

Research article

Comparative morphology of the sagittal otolith of mullet species (Mugilidae) from the Iskenderun Bay, north-eastern MediterraneanErdoğan ÇİÇEK^{1,*}, Dursun AVŞAR², Hacer YELDAN², Meltem MANAŞIRLI²¹Department of Biology, Faculty of Art and Science, Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Nevşehir, Turkey²Faculty of Fisheries, Cukurova University, Balcali, Adana, Turkey

*Corresponding author: erdogancecek50@gmail.com

Abstract: This study was conducted to describe the otolith morphology of five mullet species using SEM images from the Iskenderun Bay, north-eastern Mediterranean. A comparison was made to identify the most appropriate taxonomical characters that can separate the species and genera of the family Mugilidae. Among otolith characters, shape and sculpture are same in species, there were not any differences observed among the genera. Additionally, ostium, cauda, ostio-caudal differentiation, crista superior, crista inferior, rostrum, antirostrum, and excisura are not considered good taxonomic characters for discriminating among the studied species.

Keywords: sulcus acusticus, SEM, *Mugil*, *Chelon*

Citing: Çiçek, E., Avşar, D., Yeldan, H., & Manaşırılı, M. 2020. Comparative morphology of the sagittal otolith of mullet species (Mugilidae) from the Iskenderun Bay, north-eastern Mediterranean. *Acta Biologica Turcica*, 33(4): 219-226.

Kuzeydoğu Akdeniz’de İskenderun Körfezi’nden bazı kefal türlerinin (Mugilidae) sagittal otolit morfolojilerinin karşılaştırılması

Özet Bu çalışma, kuzeydoğu Akdeniz’deki İskenderun Körfezi’nden SEM görüntüleri kullanılarak beş kefal türünün otolit morfolojisini tanımlamak için yapılmıştır. Mugilidae familyasının türlerini ve türlerini ayırabilecek en uygun taksonomik karakterleri belirlemek için bir karşılaştırma yapılmıştır. Otolit morfolojileri bakımından türler ve hatta cinsler arasında belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Ayrıca, ostium, cauda, sulcus acusticus, rostrum, antirostrum ve excisura şekli ve yapısının incelenen türleri ayırmak için uygun taksonomik karakterler olmadığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: sulcus acusticus, SEM, *Mugil*, *Chelon*

Giriş

Balıkların iç kulaklarındaki labirent organında yarım daire kanalları içerisinde yer alan otolitler denge ve işitme ile ilgili işleve sahiptirler. Otolitler, protein bir matrisi üzerinde aragonit formunda kristalli bir kalsiyum karbonat yapısından oluşmaktadır. Otolitin yapısında 30’den fazla element bulunduğu tespit edilmiştir (Campana, 1999).

Otolitler kıkırdaklı balıkların labirent sistemlerinde genellikle belirgin bir şekle sahip olmayan yüzlerce küçük kum tanesi şeklinde bulunmaktadır. Kemikli balıklarda ise bazı istisnalar dışında genellikle büyüklük sırasına göre sakkulus içinde “sagitta”, lagena içinde “lapillus” ve utrikulus içinde ise “asteriskus” adı verilen yapısı ve şekli

birbirlerinden oldukça farklı üç tip otolit bulunmaktadır (Avşar, 2005; Sarihan ve ark., 2007).

Balıklarda otolit büyüklüğü, şekli ve yapısı ontogenik olarak değişiklik gösterdiği gibi, türden türe ve hatta aynı türün farklı popülasyonları arasında da değişiklikler gösterebilmektedir. Bu nedenle sistematik bilimi açısından öneme sahip olup tür tayininde ve popülasyonların ayırımında kullanılabilir (Popper ve ark., 2005).

Embriyonik aşamadan itibaren oluşmaya başlayan otolitler kemikli balıkların tüm yaşamları boyunca kayıttır. Bu nedenle kemikli balıklarda balık biyolojisi alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Elsdon ve ark., 2004).

Otolitlerdeki madde birikimi zamana bağlı olarak büyüme hızının bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar. Büyüme hızının yavaşladığı kış döneminde büyüme halkaları üst üste binerek koyu bir bant oluşturduğu seçilebilir. Bu nedenle bazı balık türlerinde yaş tayini için en uygun yöntemdir (Avşar, 2005; Sarihan ve ark., 2007).

Balıkçılık yönetimi bakımından farklı bölgelerdeki balık stoklarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Otolit şekli, yapısı ve kimyası incelenerek bu stokların belirlenebilmesi mümkündür (Campana ve Thorrold, 2001; Campana, 2004).

