

Kültür Koşullarında Levrek (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) Larvalarında Ağız Bölgesinin Osteolojik Gelişimi*

*Deniz Çoban, Cüneyt Suzer, H. Okan Kamacı, Nurcan Ertan, Şahin Saka, Kürşat Fırat

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye
*E mail: deniz.coban@ege.edu.tr

Abstract: *Osteological development of jaw in cultured european seabass (Dicentrarchus labrax L. 1758) larvae.* The development of the jaw, where is in oral cavity, in European seabass, *Dicentrarchus labrax*, (L. 1758), larvae was examined from 1 to 42 days post-hatching during the early ontogeny under well-defined intensive environmental culture conditions. During the study, specimens were examined on per 3 days until the end of weaning. Preparation techniques included fixation in formalin, trypsin clearing and staining with alcian blue and alizarin red S. At hatching, *D. labrax* were devoid of any cephalic elements in oral cavity. At 3.8 mm total length (TL), Meckel's cartilage appeared first. At 4.6 mm TL, the trabecular bars, palato-quadrate and the ethmoid plate showed. At 5.4 mm TL, hyoid bar, maxillary, basibranchial and branchial basket constituted the bottom of the oral cavity. At 7.9 mm TL, the first signs of dentaries were presented as the premaxillary. At 11.4 mm TL, there were no sign of ossification on the premaxillary and the dentary. At 15.8 mm TL, tip of the premaxillary and the dentary were start of ossification while the cartilaginous structures continue to regress. The development pattern of jaw in oral cavity found in *D. labrax* is quite similar to that described for other Sparid species.

Key Words: Seabass, *Dicentrarchus labrax*, Jaw Development, Osteology, Larvae.

Özet: Levrek larvalarında 0-42. günler arasında yoğun yetiştiricilik koşulları altında ağız boşluğunda çeneye ait elementlerin kırkırdak ve kemik gelişimleri incelenmiştir. Örnekler çalışma boyunca üç günde bir olacak şekilde elde edilmiş ve çalışma canlı yeminkesilmesi ile sonlanmıştır. Elde edilen örnekler formalinde sabitlendikten sonra alcian mavisi ve alizarin kırmızısı ile boyandı. Yumurtadan çıkan larvada ağıza ait bir osteolojik oluşum tespit edilmemiştir. İlk oluşan element 3,8 mm total boyda (TB) Meckel's kırkırdakıdır. Bu oluşumu 4,6 mm TB'da trabecular bar, palato-quadrate ve hyosymplectic takip eder. 5,4 mm TB'da basibranchial, hyoid bar, maksillary ve branchial sepet oral boşluğun altında meydana gelmiştir. 7,9 mm TB'da dişe ait yapıların ilk işareti olan premaksillary oluşumu gözlenmiştir. 11,4 mm TB'da premaksillary ve dentary kırkırdak yapıda olup henüz kemikleşme başlamamış olup her ikisinde de bir sıra dışı tespit edilmiştir. 15,8 mm TB'da premaksillary ve dentarynin uç bölgelerinde kemikleşme başlamıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar diğer teleostlar ile karşılaştırılmış ve benzer bulgulara rastlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Levrek, *Dicentrarchus labrax*, Ağız Gelişimi, Osteoloji, Larva.

*Bu çalışma TÜBİTAK VHAG 2111 numaralı proje tarafından desteklenmiştir.

Giriş

Levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıkları Kuzey Adriatik kıyıları ile birlikte Akdeniz ve Ege'de yaygın olarak bulunan, gerek akuakültür gerekse balıkçılık için ekonomik değere sahip önemli bir türdür (Georgalas ve diğ., 2007). Levrek balığı yetiştiriciliği 1980'li yılların başından bu yana ekstansif, entansif ve hiper-entansif kültür sistemlerinde başarı ile yapılmaktadır. Özellikle Akdeniz su ürünleri yetiştiriciliğinde 350.600 ton ile üretimi en fazla yapılan türlerin başında gelmektedir (FEAP).

