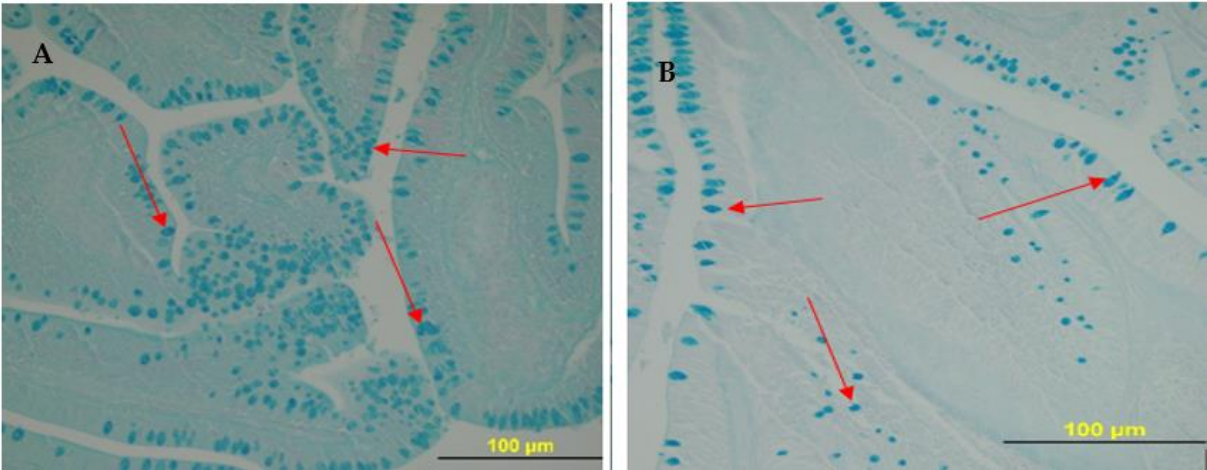
Şekil 18. A: Orta bağırsakta a) T. mukoza b) submukoza c) T. mukularis d) T. seroza (H&E), **B:** a) Kan damar. b) Adipoz doku c) L. kas tabakası d) S. kas tabakası e) Priz. Epit. Hücreler (Crossman).



Şekil 19. A: O. bağırsak, PAS zayıf pozitif (a), AB kuvvetli pozitif (b) goblet hücreleri (PAS+A pH 2,5), **B:** Orta bağırsak, PAS zayıf pozitiflik gösteren goblet hücreleri (KOH/PAS).



Şekil 20. A: Orta bağırsakta AB pH 0,4 kuvvetli pozitif goblet hücreleri, **B:** Orta bağırsakta AB pH 1,0 orta pozitif goblet hücreleri.



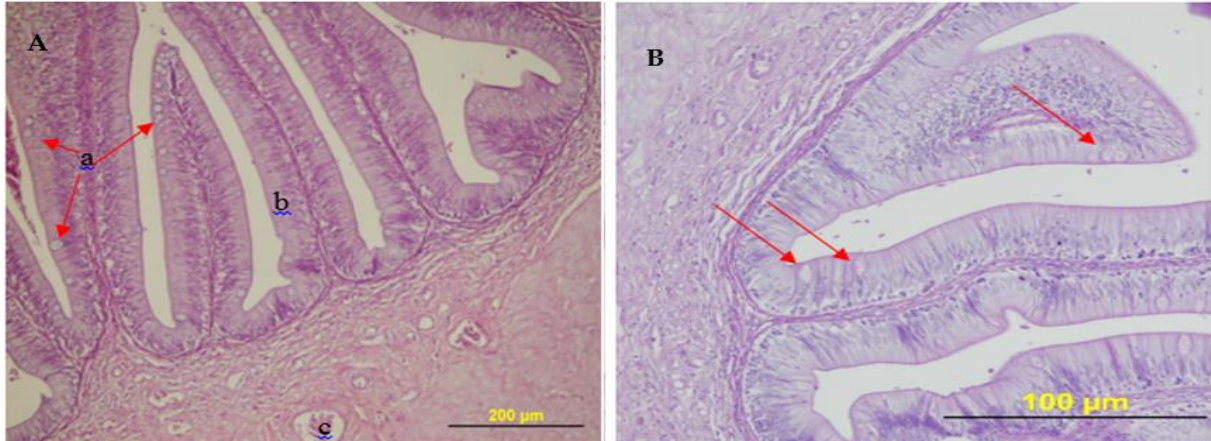
Şekil 21. A: Orta bağırsakta AB pH 2,5 kuvvetli pozitiflik gösteren goblet hücreleri, **B:** Orta bağırsakta, AB kuvvetli pozitiflik gösteren goblet hücreleri (AF/AB pH 2,5).