Otolitler balık vücudundaki en sert materyal olup balığın ölümünden sonra binlerce yıl boyunca dahi şekli ve yapısı bozulmadan kalabilmektedir. Balıkları yiyen canlıların mide analizinde tüm dokular sindirilmiş olsa bile otolitler avın türünün belirlenmesine olanak sağlayarak ekosistemdeki besin ağını ortaya konmasını sağlar (Campana, 2004; Tuset ve ark., 2008). Bunun yanı sıra sedimentte ve arkeolojik alanlarda ve hatta fosil alanlarında rastlanan otolitlerden bile tür tayini yapılabilmektedir (Aguilera ve ark., 2016). Bu nedenle bölgesel olarak türlerin otolit yapılarının belirlenmesi karşılaştırma yapılması için referans oluşturması bakımından önemlidir (Aguilera ve ark., 2016; Osman ve ark., 2020).

Türkiye’de daha önceki çalışmalarda Sparidae ve Carangidae familyasına mensup bazı türlerin otolitleri incelenerek çizimleri yapıp karşılaştırma yapılmıştır (Akkiran, 1984, 1985; Kınacıgil ve ark., 2000). Kasapoğlu

ve Düzgüneş (2015) Karadeniz’de yaşayan 31 türe ait bir otolit atlası çalışması yapmışlardır. Bunun yanı sıra bazı türlerin otolit morfolojilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda da rastlanmıştır (Atılgan ve ark., 2012; Bostancı ve ark., 2012, 2016; Özpiçak ve ark., 2019). Tüm bu çalışmalarda otolitlerin çizimleri ve ışık mikroskobu görüntüleri kullanılmıştır.

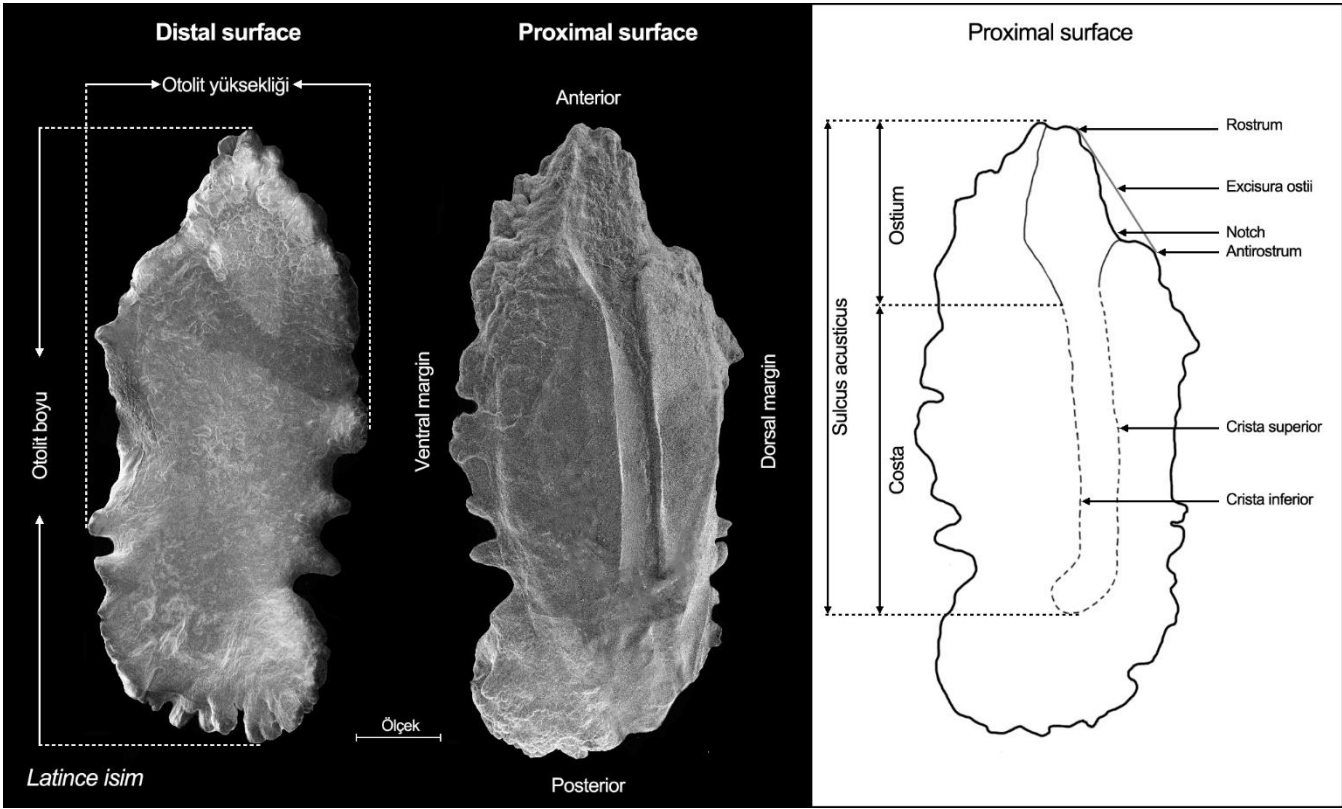
Türkiye denizlerinde sekiz farklı kefal türünün yaşadığı bilinmektedir (Bilecenoğlu ve ark., 2014). Bu çalışmada İskenderun Körfezinde yaşayan beş kefal türüne (Mugilidae) ait sagittal otolitlerin taramalı elektronik mikroskop görüntüleri kullanılarak otolit morfolojileri irdelenmiştir.