Bir türün gelişiminde kemik ve kırkırdak yapının bilinmesi hem balıkçılık biyolojisi hem de akuakültür açısından oldukça önemlidir (Koumoundouros ve diğ., 2000). Balık yumurtadan çıktıktan sonra metamorfozun sonuna kadar olan dönem içerisinde sürekli bir değişim içerisinde (Fukuhara, 1992). Bu dönemin süresi türün biyolojisine ve çevresel etkilerine (sıcaklık, ışık vb.) bağlıdır. Bu dönem içerisinde balık hayatta kalmak için gerekli olan solunum, görme ve beslenme gibi yaşamsal fonksiyonlarını yerine getireceği organ ve dokularını

geliştirmek zorundadır. Tüm bu fonksiyonların yerine getirildiği bölge, iskelet ve kas sisteminden oluşan baş bölgesidir (Westneat, 2006). Bu sebepten dolayı, kültürü yapılan teleost balıklarında ilk gelişen ve hayati önemi yüksek olan bölge baş bölgesidir (Koumoundouros ve diğ., 2000). Teleost balıklarda kafanın ontogenisi kronolojik (her kemiğin oluşum zamanı) ve anatomik (kemik boyutu, gelişimi, elastikiyet vb.) açıdan farklılık gösterir (Vandewalle ve diğ., 1997). Kültür koşullarında, meydana gelen bu farklılık o türün üretim protokolünde larvanın yaşına bağlı besin girişinde önemlilik teşkil eder. Bu durum doğada ise beslenmenin yanı sıra avcıdan kaçma davranışını doğrudan etkileyerek, türün yaşama oranını artırır ve devamlılığını sağlar (Matsuoka, 1985; Koumoundouros ve diğ., 2000). Balıkların osteolojik gelişimi üzerine çeşitli çalışmalar mevcut iken (Matsuoka, 1985; Vandewalle ve diğ., 1995; Çoban ve diğ., 2009) levrek balığı üzerine özellikle yoğun kültür koşulları altında yapılmış bir çalışma tespit edilmemiştir.

Bu çalışmada, yoğun yetiştiricilik koşulları altında levrek, *Dicentrarchus labrax*, balığının yaşamsal fonksiyonlarını

yerine getirmede önemlilik teşkil eden ağzın yumurtadan çıkıştan itibaren 42. güne kadar olan dönemdeki osteolojik gelişimleri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