Kalın Bağırsak

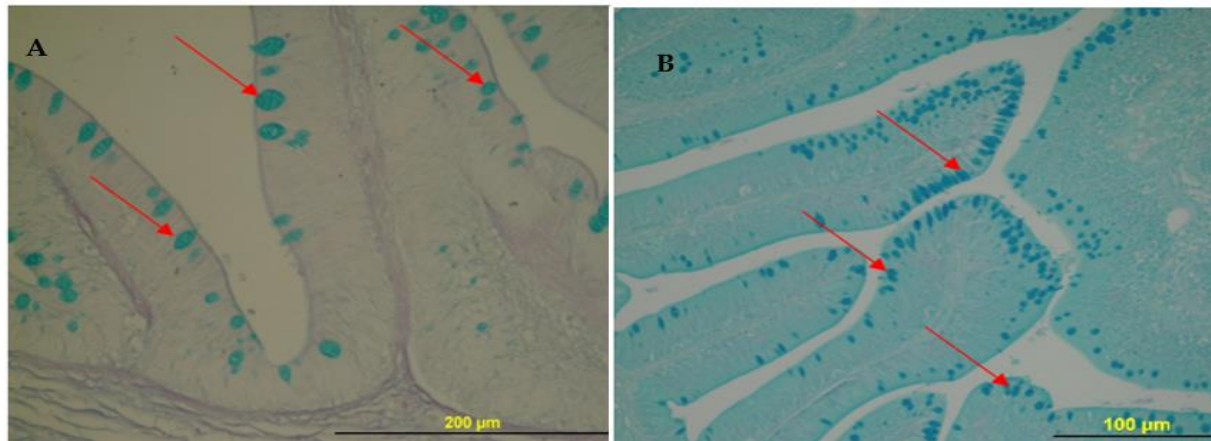
Histolojik açıdan kalın bağırsak, ince ve orta bağırsağa benzerdir. İnce bağırsaktan kalın bağırsağa doğru gittikçe mukozadaki kıvrımlar daha düzgün bir yapı kazanmaktadır (Şekil 22A). Ayrıca, stratum kompaktum katmanı mide ve bağırsaklarda tespit edilememiştir.

Histokimyasal boyamalarda; PAS (Şekil 22B), goblet hücrelerinde zayıf, PAS+AB pH 2,5'da (Şekil 23A) AB kuvvetli dominant, KOH/PAS ise PAS etkin ama zayıf derecede reaksiyon vermiştir.

AB pH 0,4 orta derece, AB pH 1.0 ve AB pH 2,5 ise güçlü derecede pozitif reaksiyon göstermiştir. Aldehit fuksin (AF) negatif özellik gösterirken, AF/AB pH 2,5 da AB pH 2,5 un etkin olduğu gözlenmiştir (Şekil 23B).



Şekil 22. A: Kalın bağırsakta a) Goblet hücre. b) Priz. epitel hücre. c) Kan damar. (H&E), B: Kalın bağırsakta PAS zayıf pozitiflik goblet hücreleri.



Şekil 23. A: Kalın bağırsakta AB kuvvetli pozitif goblet hücreleri (PAS+AB pH 2,5), B: Kalın bağırsakta boyaması, AB kuvvetli pozitif goblet hücreleri (AF/AB pH 2,5).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Mastacembelus mastacembelus'un, güçlü kas yapısına sahip J şeklinde bir mideye ve kısa bağırsaklara sahip olması *Seriola dumerili* (Grau vd., 1992), *Oncorhynchus mykiss*, (Şimşek ve Sarıyüpeoğlu, 1996; Marchetti vd., 2006), *Rhamdia quelen*'in (Hernandez vd., 2009) gibi balık türleriyle uyumludur.

Mastacembelus mastacembelus'un mide ve bağırsaklarının histolojik yapısı, mukoza, submukoza, muskularis ve serosa katmanlarından oluşmaktadır ve bu yapı, birçok diğer kemikli balıkla benzerlik göstermektedir (Park ve Kim, 2001; Arellano vd., 2001; Carasson vd., 2006; Marchetti vd., 2006; Khojasteh vd., 2009; Khojasteh ve Saeideh, 2013; Chakrabarti ve Ghosh, 2014; Nazlic vd., 2014; Ghosh ve Chakrabarti, 2015).