Materyal ve Metot

Bu çalışma kapsamında incelenen Mugilidae familyasına mensup *Chelon auratus*, *C. carinatus*, *C. labrosus*, *C. ramada* ve *Mugil cephalus* türleri İskenderun Körfezinden ticari trol balık avcılığında elde edilmişlerdir. Avcılık sonrasında örnekler buz içerisinde laboratuvara taşınmışlardır. Tür tayini yapıldıktan sonra (Fischer, 1987, Whitehead ve ark., 1984, 1986a, 1986b) popülasyonu temsil edecek şekilde örnekler içerisinde orta boyutta bireyler seçilmiştir. Sağ ve sol sagittal otolitler çıkartılarak 3% potasyum hidroksit (KOH) solüsyonu içerisinde bekletilerek üzerindeki dokulardan arındırılması sağlanarak Elisa kapları içinde kuru şekilde muhafaza edilmişlerdir (Holden ve Raitt, 1974).

Muhafaza edilen otolitlerden, sağ otolitin dış (distal) ve sol otolitin ise iç (proximal) tarafı Erciyes Üniversitesi, Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinde alüminyum disk üzerine çift taraflı karbon bant kullanılarak yerleştirilmiştir. Örnekler 45 saniye süreyle Argon gazı altında, Altın-Paladyum (Polaron Sputter Coater) ile kaplanmıştır. Hazırlanan örnekler taramalı elektron mikroskobu (Leo 440 Scanning Electron Microscopy: SEM) kullanılarak görüntüler ölçekli şekilde kaydedilmiştir.

SEM görüntüleri kullanılarak otolit morfolojisine ilişkin karakteristik özellikler Tuset ve ark. (2008) takip edilerek tanımlanmıştır (Şekil 1). Terminolojik kelimelerin tamamı Türkçeleştirilmeden kullanılmıştır.



Şekil 1. Sagittal otolite ait morfolojik kısımları.

Bulgular

Bu çalışmada incelenen beş kefal türünün sagittal otolitlerinin özellikleri aşağıda verilmektedir.

Chelon auratus (Risso, 1810), altınbaş kefal (Şekil 2)

Shape: rectangular, dorsal ve ventral kenarlar irregular tipte.

Sulcus acusticus: heterosulcoid, ostial, supramedian.

Ostium: funnel-like, cauda'dan daha kısadır.

Cauda: tubular, sinuous, posterior kenara yakın bir yerde sonlanır.

Anterior: angled-round; irregular; rostrum oldukça kısa, geniş ve round; antirostrum bulunmaz; excisura küçük olup dar ve sığ bir girinti bulunur.

Posterior : round ve irregular; irregular.

Depression : hafifçe belirgin bir dorsal depression bulunur; ventral depression bulunmaz.

Chelon carinatus (Valenciennes, 1836), Bildircin kefal (Şekil 3)

Shape: rectangular, dorsal kenar crenate ve ventral kenar irregular.

Sulcus acusticus: heterosulcoid, ostial, supramedian.

Ostium: funnel-like, cauda'dan daha kısadır.

Cauda: tubular, sinuous, posterior kenara yakın şekilde sonlanır.

Anterior: angled; crenate; rostrum kısa, geniş ve round; antirostrum belirgin değildir; excisura girintiye sahip değildir.

Posterior: flattened; crenate.

Depression: dorsal depression cauda üzerinde olup küçüktür; ventral depression bulunmaz.

Chelon labrosus (Risso, 1826), dudaklı kefal (Şekil 4)

Shape: rectangular, dorsal ve ventral kenar sinuate ve crenate tiptedir.

Sulcus acusticus: heterosulcoid, ostial, supramedian.