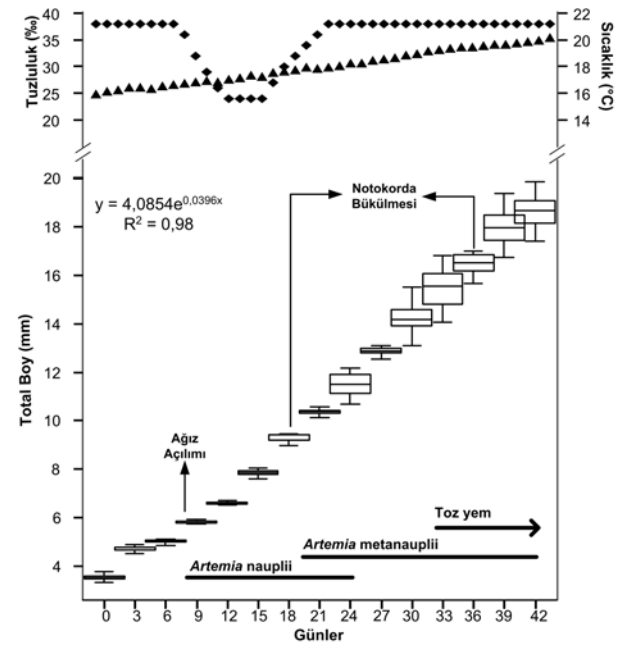
Çalışmada kullanılan levrek larvaları İzmir ili, Alağa ilçesi, Yeni Şakran mevkinde yer alan Akuvatek isimli özel bir işletmedeki üretimden elde edilmiştir. Burada dişi ve erkek anaçlar 1:1 oranında, 10 m³lük tanklarda ve 5 kg/m³ olarak stoklanmıştır. Anaçlardan yumurta doğal üreme periyodunda (Aralık-Şubat), doğal sıcaklık (14±1 °C) ve ışık altında elde edilmiştir. Anaç balıklara hormon müdahalesi yapılmamıştır. Elde edilen yumurtalar 100 lt.'lik inkübatörde, 150 adet/lt. olacak şekilde stoklanmıştır. Prelarval dönem 7 gün sürmüştü ve bu dönem boyunca karanlık uygulaması yapılmıştır. Ağzın ve anüsün fonksiyonel hale gelmesi ile 8. günde ışıklar açılmış ve dışarıdan beslemeye başlamıştır. Larvalar *Artemia nauplii* ile 8-24. günler arasında 1,5-2 nauplii/ml beslemeye başlanmış, 19-42. günler arasında *Artemia metanauplii* 1,5-2 metanauplii/ml olacak şekilde verilmeye başlanmıştır. Larvalara mikrokapsül yem girişi 32. günden sonra vücut ağırlığının % 8-14'ü arasında verilmiştir. Canlı yem girişi 42. günde kesilmiş ve mikropartikül yem girişi devam etmiştir. Larvaların içerisinde su sıcaklığı 16-21°C arasında olmuştur. Bununla birlikte 8-22. günler arasında %38 olan doğal deniz suyu tuzluluğu bu günler arasında tedrici olarak %24'e kadar düşürülmüş ve sonra tekrar doğal deniz suyu tuzluluğu seviyesine çıkarılmıştır. Besleme ve larval protokol Şekil 1'de verilmiştir.

Örneklemler yumurtadan çıktıktan sonraki prelarval dönemden itibaren canlı yem uygulamasının sonuna kadar olan dönemde yapılmıştır. Larva örnekleri mevcut üretim tankının bir tanesinden her 3 günde bir, en az 50 adet olacak şekilde rastgele seçilmiştir. Tüm larvalar, bayıldıktan sonra (Ethylene Glycol Monopethyl Ether, Merck, 0.2-0.5 ml.lit-1) sol taraflarından dijital fotoğraf makinesi (Nikon Coolpix 5000, Japan) ile ışık mikroskobu altında fotoğrafları çekilmiş ve total boy analizlerinin yapılabilmesi için bilgisayara kaydedilmiştir. Total boy analizleri TpsDig (Ver. 1.37) isimli bilgisayar programı yardımıyla 0.01 mm hassasiyetle ölçülmüştür. Ağzın kıkırdak ve kemik yapıdaki değişimlerinin tespiti için Alcian mavisi ve Alizarin kırmızısı ile ikili boyama yöntemi uygulanmıştır (Pothoff, 1984). Kıkırdak yapının tespiti için Alcian mavisi, kemik yapının belirlenmesi için ise Alizarin kırmızısı ile boyanmış ve ışık mikroskobu altında fotoğrafları çekilerek incelemeler yapılmıştır (Çoban ve diğ., 2008). Deforme bireyler çalışmaya dahil edilmemiştir. Anatomi terminolojisi Matsuoka'ya (1985, 1987) göre yapılmıştır.