Mide içindeki çok sayıda primer ve sekonder kıvrım, kardiak mideden fundus ve pilorik mideye doğru ilerledikçe daha düzgün bir yapı sergilemekte ve pilorik mide bölgesinde gastrik pitlerin derinliği

artmaktadır. Bu durum, *Odontesthes bonariensis* (Diaz vd., 2006) gibi türlerde de gözlemlenmektedir. Mukozadaki bu kıvrımlar, kimyasal sindirimin etkinliğini artırarak adaptasyonu sağlamakta (Silva vd., 2012) ve sindirim sıvılarıyla besinlerin karışımında önemli bir rol oynamaktadır (Osman ve Caceci, 1990).

Nagubi vd. (2011), Khojasteh ve Saeideh (2013), Ghosh ve Chakrabarti (2015) ve Purushothaman vd. (2016), tarafından yapılan çalışmalarda, gastrik tubuler bezlerin kardiak ve fundus midede bulunduğu, ancak pilorik midede yer almadığı bildirilmiştir. Öte yandan, *Pseudophoxinus antalyae* (Çınar ve Şenol, 2006) türünde tunika mukozada herhangi bir bezin bulunmadığı belirtilmiştir. Nazlic vd., (2014) *Scorpaena porcus* üzerinde, Şimşek ve Sarıeyyüpoğlu (1996), ise *O. mykiss* üzerinde tüm mide bölümlerinde bezlerin varlığını ortaya koymuştur. Bu bezler, hem pepsinojen hem de hidroklorik asit üretme yeteneğine sahiptir (Xiong vd., 2011; Ghosh ve Chakrabarti, 2015). Ayrıca, salgıladıkları nötral glukokonjugatlarla mide epitelini HCl'nin neden olduğu otosindirimden koruma işlevi üstlenmektedirler (Murray vd., 1994; Ba-Omar vd., 1998; Arellano vd., 2001; Petrinc vd., 2005).

Hippoglossus hippoglossus, *Pleuronectes ferruginea* (Murray vd., 1994), *Solea senegalensis*, *Dentex dentex* (Carrasson vd., 2006), *Epinephelus coioides* (Khojasteh ve Saeideh, 2013) ve *Pygocentrus nattereri* (Ghosh ve Chakrabarti, 2015) türlerinde olduğu gibi, *M. mastacembelus*'ta da tunika muskularis içerisinde içte kalın bir sirküler kas tabakası, dışta ise daha ince bir longitudinal kas tabakası gözlenmiştir. *M. mastacembelus*'un kardiak midesinde çoğu bölgede eşit kalınlıkta kas tabakaları bulunurken, yer yer sirküler kasların daha kalın olduğu gözlemlenmiştir. Fundus mide ve pilorik midede ise sirküler kas tabakası, longitudinal kaslara göre ara ara 2-3 kat daha kalın bir yapı sergilemektedir. Bu durum Murray vd. (1994), tarafından da belirtildiği gibi fundus ve pilorik sfinkterin formasyonu ile ilişkilendirilmiştir.

Nötral mukopolisakkaritler PAS boyası ile pozitif reaksiyon vererek koyu pembe renkte, asidik olanlar ise AB boyası ile mavi renkte gözlenir. Aynı hücrede her iki boyanın karışımı bir renk oluşması, hücrenin her iki formu da içerdiğini gösterir (Greco vd., 1967). Bu çalışmada, PAS boyası kardiak midede farklı derecelerde pozitiflik göstermiş; fundusta epitel hücrelerin apikal yüzeyi boyunca güçlü bir pozitiflik, pilorik bölgede ise daha zayıf bir pozitiflik saptanmıştır. Nötral mukopolisakkaritlerin varlığı, kısa zincirli yağ asitleri ve disakkaritlerin sindirilmesi ve emilimi ile ilişkilidir (Grau vd., 1992). PAS/AB 2,5 boyaması ile *M. mastacembelus*'un kardiak midesinde az sayıda nötral hücre, bol miktarda her iki formu içeren ve asidik hücreler gözlenmiştir. Fundus midede epitel hücrelerin apikal yüzlerinde hem asidik hem nötral mukosubstanslar bulunurken, pilorik midede nötral mukopolisakkaritlerin azaldığı ve yerlerini asidik mukopolisakkaritlere bıraktığı belirlenmiştir. *Trichomycterus brasiliensis*'in mide mukozasında ise PAS boyası pozitif iken, PAS/AB pH 2,5 reaksiyonu negatif bulunmuştur (Riberio ve Fanta, 2000).