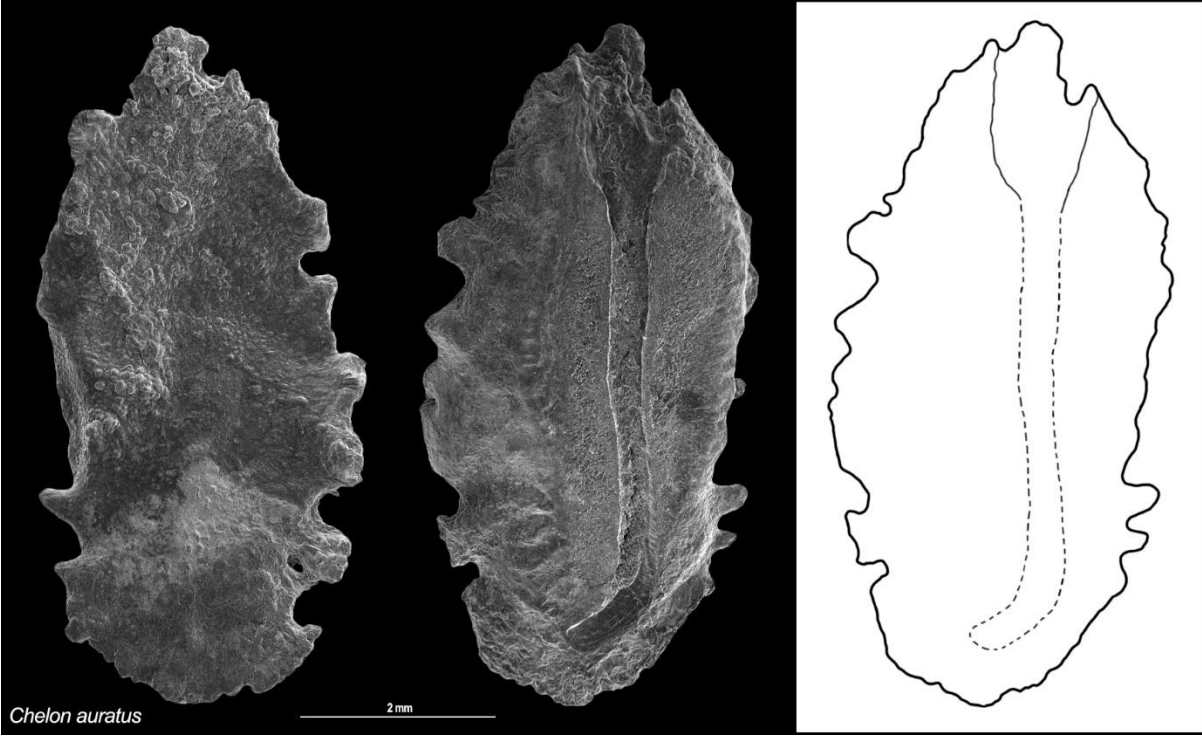
Ostium: funnel-like, cauda'dan daha kısadır.

Cauda: tubular, sinuous, posterior kenara yakın şekilde sonlanır.

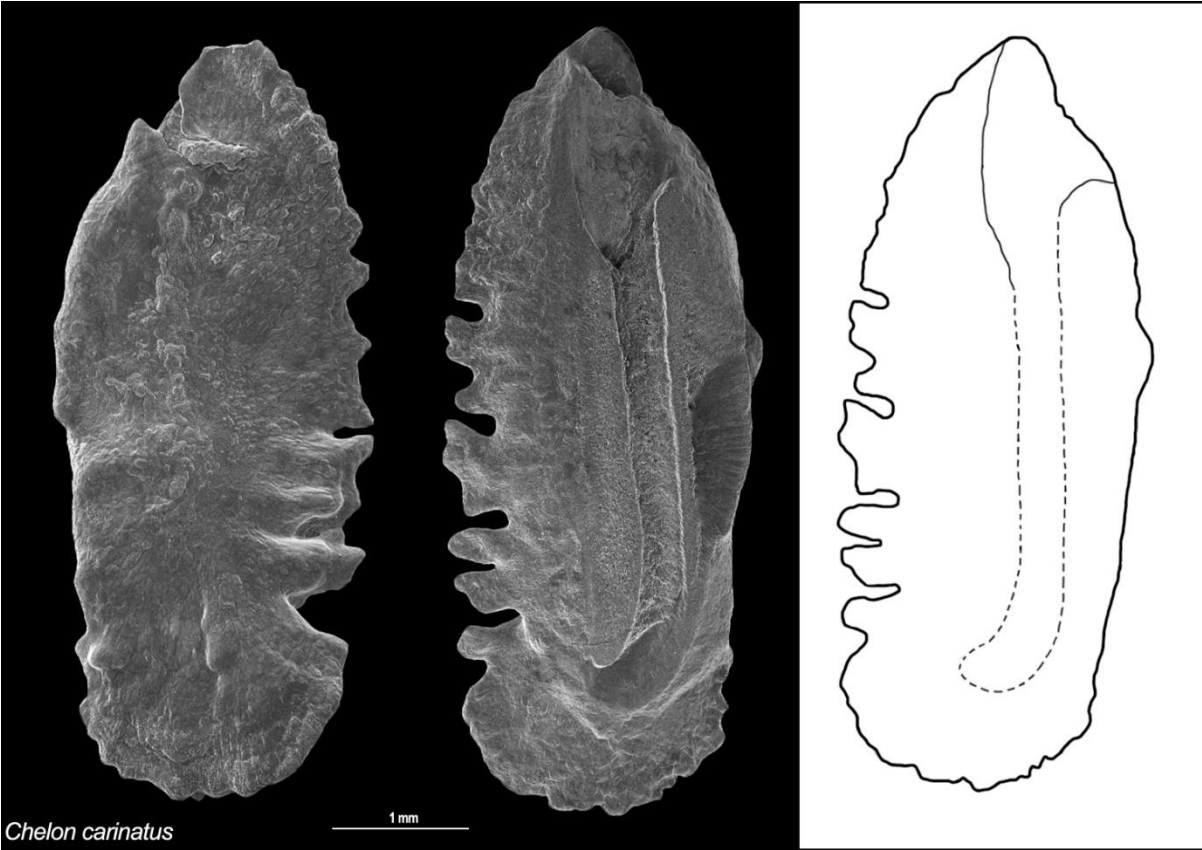
Anterior: angled-round; crenate; rostrum kısa, geniş ve round; antirostrum bulunmaz; excisura küçük olup belli belirsiz bir girinti bulunur.