Bulgular

Yumurtadan çıkan larvalarda başa ait herhangi bir kemiksel gelişim tespit edilmemiştir. Levrek larvalarında 3,8 mm total boyda (TB) baş bölgesinde ilk oluşan kemiksel yapı Meckel's kıkırdağıdır (Şekil 2-A). Bunu takiben 4,6 mm TB'da trabecular

bar, palato-quadrate ve hyosymplectic gibi birkaç kıkırdak yapı tespit edildi. Bununla birlikte 4,9 mm TB'da trabecular bar posteriora doğru uzamıştır (Şekil 2-B). Parachordal tabaka, trabecula communis ve ethmoid tabaka yine aynı TB aralığında oluşmuştur. 5,4 mm TB'da basibranchial, hyoid bar ve branchial sepet oral boşluğun altında meydana gelmiştir (Şekil 2-C). Trabecular bar, parachordal tabakadan ayrı fakat onun posteriorunda uzamış şekildedir. Maksillary üst dudağın kenarında küçük bir çubuk şeklinde tespit edilmiştir. Mandibul maksillarynin altında yer almıştır. 5,9 mm TB'da var olan kıkırdak elementlerin hepsi büyümüş ve Meckel's kıkırdağı kıvrılmaya başlamıştır (Şekil 2-D). Meckel's kıkırdağın sağ ve sol elementleri birbiriyle temas halindedir. Palato-quadrate hyosymplectic ve Meckel's kıkırdağına yakın küçük bir yapıdadır (Şekil 2-E).