KOH/PAS reaksiyonunda *M. mastacembelus*'un üç mide bölgesinde de PAS pozitif reaksiyon gözlenmiş olup, bu sonuçlar *Odontesthes bonariensis*'de elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir (Diaz vd., 2006). Güçlü sülfatlı glikokonjugatlar (AB pH 0,4) kardiak ve fundus midede bulunmazken, pilorik midede varlık göstermiştir. O-esterli glikokonjugatlar (AB pH 1.0), kardiak midede güçlü, fundus midede zayıf ve pilorik midede orta derecede reaksiyon vermiştir. Sülfatlı glikokonjugatlar (AF) üç mide bölümünde de saptanmazken, sülfatlı ve asidik glikokonjugatların kompozisyonunda (AF/AB pH 2,5) asidik olanların baskın olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, *Trichomycterus brasiliensis*'in midesinde AB pH 2,5 ve AB pH 1,0 reaksiyonları negatif sonuç vermiştir (Riberio ve Fanta, 2000).

Himantura signifer (Chatchavalvanich vd., 2006), *Monopterus albus* (Dai vd., 2007), *Oncorhynchus mykiss* (Şimşek ve Sarıeyyüpoğlu, 1996; Khojasteh vd., 2009), *Hypophthalmichthys nobilis* (Delashoub vd., 2010),

Spams aurata ve *Mugil cephalus* (El-Bakary ve El-Gammal, 2010), *Epinephelus coioides* (Khojasteh ve Saeideh, 2013) gibi türlerin bağırsak yapısına yönelik çalışmalarda, bağırsak duvarının tunika mukoza, tunika submukoza, tunika muskularis ve tunika seroza denilen dört tabakadan oluştuğu belirlenmiştir. Benzer şekilde *M.mastacembelus'* un bağırsak duvarında da aynı dört tabaka mevcuttur. Ancak, *Cyprinion macrostomus* (Taysı ve Köprücü, 2022) ve *Scorpaena porcus* (Nazlic vd., 2014) türlerinde bağırsak, duvarının yalnızca tunika mukoza, tunika muskularis ve tunika serosa olmak üzere üç tabakadan meydana geldiği rapor edilmiştir.

Himantura signifer (Chatchavalvanich vd., 2006), *Cyprinion macrostomus* (Taysı ve Köprücü, 2022), *Epinephelus coioides* (Khojasteh ve Saeideh, 2013) bağırsak duvarı *M.mastacembelus'*ta olduğu gibi kıvrımlı yapıya sahip olduğu ve prizmatik epitel hücrelerinden oluştuğu gözlemlenmiştir.

Araştırmada, bağırsak mukozasında bez yapılarının bulunmadığı, ancak bol miktarda mukus salgılayan hücrelerin yer aldığı saptanmıştır. Bu özellik, *Oncorhynchus mykiss* (Şimşek ve Sarıyüpoğlu, 1996; Khojasteh vd., 2009), *Pseudophoxinus antalyae* (Çınar ve Şenol, 2006), *Cyprinion macrostomus* (Taysı ve Köprücü, 2022) ve *Epinephelus coioides* (Khojasteh ve Saeideh, 2013) gibi balıklarda da belirtilmiştir. Bu durum, bu türlerin bağırsaklarında mukus salgılama işlevinin önemli olduğunu göstermektedir.

Goblet hücreleri, balıkların bağırsaklarındaki dominant hücre tipi olarak kabul edilir ve gastrik mukozanın temel bileşenlerindedir (Diaz vd., 2003; Khojasteh, 2012). *Mastacembelus mastacembelus'*un bağırsak mukozasında, epitel hücreleri arasına yerleşmiş olan goblet hücrelerinin sayısının ince bağırsaktan kalın bağırsağa doğru arttığı gözlemlenmiştir. Bu artış, *Himantura signifer* (Chatchavalvanich vd., 2006), *Monopterus albus* (Dai vd., 2007), *Oncorhynchus mykiss* (Khojasteh vd., 2009), *Rhamdia quelen* (Hernandez vd., 2009), *Epinephelus coioides* (Khojasteh ve Saeideh, 2013) türlerinde de rapor edilmiştir. Goblet hücrelerinin posteriöre doğru sayısının artması, Petrinc vd. (2005), ve Hernandez vd. (2009), tarafından belirtildiği gibi, sıvı ve iyon asimilasyonu ile ilişkilidir.

Carrason vd. (2006), *Dentex dentex*'in, Chatchavalvanich vd. (2006), *Himantura signifer*'in, Şimşek ve Sarıyüpoğlu, (1996) ile Khojasteh vd. (2009) ise *Oncorhynchus mykiss*'in bağırsaklarında stratum kompaktum tabakasının varlığını bildirmişlerdir. Ancak mevcut çalışmada, *Cyprinion macrostomus* (Taysı ve Köprücü, 2022), *Epinephelus coioides* (Khojasteh ve Ghodratiya, 2013) türlerinde olduğu gibi, *M. mastacembelus* bağırsaklarında stratum kompaktum tabakasına rastlanmamıştır.