Posterior: round; crenate.

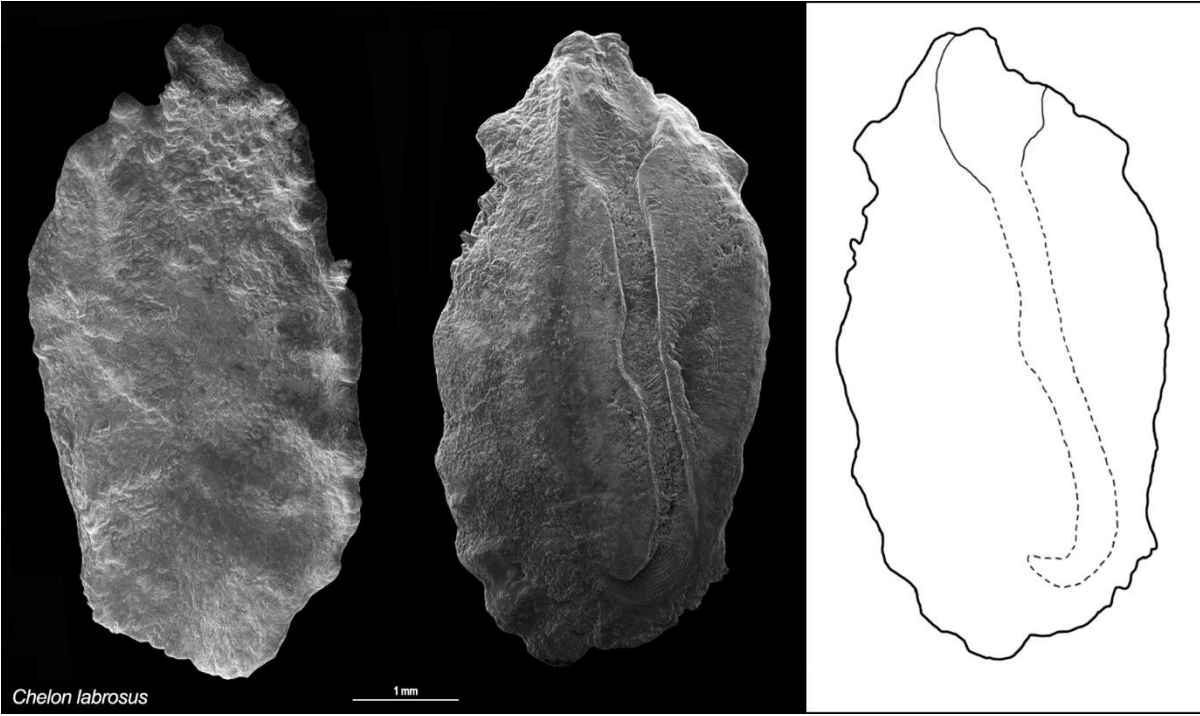
Depression: dorsal depression cauda üzerinde olup küçüktür; ventral depression bulunmaz.



Şekil 2. *Chelon auratus* sagittal otolit SEM görüntüsü ve iç yüzey çizimi



Şekil 3. *Chelon carinatus* sagittal otolit SEM görüntüsü ve iç yüzey çizimi



Şekil 4. *Chelon labrosus* sagittal otolit SEM görüntüsü ve iç yüzey çizimi

Chelon ramada (Risso, 1826), ince dudaklı kefal (Şekil 5)

Shape: rectangular, dorsal ve ventral kenar crenate.

Sulcus acusticus: heterosulcoid, ostial, suprmedian.

Ostium: funnel-like, cauda'dan daha kısadır.

Cauda: tubular, sinuous, posterior kenara yakın şekilde sonlanır.

Anterior: angled-round; crenate; rostrum kısa, geniş ve round; antirostrum bulunmaz; excisura moderately küçük olup dar ve sığ bir girinti bulunur.

Posterior: round; crenate.

Depression: dorsal depression cauda üzerinde olup küçüktür; ventral depression bulunmaz.

Mugil cephalus Linnaeus, 1758, Haskefal (Şekil 6)

Shape: rectangular, dorsal ve ventral kenarlar irregular.

Sulcus acusticus: heterosulcoid, ostial, suprmedian.

Ostium: funnel-like, cauda'dan daha kısadır.

Cauda: tubular, sinuous, posterior kenara yakın şekilde sonlanır.

Anterior: angled; crenate; rostrum kısa, geniş ve round; antirostrum az gelişmiştir; excisura oldukça sığ bir girintiye sahiptir.