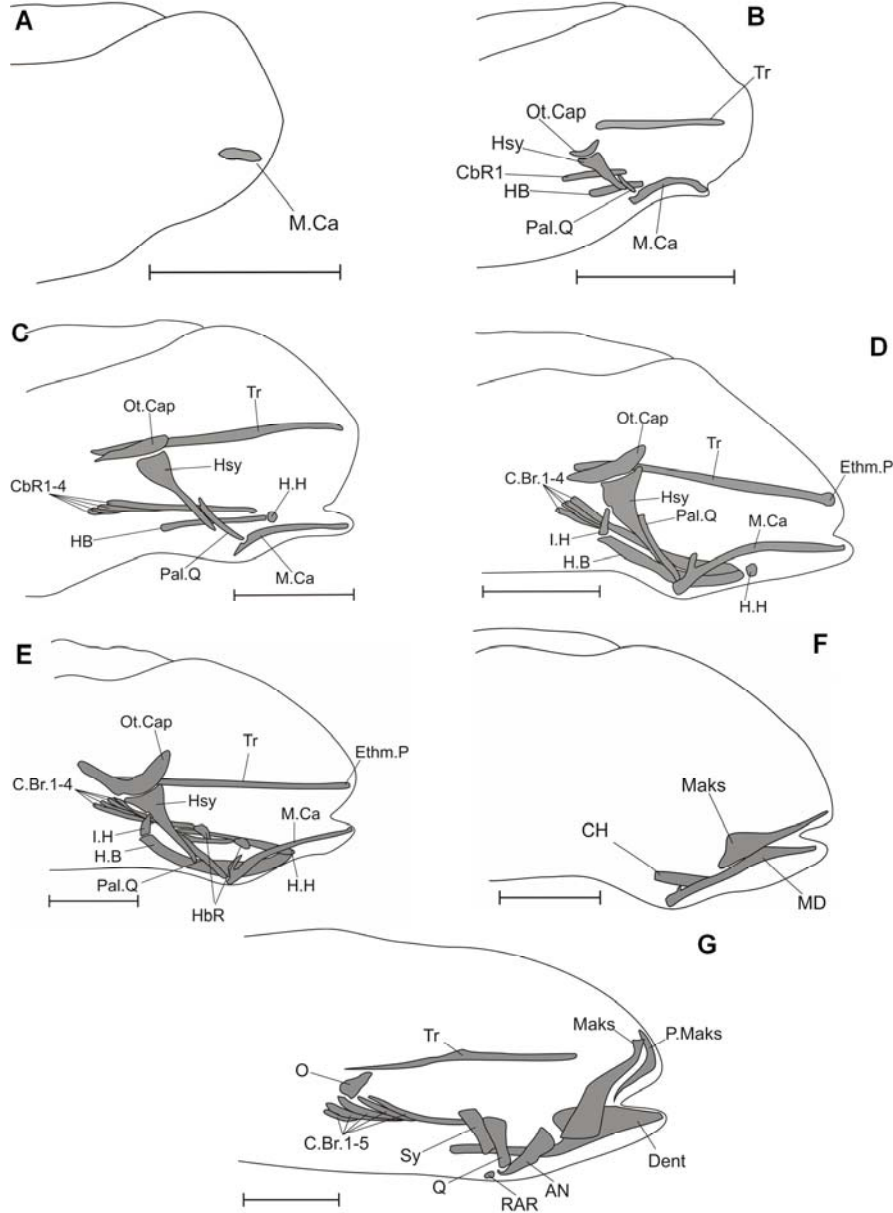


Şekil 1. Levrek (*Dicentrarchus labrax*) larvalarının güne bağlı gelişim ve yetiştiricilik protokolü (▲, sıcaklık; ◆, tuzluluk; ▴, maksimum; ▾, minimum; ▮, standart sapma; —, ortalama).

Levrek larvaları 7,9 mm TB'da dişe ait yapıların ilk işareti olan premaksillary oluşumu gözlenmiştir (Şekil 2-F). Premaksillary maksillarynin önünde küçük ince eğri bir yapıdadır. Palato-quadrate ethmoid tabakanın önünde kanat şeklinde bir uzama göstermektedir. 8,2 mm TB'da birkaç adet diş üst çenede gözlenmesine karşın alt çenede bu tipte bir oluşuma rastlanmamıştır. 8,9 mm TB'da yeni bir oluşum tespit edilmemiştir (Şekil 2-G). Mevcut tüm elementler kıkırdak yapıda olup kemikleşme tespit edilmemiştir. 9,3 mm TB'da trabecular bar ethmoid tabakanın posterior ucundan daha uzun olmadığı tespit edilmiştir. 11,4 mm TB'da premaksillary ve dentary kıkırdak yapıda olup henüz kemikleşme başlamamış olup her ikisinde de bir sıra diş tespit edilmiştir. 15,8 mm TB'da premaksillary ve dentarynin uç bölgelerinde

kemikleşme başlamıştır. 16,5 mm TB'da maksillari, premaksillari, dentari ve retroarticular kemikler büyümüş ve kemikleşme ağzın posterior kısmına doğru ilerleme

belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda ağız boşluğunda hala kemikleşmesini tamamlamayan çeşitli elementler tespit edilmiştir.



Şekil 2. Baş bölgesinin lateralden görünüşü. A, 3,8 mm TB; B, 4,9 mm TB; C, 5,4 mm TB; D, 5,9 mm TB; E, 6,4 mm TB; F, 7,9 mm TB; G, 8,9 mm TB. M.Ca, Meckel' kıkırdağı; Ot, Cap, Otic kapsül; Tr, Trabecular bar; Hsy, Hyosymplectic; CbR, Ceratobranchial; HB, Hyoid bar; Pal.Q, Palato-quadrate; H.H, Hypohyal; I.H, İnterhyal; Ethm.P, Ethmoid plak; HbR, Hypobranchial; CH, Cratohyal; Maks, Maksillary; MD, Mandibule; P.Maks, Premaksillary; Dent, Dentary; AN, Angular; RAR, Retroarticular; O, Operkül; Q, quadrate; SY, syplectic. Her gösterge çizelgesi 0,5 mm dir.

Tartışma ve Sonuç

Balıklarda kafanın fonksiyonel morfolojisi ve gelişimi uzun yıllardır araştırılmaktadır (Tchernavin, 1953; Osse, 1969; Westneat, 1991). Balığın farklı gelişimsel safhalarına bağlı kemik ve kıkırdak yapı gelişimi gerek balıkçılık biyolojisi

gereke balık yetiştiriciliği açısından önemlidir (Fukuhara, 1992). İskelet yapının ontogenisine yetiştiricilik açısından bakıldığında kültür koşulları altında iskelet deformasyonlarının eliminasyonu veya erken teşhisi açısından önemlidir (Koumoundouros ve diğ., 1997; Çoban ve diğ., 2008). Birçok teleost balığında baş bölgesinde 20'den fazla hareket