Mukosubstanslar, mukozayı bakteri saldırılarına, fiziksel ve kimyasal zararlara karşı koruma görevi üstlenir. Histokimyasal analizlerde, goblet hücrelerinde asidik özelliklerin oldukça baskın olduğu, nötral özelliklerin ise (PAS) zayıf bir pozitiflik gösterdiği belirlenmiştir. Bu bulgu, *Trichomycterus brasiliensis* (Riberio ve Fanta, 2000), *Himantura signifer* (Chatchavalvanich vd., 2006) ve *Rhamdia quelen* (Hernandez vd., 2009) üzerinde yapılan çalışmalarla uyum göstermektedir. Ayrıca, *Lates calcarifer* (Purushothaman vd., 2016) türünde de hem asidik hem nötral mukosubstanslar, hem AB pH 0,5 hem de AB pH 2,5 ile pozitif reaksiyon vermiştir.

*M. mastacembelus'*ta KOH/PAS reaksiyonu ince bağırsakta negatif, orta ve kalın bağırsakta ise çok zayıf pozitif olarak saptanmıştır. Güçlü sülfatlı glikokonjugatlar (AB pH 0,4) ise ince bağırsakta zayıf, orta bağırsakta kuvvetli, kalın bağırsakta ise negatif reaksiyon vermiştir. Buna karşılık, *Trichomycterus brasiliensis*'te (Riberio ve Fanta, 2000) tüm bağırsak bölümlerinde kuvvetli pozitif reaksiyon gözlenirken, *Rhamdia quelen*'de (Hernandez vd., 2009) tüm bağırsak bölümlerinde negatif reaksiyon kaydedilmiştir.

*M. mastacembelus'*ta O-esterli glikokonjugatların (AB pH 1,0) üç bağırsak bölümünde de orta derecede reaksiyon vermesi, *Himantura signifer* (Chatchavalvanich vd., 2006) ile benzerlik göstermektedir. Sülfatlı

glikonjugatlar (AF) üç mide bölümünde de bulunmazken, sülfatlı ve asidik glikokonjugatların kompozisyonunda (AF/AB pH 2,5) asidik olanların etkin olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak *Mastacembelus mastacembelus*'un mide-bağırsak histolojisinin ve histokimyasal analizlerinden elde edilen bulguların, bu türde olası histopatolojik değerlendirmelere ışık tutarken, fizyolojik özelliklerinin diğer türlerle karşılaştırılmasında da önemli bir referans kaynağı olacaktır. Bu çalışmalar, balık türlerinin sindirim sistemine dair daha derin bir anlayış sağlayarak hem biyolojik hem de ekolojik araştırmalar için sağlam bir temel oluşturma potansiyeline sahiptir.

Teşekkür

Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, bu makale ile ilgili başka kişi veya kurumlar ile çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Arellano, J. M., Storch, V., & Sarasquete C. (2001). Histological and histochemical observations in the stomach of the Senegal sole, *Solea senegalensis*. *Histol. Histopathol.* 16, 511-521.
- Bashe, S. K. R., & Abdullah, S. M. A. (2010). Parasitic fauna of spiny eel *Mastacembalus mastacembalus* from Greater Zab river in Iraq. *Iranian Journal of Veterinary Research, Shiraz University*, 11(1), 30.
- Carrasson, M., Grau, A., Dopazo, L. R., & Crespo, S. (2006). A histological, histochemical and ultrastructural study of the digestive tract of *Dentex dentex* (Pisces, Sparidae). *Histol. Histopathol.* 21, 579-593.
- Chakrabarti, P., & Ghosh, S. K. (2014). A comparative study of the histology and microanatomy of the stomach in *Mystus vittatus* (Bloch), *Liza parsia* (Hamilton) and *Oreochromis mossambicus* (Peters). *J. Microsc. Ultrastruct.* 2, 245-250.
- Chatchavalvanich, K., Marcos, R., Poonpirom, J., Thongpan, A., & Rocha, E. (2006). Histology of the digestive tract of the freshwater stingray *Himantura signifer* Compagno and Roberts, 1982 (Elasmobranchii, Dasyatidae). *Anat. Embryol.* 211, 507-518.
- Coad, B. W., & Keivany, Y. (2002). Book review: "Atlas of Iranian fishes: Gilan inland waters", "The inland freshwater fishes of Iran", "A guide to the fauna of Iran", and "Freshwater fishes of Iran". *Copeia*, (4), 1165-1166.
- Crossman, G. (1937). A modification of Mallory's connective tissue stain with a discussion of the principles involved. *The Anatomical Record*, 69, 33-38.
- 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 nonacylated sialic acids. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 24, 1225-1230.
- Çakmak, E. & Alp, A. (2010). Morphological differences among the Mesopotamian spiny eel, *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander 1794), populations. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 87-92.
- Çınar, K., & Şenol, N. (2006). Histological and histochemical characterization of the mucosa of the digestive tract in flower fish *{Pseudo-phoxinusantalyae}*. *Anatomia Histology, Embryology*, 350, 147-151.