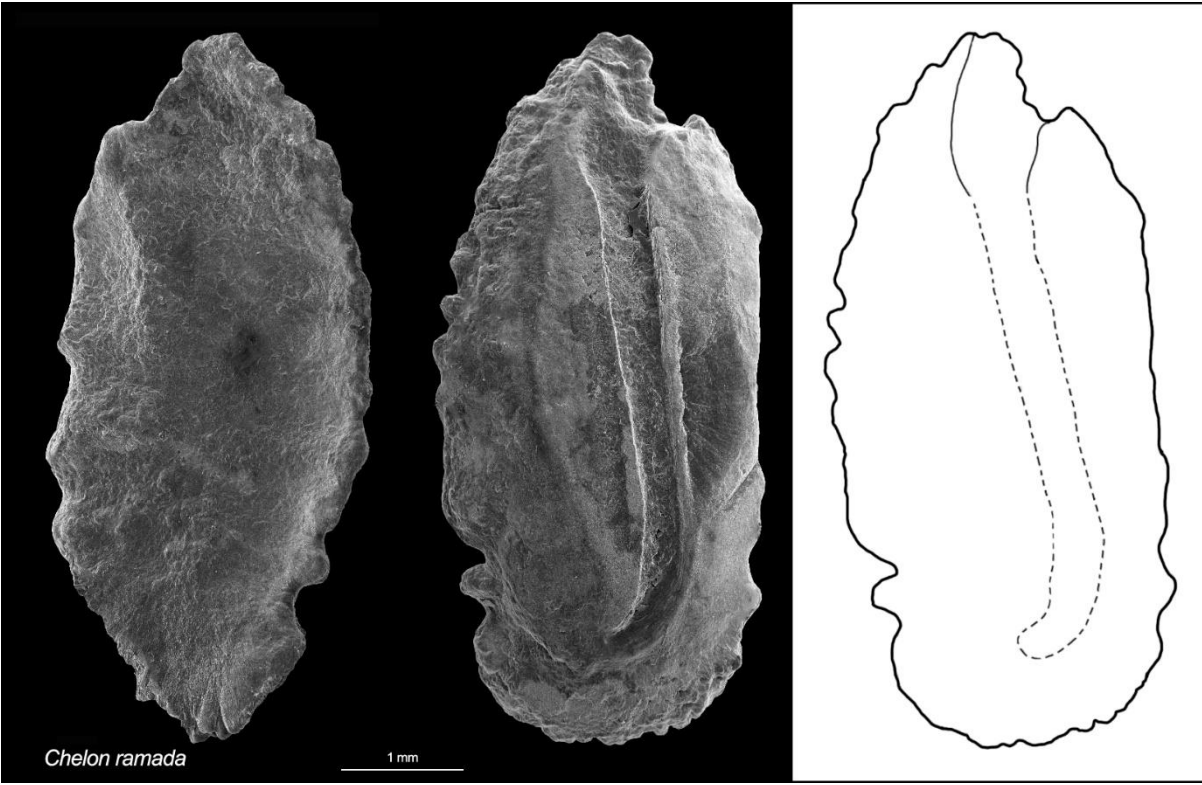
Posterior: flattened veya irregular; irregular.

Depression: dorsal depression cauda üzerinde olup küçüktür; ventral depression bulunmaz.