edebilen kemikle birlikte bir o kadarda sabit kemik mevcuttur (Westneat, 2006). Balıklarda bu kemiklerin gelişim morfolojilerinin tanımlanması ve detaylı bir şekilde gösterilmesi beslenme davranışlarının anlaşılmasında ve kas-iskelet sisteminin belirlenmesinde anahtar rol oynar (Westneat, 2006). Balıklarda beslenme ağzın açılıp kapanmasından daha karmaşık bir yapıdadır. Lauder'e (1983) göre balıklarda beslenme 4 ana iskelet-kas koordinesi etrafında olmaktadır. Bunlar sırasıyla başın yükselmesi, hyoidin (dil kemiğinin) alçalması, ağzın alçalması ve ağzın ileri çıkması. Tüm ağzın açılmasında başlıca kullanılan kemikler maksilla, premaksilla ve mandibule olurken ağzın açılmasında neurocranium, suspensorium ve hyoiddir (Westneat, 2006). Bu çalışmada, larvaların gelişimleri ve hayatta kalmaları üzerine etkisi olan ağzın kıkırdak ve kemik yapı gelişimini inceledik.

Kemikli balıkları oluşturan teleost subklasine ait balık türlerinde baş gelişimi çeşitli farklılıklar gösterir. Örneğin, *Salma trutta* (De Beer, 1937) ve *Barbus barbuis* (Vandewalle ve diğ., 1992) türleri yumurtadan çıkmadan önce baş gelişiminin başladığı fakat herhangi bir kemikleşme görülmediği bildirilmesine karşın, *Galeichthys feliceps* yumurtadan çıktığında baş bölgesinde özellikle ağız çevresinde kemikleşme tespit edilmiştir (Tilney ve Hecht, 1993). Bununla birlikte *Scophthalmus maximus* (Wagemans ve diğ., 1998), *Dentex dentex* (Koumoundouros ve diğ., 2000), *Sparus aurata* (Faustino ve Power 2001) ve *Dicentrarchus labrax* (Gluckmann ve diğ., 1999) türlerinde baş gelişimi yumurtadan çıktıktan sonraki günlerde meydana gelir. Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş ve baş gelişimi yumurtadan çıktıktan sonra tespit edilmiştir.

Ağız ve anüsü kapalı olan levrek larvası beslenmesini vitellüs kesesinden yapar. Levrek larva üretim protokolünde 7-10. günler arasında dışarıdan beslemeye rotifer (*Brachionus plicatilis*) ve/veya *Artemia nauplii* gibi çeşitli zooplanktonlar ile başlanır. Bu çalışmada görüldüğü gibi ilk besleme döneminde ağız boşluğu içerisinde herhangi bir kemik element mevcut değildir. Bununla birlikte Meckel's kıkırdağı, ethmoid tabaka, palato-quadrata, hyosymplectic, hyoid bar ve basibranchial gibi çeşitli kıkırdak yapıdaki elementler ağız boşluğu içerisinde gelişimlerini göstermeye başlamışlardır. Ağız boşluğu içerisinde ilk oluşan kıkırdak yapı Meckel's kıkırdağıdır. Benzer gelişim *Dentex dentex* (Koumoundouros ve diğ., 2000) *Scophthalmus maximus* (Wagemans ve diğ., 1998), *Sparus aurata* (Faustino ve Power 2001; Saka ve diğ., 2008) ve *Pagrus major* (Matsuoka, 1987) balıklarında da bildirilmiştir.