- Çoban, M. Z., Eroğlu, M., & Düşükcan, M. (2021). Some biological properties of spiny eel (*Mastacembelus mastacembelus*, Banks & Solander, 1794) living in the Upper Euphrates River Basin, Turkey. *Sci Rep*, 11, 11761. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91223-1>
- Dai, X., Shu, M., & Fang, W. (2007). Histological and ultrastructural study of the digestive tract of rice field eel, *Monopoterus albus*. *J. Appl. Ichthyol* 23, 177-183.
- Dabak, H. E. ve Köprücü, S. (2022). Dikenli Tatlısu Yılan Balığı (*Mastacembalus mastacembalus*, Bank ve Solander, 1794)'ın Solungaçlarının Histolojik Yapısı ve Bazı Histokimyasal Özellikleri. *Ecological Life Sciences*, 17(4), 257-267. <https://doi.org/10.12739/NWSA.2022.17.4.5A0186>.
- Dauod, H. A. M., Al- Nakeb, G. D., Al- Hameed, R. A. (2011). Histological structure of the integument in *Mastacembelus mastacembelus* (Solander). *Journal of Baghdad for Science Table of Content*: 8 (1), s: 13-22.
- Delashoub, M., Pousty, I. and Khojasteh, S. M. B. (2010). Histology of Bighead Çarp (*Hypophthalmichthys nobilis*) Intestine. *Global Veterinaria*, 5, 302-306.
- Diaz, A., Escalante, H., Garcia, A. M., Goldenıberg, A. L. (2006). Histology and Histochemistry of the Pharyngeal Cavity and Oesophagus of the Silverside *Odontesthes bonariensis* (Cuvier and Valenciennes). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 35, 42-46.
- El-Bakary N. E. R., EI-Gammal H. L. (2010). Comparative Histological, Histochemical and Ultrastructural Studies on the Proximal Intestine of Flathead Grey Mullet (*Mugil cephalus*) and Sea Bream (*Spams aurata*). *World Applied Sciences Journal*, 8, 477-485.
- Eroğlu, M., Şen, D. (2007). Reproduction Biology of *Mastacembelus simack* (Walbaum, 1792) inhabiting Karakaya Dam Lake (Malatya, Turkey). *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1(2), 69-73.
- Eroğlu, M., & Şen, D. (2009). Otolith size-total length relationship in spiny eel, *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794) inhabiting in Karakaya Dam Lake (Malatya, Turkey). *Journal of FisheriesSciences.com*, 3(4), 342-351.
- Eroğlu, M., & Şen, D. (2012.) Relationships between fish age and otolith size in spiny eel: *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794). *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 2, 15-18.
- Eroğlu, M., Düşükcan, M., Canpolat, Ö., Çalta, M., & Şen, D. (2017a). Determination of some heavy metals in *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794) in terms of public health. *Cellular and Molecular Biology*, 63(5), 1-6.
- Eroğlu, M., Düşükcan, M., Canpolat, Ö., Çalta, M. & Şen, D. (2017b). Dikenli yılan balığı (*Mastacembelus mastacembelus* Banks & Solander, 1794)'nın kas dokusunda bazı ağır metal miktarlarının belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 31(3), 173-179.
- Geldiay, R., Balık, S. (1988). Türkiye tatlı su balıkları ders kitabı. Ege Üni. Fen Fak. Yayınları Kitaplar Serisi No:97, E.Ü. Basımevi, İzmir.
- Ghosh S. K., Chakrabarti P. (2015). Histological, surface ultrastructural, and histochemical study of the stomach of red piranha, *Pygocentrus nattereri* (Kner). *Arch. Pol. Fish.*, 23, 205-215.