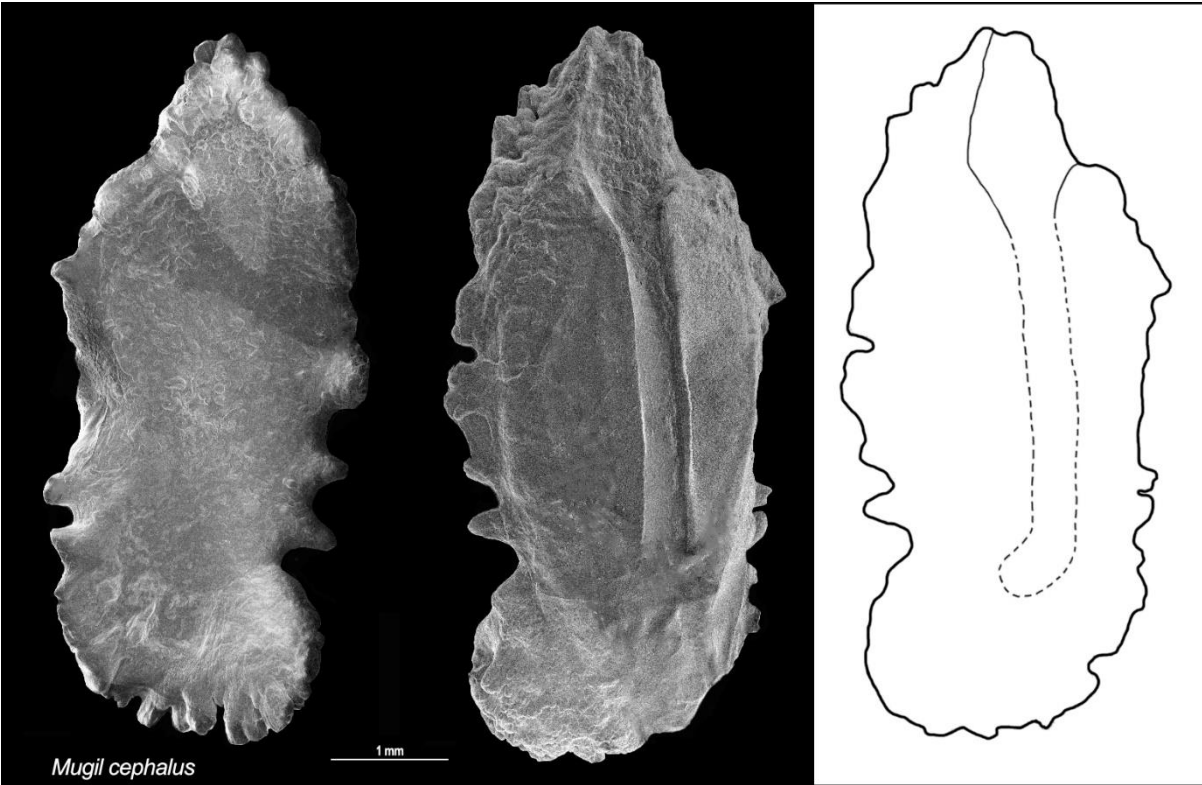
Tartışma

Beynin her iki tarafında yarım daire kanalları içerisinde yer alan otolitler birbirinden farklılık gösterebilmektedir. Çalışmada sağ ve sol otolitlerin her ikisi de çıkartılarak incelenmiştir. Her iki otolit arasında otolit morfolojileri dikkate alındığında otolit kenar yapısı bakımından küçük farklılıklar gösterebildiği tespit edilmiştir.

Tüm otolitlerin irregular tipte bir kenar yapısına sahip oldukları ve belirgin bir suprmedian *sulcus acusticus* yapısı sergilediği görülmüş olup diğer familyalardan kolaylıkla ayrılabilirdiği tespit edilmiştir. Kefal türlerinin otolit morfolojileri göz önüne alındığında otolit şekli, *sulcus acusticus*'u oluşturan ostium ve cauda yapısı, otolitlerin kenar yapıları bakımından belirgin bir farklılık olmadığı görülmüştür. İncelenen türlerin otolit yapıları, online otolit analizi (Shape Analysis of Fish Otoliths) veri tabanından kontrol edilmiş olup aralarında büyük bir benzerlik olduğu görülmüştür (Tuset ve ark., 2008).



Şekil 5. *Chelon ramada* sagittal otolit SEM görüntüsü ve iç yüzey çizimi



Şekil 6. *Mugil cephalus* sagittal otolit SEM görüntüsü ve iç yüzey çizimi

Otolit şekli ve yapısı türe özgü bir karakterdir (Jawad, 2007; Tuset ve ark., 2008). Bu nedenle tür ayrımında sistematik karakter olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı

sıra otolithlere ait morfometrik özellikleri ortaya koyan indisler ve sulcus acusticus yapısı ve oransal değerler de bu ayrıma katkı sağlamaktadır. Ancak, Mugilidae

familiyasına mensup türler arasında morfolojik ve morfometrik özellikler bakımından bazı farklılıklar tespit edilmiş olsa da bu özelliklere dayalı olarak tür tayinine gidilmesinin mümkün olmadığı ortaya çıkmıştır. Filogenetik olarak kefal türlerinin durumu ile ilgili farklı görüşler mevcuttur. Bu nedenle türler cinsler arasında taşınmaktadırlar (Durand ve ark., 2012). Bu çalışma sonuçları da otolit morfolojileri bakımından cinsler arasında belirgin farklılıklar olmadığını ortaya koyarak bu farklı yaklaşımların sebebini destekler niteliktedir.

Etik Onay

Yazarlar herhangi bir etik onay belgesi bildiriminde bulunmamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildiriminde bulunmamışlardır.

Mali Destek

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (SÜF2004BAP-2).

Kaynaklar

Akkıran N. 1984. A systematic study on Sparidae (Pisces) employing otolith characters in the East Mediterranean. METU of Pure and Appl. Sci., 17 (3): 269-286.

Akkıran N. 1985. A systematic study on Carangidae (Pisces) employing otolith characters in the East Mediterranean. Institut Za Oceanografiju I Ribarstvo – Split Sfr Jugoslavija, 63 Bilješke- Notes, 1-9.

Aguilera O.A., Schwarzans W., Béarez P., 2016. Otoliths of the Sciaenidae from the Neogene of tropical America. Palaeo Ichthyologica, 14 7-90. 10 figs., 18 pls.

Atılğan E., Başçınar N.S., Erbay, M. 2012. Otolith Characteristics and Some Population Parameters of Eastern Black Sea Horse Mackerel, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868). Journal of FisheriesSciences.com, 6(2): 114-124.

Avşar D. 2005. Balıkçılık Biyolojisi ve Popülasyon Dinamiği. Nobel Kitapevi, Adana, 332s, 2005.