Baş bölgesinde oluşan ilk kemik yapı maksillarydir ve bunu premaksillary takip etmiştir. Bu elementlerin oluşumu ile ağız içerisinde çeşitli boylarda dış oluşumu da tespit edilmiştir. Maksillary ve premaksillaryi takiben kemikleşme dentary üzerinde de tespit edilmiştir. Kıkırdak yapının azalarak kemik yapının artması tür içerisinde farklılık gösterdiği gibi türler arasında farklılık gösterir (Faustino ve Power 2001). Özellikle türlerin yaşadıkları ekosistemdeki beslenme davranışlarına bağlı olarak farklı gelişimsel safhalara farklı gelişimsel tepki göstermesi türün biyolojisi ile doğrudan ilişkilidir

(Koumoundouros ve diğ., 2000). Kıkırdak yapıdan kemik yapıya geçiş doğrudan bir anda değildir ve genelde kıkırdak yapının anteriorundan başlar posteriora doğru devam eder (Çoban ve diğ., 2008). *D. dentex* (Koumoundouros ve diğ., 2000) *S. aurata* (Faustino ve Power 2001; Saka ve diğ., 2008) ve *P. major* (Matsuoka, 1987) balıklarında da benzer kemikleşme bildirilmesine karşın, *S. Maximus*'ta (Wagemans ve diğ., 1998) maksillaryden önce preoperküller elementlerde kemikleşme gerçekleştiği bildirilmiştir. Bununla birlikte *Chrysichthys auratus* türünde dentary ve operkülerden sonra maksillarede kemikleşme görülmüştür (Vandewalle et al. 1995).

Russel (1976) balıkların erken yaşam dönemini 3'e ayırmıştır. Bu araştırmacıya göre 0-7 gün vitellüs keseli dönem, 7-40 gün dışarıdan beslemenin olduğu postlarval dönem ve 40-90 gün juvenil dönemdir. Bu sınıflama ile bizim elde ettiğimiz bulguları bir araya getirirsek, levrek larvalarında ağız gelişimi 0-40 gün arasında yani vitellüs keseli dönem ile postlarval dönemde meydana gelmektedir. Kıkırdak formda olan bu gelişimin kemikleşme işlemi bu dönem içerisinde henüz tamamlanmamıştır. Kıkırdak yapıdan kemik yapıya geçiş postlarval dönem içerisinde başlayıp juvenil dönemde devam etmektedir. Buna paralel birçok sonuç birçok teleost balıkta bildirilmiştir (Matsuoka, 1987; Koumoundouros ve diğ., 2000; Faustino ve Power 2001; Saka ve diğ., 2008).

Bu çalışma ile elde edilen veriler eşliğinde levrek balıklarının ağız boşluğu içerisindeki kıkırdak ve kemik yapı gelişimleri belirlenmiştir. Bu şekilde başarı ile üretimi yapılan levrek balıklarının ağız gelişimlerinin bilinmesiyle larval döneme bağlı besin girişinin belirlenmesi sağlanabilir. Bununla birlikte, yoğun üretim koşulları altında ortaya çıkan deformasyonlar ticari işletmeler için kimi zaman büyük ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu yüzden yoğun kültür koşulları altında levrek balıklarının normal ağız gelişimlerinin bu çalışma ile ortaya çıkarılması sonucunda elde edilen veriler meydana gelebilecek deformasyonların önlenmesinde veya ortadan kaldırılmasında önem teşkil etmektedir.

Teşekkür

Tüm çalışma boyunca tüm teknik imkânları sınırsızca kullanmamızı sağlayan Akvatek Su Ürünleri A.Ş. çalışanlarına teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Çoban, D., C. Suzer, H.O. Kamacı, Ş. Saka, and K. Fırat. 2008. Early osteological development of the fins in the hatchery-reared red porgy, *Pagrus pagrus* (L. 1758). *Journal of Applied Ichthyology*, (In press).
- De Beer, G. R. 1937. The development of the vertebrate skull. Clarendon Press, Oxford.
- Faustino, M. and D. M. Power. 2001. Osteologic development of the viscerocranial skeleton in sea bream: alternative ossification strategies in teleost fish. *J. Fish Biol.*, 58: 537-572.
- FEAP. www.feap.info
- Fukuhara, O. 1992. Study on the development of functional morphology and behavior of the larvae of eight commercially valuable teleost fishes. *Contr. Fish Res. Jap. Sea Block*, 25: 1-122.