- Gomari, G. (1952). Gomari's aldehyde fuchsin stain, CFA Culling, RT Allison, WT Barr, In: Cellular Pathology Tecnicque Butterworths, London. 238,
- Grau, A., Crespo, S., Sarasquete, M. C., & De Canales, M. G. (1992). The digestive tract of the amberjack *Seriola dumerili*, Risso: a light and scanning electron microscope study. *Journal of Fish Biology*, 41(2), 287-303.
- Greco V., Lauro G., Fabrini A., Torsoli A. (1967). Histochemistry of the colonic epithelial mucins in normal subjects and patients with ulcerative colitis. A quantitative and histophotometric investigation – Gut, 8: 491-496.
- Gümüş, A., Şahinöz, E., Doğu, Z., Polat, N. (2010). Age and growth of the Mesopotamian spiny eel, *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solender, 1794), from southeastern Anatolia. *Turkish Journal Zoology*, 34, s: 399-407.
- Hernández, D. R., Perez Ganeselli, M. and Domitrovic, H. A. (2009). Morphology, histology and histochemistry of the digestive system of South American catfish (*Rhamdia aueleri*). *International Journal Morphology* 27, s: 105-111.
- Humason, G. D., Lushbaugh, C. C. (1960). Selective demonstration of Elastin, Reticulin and Collagen by Silver, Orcein and Aniline Blue. *Stain Technol.*, 35, 209-214.
- Jalali, B., Barzegar, M., Nezamabadi, H. (2008). Parasitic fauna of spiny eel *Mastacembalus mastacembalus* Banks & Solander (Teleostei: Mastacembelidae) in Iran. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 9(2), 23.
- Kara, C., Güneş, H., Gürlek, M.E., Alp, A. (2014). Adıyaman bölgesi akarsularında dikenli yılan balığı (*Mastacembalus mastacembalus*, Banks & Solander, 1794)'nın dağılımı ve bazı morfometrik özellikleri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 3, 3-11.
- Karadede, H., Cengiz, E.İ., Ünlü, E. (1997). Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Mastacembelus simack* (Walbaum, 1792)'ta ağır metal birikiminin incelenmesi. IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Isparta, s. 399- 407.
- Khojasteh, S. M. B. (2012). The morphology of the post-gastric alimentary canal in teleost fishes: a brief review. *Int. J. Aqu. Sci.*, 3(2), 71-88.
- Khojasteh S.,M.,B., Saeideh G. (2013). Gastric and intestinal morphohistology of *Epinephelus coioides* (Osteichthyes, Serranidae). *International Journal of Aquatic Science* 4(2), 83-90.
- Khojasteh S.M.B, Sheikhzadeh F., Mohammadnejad D., Azami A. (2009). Histological, histochemical and ultrastructural study of the intestine of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *World Applied Sciences Journal*, 6(11), 1525-1531.
- Kılıç, H. M. (2002). Sultansuyu Deresi, Beyler Deresi ve Karakaya Barajında yaşayan *Mastacembelus simack*'ın biyolojik özelliklerinin incelenmesi. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Köprücü, S., & Yaman, M. (2016). Histological and histochemical characterization of the digestive tract of European catfish (*Silurus glanis* Linnaeus, 1758). *Cellular and Molecular Biology*, 62(13), 1-5.