Bilecenoğlu M., Kaya M., Cihangir B., Çiçek E. 2014. An updated checklist of the marine fishes of Turkey. Turkish Journal of Zoology, 38: 901-929.

Bostancı D., İlhan D.U., Akalın S. 2012. Otolith Characteristics of Scaldfish *Arnoglossus laterna* (Walbaum, 1792). The Black Sea Journal of Science, 2(6): 1-10.

Bostancı D., Yılmaz M., Yedier S., Kurucu G., Kontas S., Darçın M., Polat N. 2016. Sagittal otolith morphology of

sharpnout seabream *Diplodus puntazzo* (Walbaum, 1792) in the Aegean sea. Int. J. Morphol., 34(2): 484-488.

Campana SE, Thorrold SR. 2001. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? Can J Fish Aquat Sci., 58: 30-38.

Campana S.E. 1999. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. Marine Ecology Progress Series, 188: 263-297.

Campana S.E. 2004. Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean. Ottawa: NRC Research Press, 284 pages.

Durand J.-D., Shen K.-N., Chen W.-J., Jamandre B.W., Blel H., Diop K., Nirchio M., García De León F.J., Whitfield A.K., Chang C.-W., Borsa P. 2012. Systematics of the grey mullets (Teleostei: Mugiliformes: Mugilidae): Molecular phylogenetic evidence challenges two centuries of morphology-based taxonomy. Molecular Phylogenetics and Evolution, 64: 73-92.

Elsdon T.S., Wells B.K., Campana S.E., Gillanders B.W., Jones C.M., Limburg K.E., Secor D.H., Thorrold S.R., Walther B.D. 2008. Otolith chemistry to describe movements and life-history parameters of fishes: hypotheses, assumptions, limitations and inferences. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 46, 297-330.

Fischer W., Bauchot M.L., Schneider M. 1987. Fiches FAO d'identification des Especies Pour les Besoins DeLaPe'che. (Révision I) Méditerranée et mer Noire. Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (project GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organisations. FAO, Rome, Vol. I, 760 p.

Holden M.J., Raitt D.F.S. 1974. Methods of fisheries resource investigation and their application. Part 2, Manual of Fisheries Science. FAO Fisheries Tech. Pap. Rev. 1: 214p, 1974.

Jawad L.A. 2007. Comparative morphology of the otolith of the triplefins (family: Tripterygiidae). Journal of Natural History, 41(13-16): 901-924.

Kasapoğlu N., Duzgunes E. 2015. Otolith Atlas for The Black Sea. Journal of Environmental Protection and Ecology 16 (1): 133-144.

Kınacıgil H.T., Akyol O., Metin, G., Saygı H. 2000. A Systematic Study on the Otolith Characters of Sparidae (Pisces) in the Bay of Izmir (Aegean Sea). Turk J Zool, 24: 357-364.

Osman A.G.M., Farrag M.M., Mehanna S.F., Osman Y.A.A. 2020. Use of otolithic morphometrics and ultrastructure for comparing between three goatfish species (family: Mullidae) from the northern Red Sea, Hurgada, Egypt. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 19(2): 814-832. <https://doi.org/10.22092/IJFS.2018.120044>.

- Özpiçak M., Saygın S., Polat N. 2019. Otolith Shape Analysis of Bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) in the Black Sea Region (Samsun, Turkey). *Acta Aquatica Turcica*, 15(4): 507-516.
- Popper A.N., Ramcharitar, J., Campana, S.E. 2005. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Mar. Freshwater Res.*, 56:497-504.
- Ponton D. 2006. Is geometric morphometrics efficient for comparing otolith shape of different fish species? *J. Morphol.*, 267(6): 7507.
- Sarıhan E., Çiçek E., Toklu B. 2007. *Balık Biyolojisine Giriş*. Nobel Kitabevi, Adana, 137s,
- Tuset V.M., Lozano I.J., González J.A., Pertusa J.F., GarcíaDíaz M.M. 2003. Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of comber, *Serranus cabrilla* (L., 1758). *J. Appl. Ichthyol.*, 19(2): 88-93.
- Tuset V.M., Lombarte A., Assis C.A. 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Sci. Mar.*, 72(S1): 7-198.
- Tuset, V.M.; Rosin, P.L.; Lombarte, A. Sagittal otolith shape used in the identification of fishes of the genus *Serranus*. *Fisheries Research* 81 (2): 316-325, 2006.
- Whitehead P.J.P., Bauchot M-L., Hureau J-C., Nielsen J., Tortonese E. 1984. *Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean*. Richard Clay Ltd, I: 1-510, 1984.
- Whitehead P.J.P., Bauchot M-L., Hureau J-C., Nielsen J., Tortonese E. 1986a. *Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean*. Richard Clay Ltd, II: 511-1007, 1986a.
- Whitehead P.J.P., Bauchot M-L., Hureau J-C., Nielsen J., Tortonese E. 1986b. *Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean*. UNESCO, Paris, III: 1008-1473, 1986b.