- Georgalas, V., S. Malavasi, P. Franzoi and P. Torricelli. 2007. Swimming activity and feeding behaviour of larval European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): Effects of ontogeny and increasing food density. *Aquaculture*, 264: 418-427.
- Gluckmann, I., B. Huriaux, P. Focant and P. Vandewalle. 1999. Postembryonic development of the cephalic skeleton in *Dicentrarchus labrax*. *Bull. Mar. Sci.* 65: 11-36.
- Koumoundouros, G., F. Gagliardi, P. Divanach, C. Boglione, S. Cataudella and M. Kentouri. 1997. Normal and abnormal osteological development of caudal fin in *Sparus aurata* L fry. *Aquaculture*, 149: 215-226.
- Koumoundouros, G., P. Divanach and M. Kentouri. 2000. Development of the skull in *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae). *Marine Biology*, 136: 175-184.
- Lauder, G. V. 1983. Food capture, p. 280–311. In Webb, P. W. and Weihs, D. (Eds.), *Fish Biomechanics*. Praeger, New York.
- Matsuoka, M. 1985. Osteological development in the red sea bream, *Pagrus major*. *Jpn. J. Ichthyol.* 32: 35–51.
- Matsuoka, M. 1987. Development of the skeletal tissues and skeletal muscles in the red sea bream. *Bull. Seikai. Reg. Fish. Res. Lab.*, 65: 1-114.
- Osse, J. W. M. 1969. Functional morphology of the head of the perch (*Perca fluviatilis* L.): An electromyographic study. *Neth. J. Zool.* 19: 290–392.
- Pothoff, T. 1984. Clearing and staining techniques, In: American Society of Ichthyologists and Herpetologists (Eds.). *Ontogeny and Systematics of Fishes*. Amer. Soc. Ichthyol. Herpet. Allen, New York: 35–37.
- Russell, F. S. 1976. *The eggs and planktonic stages of British marine fishes*. London, Academic Press.
- Saka, Ş., D. Çoban, H. O. Kamacı, C. Suzer and K. Fırat. 2008. Early development of cephalic skeleton in hatchery-reared gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 8: 341-345.
- Tchernavin, V. V. 1953. *The Feeding Mechanisms of a Deep Sea Fish Chauliodus sloani* Schneider. British Museum, N.H., London.
- Tilney, R. L. and T. Hecht. 1993. Early ontogeny of *Galeichthys feliceps* from the south east coast of South Africa. *J. Fish Biol.*, 43: 183-212.
- Vandewalle, P., B. Focant, F. Huriaux and M. Chardon. 1992. Early development of the cephalic skeleton of *Barbus barbuis* (Teleostei, Cyprinidae). *J. Fish Biol.*, 41: 43-62.
- Vandewalle, P., P. Laleye and B. Focant. 1995. Early development of cephalic bony elements in *Chrysichthys auratus* (Pisces, Siluriformes, Bagriidae). *Belg J Zool* 125: 329-347.
- Vandewalle, P., I. Gluckmann, E. Baras, F. Huriaux and B. Focant. 1997. Postembryonic development of the cephalic region in *Heterobranchius longifilis*. *J. Fish Biol.*, 50: 227-253.
- Wagemans, F., B. Focant and P. Vandewalle. 1998. Early development of the cephalic skeleton in the turbot. *J. Fish Biol.*, 52: 166-204.
- Westneat, M. W. 1991. Linkage biomechanics and evolution of the jaw protrusion mechanism of the sling-jaw wrasse, *Epibulus insidiator*. *J. Exp. Biol.* 159: 165–184.
- Westneat, M. W. 2006. Skull biomechanics and suction feeding in fishes. p. 29-68. In R. E. Shadwick and G. V. Lauder (eds.). *Fish Biomechanics*. Elsevier Academic Press, USA.