- Kuru, M. ,1975. Dicle-Fırat, Kura-Aras, Van Gölü ve Karadeniz Havzası tatlı sularında yaşayan balıkların (Pisces) sistematik ve zoocoğrafik yönden incelenmesi. (Doçentlik Tezi), Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi.
- Luna L.G. (1968). Manual of histologic staining methods of the armed forces institute of pathology. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Marchetti L., Capacchietti M., Sabbieti M.G., Accili D., Materazzi G. And Menghi G. (2006). Morphology and carbohydrate histochemistry of the alimentary canal in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *J. Fish. Biol.*, 68, 1808-1821.
- Murray, H.M., Wright, G.M. and Goff, P. (1996). A comparative histological and histochemical study of the post-gastric alimentary canal from three species of pleuronectid, the Atlantic halibut, the yellowtail flounder and the winter flounder. *Journal Fish Biology*, 48, 187-206.
- Nazlıc M., Paladin A., Bočina I. 2014. Histology of the digestive system of the black scorpionfish *Scorpaena porcus* L. – 65-74.
- Olgunoğlu, İ.A., 2011. Determination of the fundamental nutritional components in fresh and hot smoked spiny eel (*Mastacembelus mastacembelus*, Bank and Solander, 1794). *Scientific Research and Essays*, 6(31), 6448-6453.
- Osman, A. H. K., T., Caceci. 1991. Histology of the stomach of *Tilapia nilotica* (Linnaeus 1758) from the River Nile. *J. Fish. Biol.*, 38, 212-223.
- Oymak, S. A., Kirankaya, Ş. G., Doğan, N. (2009). Growth and reproduction of Mesopotamian spiny eel (*Mastacembelus mastacembelus* Banks and Solander, 1794) in Ataturk Dam Lake (Şanlıurfa), Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(4), 488-490.
- Park, J. Y. , I. S. Kim (2001). Histology and mucin histochemistry of the gastrointestinal tract of the mud loach, in relation to respiration. *J. Fish. Biol.*, 58, 861-872.
- Pazira A., Abdoli A., Kouhgardie., Yousefifard P. (2005). Age Structure and growth of the Mesopotamian Spiny Eel, *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solender in russell, 1974) (*Mastacembelidae*), in southern Iran. *Zoology in the Middle East*, 35, 43-47.
- Petrinec, Z., S. Nejedli, S. Kuzir., Opacak, A. (2005). Mucosubstances of the digestive tractmucosa in northern pike (*Esox lucius* L.) and European catfish (*Silurus glanis* L.). *Vet. Arhiv* 75, 317-327.
- Purushothaman K., Lau D, Saju J.M., Musthaq S.S.K, Lunny D.P., Vij S., Orbán L. (2016). Morpho-histological characterisation of the alimentary canal of an important food fish, Asian seabass (*Lates calcarifer*). 14.
- Ribeiro R., A., O, Fanta E. (2000). Microscopic morphology and histochemistry of the digestive system of a tropical freshwater fish *Trichomycterus brasiliensis* (U.itken) (Siluroidei, Trichomycteridae). 17(4), 953-971.
- Silva M., Natali M. R. M., Hahm N. S. (2012). Histology of the digestive tract of *Satanoperca pappterra* (Osteichthyes, Cichlidae). *Acta. Scientiarum*, 34, 319-329.
- Spicer, S. S., Mayer, D. R. (1960). Aldehyde fuchsin/Alcian blue. CFA Culling, RT Allison, WT Barr, In: Cellular Pathology Tecnique Butterworths.

- Şahinöz, E., Doğu, Z., Aral, F. (2006a). Development of embriyos in *Mastacembelus mastacembelus* (Bank& Solender, 1794) (Mesopotamian spiny eel) (Mastacembelidae). *Aquaculture Research*, 37(16), 1611-1616.
- Şahinöz, E., Doğu, Z., Aral, F. (2006b). Changes in Mesopotamian spiny eel, *Mastacembelus mastacembelus* (Bank & Solender, in Russell, 1794) (Mastacembelidae) milt quality during a spawning period. *Theriogenolgy*, 67, 848-854.
- Şimşek Köprücü, S., Sarıeyyüpoğlu, M. (1996). Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W.)'nda sindirim kanalının histolojik olarak incelenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8 (1), 131-146.
- Suiçer E., Köprücü, S. (2023). Fırat dikenli yılan balığı (*Mastacembelus mastacembelus* Banks & Solander, 1794) böbreklerinin histolojik yapısı. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 6(2), 83-92.
- Taysı, M. R., Köprücü, S. (2022). Benekli sazan (*Cyprinion macrostomum* Heckel, 1843)'da bağırsak ve karaciğerinin histolojik yapısı ve histokimyasal özelliklerinin belirlenmesi, *Ecological Life Sciences*, 17(4), 141-150.
- Travers, R. A. (1988). Diagnosis of a new African Mastacembelid Spiny-eel genus *Aethiomastacembelus* Gen. Nov. (*Mastacembeloidei: Synbranchiformes*). *Cybiurn*, 12(3), 255-257.
- Vreven, E. J. (2004). *Aethiomastacembelus shiloangoensis*, a new spiny-eel from the Shiloango River basin, Africa (*Synbranchiformes: Mastacembelidae*). *Ichthyol.Explor. Freshwaters*, 15(2), 97-104.
- Vreven, E. J. (2005). Redescription of *Mastacembelus ophidium* Günther, 1893 (*Synbranchiformes: Mastacembelidae*) and description of a new spiny eel from Lake Tanganyika. *Journal of Natural History*, 39(18), 1539-1560.
- Xiong D., Zhang L., Yu H., Xie C., Kong Y., Zeng Y., Huo B., Liu Z. (2011). A study of morphology and histology of the alimentary tract of *Glyptosternum maculatum* (Sisoridae, Siluriformes). *Acta Zoologica*, 92, 161-169.

How to cite this article/Bu makaleye atıf için:

- Karataş, H., & Köprücü, S. (2024). *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794)'un sindirim kanalının histolojisi ve bazı histokimyasal özelliklerinin araştırılması. *DÜSTAD-Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 7(2), 151-170. <https://doi.org/10.56728/dustad.1579781>