



## Siyam Kavgacı Balığı Beta'nın (*Betta splendens* Regan, 1910) Larval Gelişimi

İhsan Çelik<sup>1</sup> • Pınar Çelik<sup>2</sup> • Sencer Akalın<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mersin University, Fisheries Faculty, Yenişehir Campus, Yenişehir/Mersin, Türkiye, ihsanceliktr@gmail.com

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale/Türkiye, pinarakaslan@yahoo.com

<sup>3</sup> Ege University, Fisheries Faculty, Bornova/İzmir, Türkiye, sencer.akalin@ege.edu.tr

✉ Corresponding Author: ihsanceliktr@gmail.com

### Please cite this paper as follows:

Çelik, İ., Çelik, P., & Akalın, S. (2022). Larval Development of Siamese Fighting Fish (*Betta splendens* Regan, 1910). *Acta Natura et Scientia*, 3(2), 137-147. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2022.352.06>

## MAKALE BİLGİSİ

### Makale Geçmişi

Geliş: 07.09.2022

Düzeltilme: 25.11.2022

Kabul: 25.11.2022

Çevrimiçi Yayınlanma: 05.12.2022

### Anahtar Kelimeler:

Kavgacı balık beta

*Betta splendens*

Süs balıkları

Larva

Yetiştiricilik

## Ö Z E T

Bu çalışmada, süs balıklarının en önemli türlerinden bir tür olan Siyam kavgacı balığı betanın (*Betta splendens*) larval gelişim aşaması incelenmiştir. Larval gelişim safhası, yumurtadan çıkıştan juvenil periyodun başlangıcına kadar kaydedilmiştir. Döllenen yumurtalar  $28\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  su sıcaklığında kuluçka edilmiştir. Embriyonik gelişim, döllenmeden sonra 28-32 saatte tamamlanmış ve yumurta açılımı olduğu gözlemlenmiştir. Yumurtadan çıktıktan sonraki 1. gün ağız ve anüs kapalıdır. Ağız ve anüs 2. günde açılmıştır. Yumurtadan çıktıktan sonraki 3. gün dış beslenme başlamıştır. Hava kesesi 2-3. günlerde şişmektedir. Besin kesesi 4. günde tamamen tükenmekte ve larva serbest yüzme hareketleri yapabilmektedir. *Betta splendens*'in larval gelişim aşaması dört periyoda ayrılmıştır: Besin keseli larva (1-4. gün), notokord ucunun kıvrımından önceki periyot (preflexion larva periyodu) (4-8. gün), notokord ucunun kıvrıldığı periyot (flexion larva periyodu) (11-12. gün) ve notokord ucu kıvrıldıktan sonraki periyot (post-flexion larva periyodu) (13-30. gün). Yumurtadan çıktıktan sonraki 30. günlerde larval metamorfoz tamamlanmış ve juvenil aşamaya geçilmiştir.

## Larval Development of Siamese Fighting Fish (*Betta splendens* Regan, 1910)

### ARTICLE INFO

#### Article History

Received: 07.09.2022

Revised: 25.11.2022

Accepted: 25.11.2022

Available online: 05.12.2022

#### Keywords:

Fighting fish beta

Betta splendens

Ornamental fish

Larvae

Aquaculture

### A B S T R A C T

In this study, the larval development stages of one of the most important ornamental fish Siamese fighting fish betta (*Betta splendens* Regan, 1910) were examined. The larval development stage was documented from hatching until the beginning of the juvenile period. The fertilized eggs were incubated at a water temperature of  $28\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . The embryonic developmental stage was completed and hatching was observed at 28-32 hours post fertilization (hpf). The mouth and anus were closed 1 day after hatching (DAH). The mouth and anus were opened at 2 DAH. Exogenous feeding started on 3 DAH. The swim bladder was inflated at 2–3 DAH. The yolk sac was completely consumed at 4 DAH and the larvae began to swim freely. The larval development of *Betta splendens* was divided into four different periods: Yolk-sac larva (1–4 DAH), preflexion larva (4–8 DAH), flexion larva (11-12 DAH) and post-flexion larva (13–30 DAH). The larval metamorphosis was completed, and the larvae transformed into juveniles at 30 DAH.

### GİRİŞ

Larval dönem, embriyonun yumurtadan çıktığı günden itibaren başlayan, morfolojik ve fizyolojik metamorfozun tamamlandığı, vücut formunun ergin birey görüntüsü aldığı juvenil (genç) aşamaya kadar olan yaşam evresini kapsamaktadır (Jüza vd., 2010; Garrido vd., 2015; Zhang vd., 2017). Balık yaşamının bu erken evresinde görülen ölüm oranlarının daha ileriki genç aşamalara göre çok daha yüksek olduğu yaygın olarak bilinen bir bulgudur. Balıkların larva, juvenil (genç) ve ergin aşamalarının tamamını kapsayan tüm yaşam evreleri boyunca görülen ölüm oranlarının büyük kısmı (~%90) larval aşamada gerçekleşmektedir (Forsythe vd., 2013; Kaemingk vd., 2014; Garrido vd., 2015; Bogner vd., 2016; Vindenes vd., 2016). Larval aşamadaki yüksek ölüm oranları, uzun ömürlü türlere kıyasla daha kısa ömürlü olan türler üzerinde çok daha büyük bir etkiye sahiptir (Ohlberger & Langangen, 2015). Bu nedenle balık yetiştiriciliği uygulamalarında larval aşamalarda vuku bulan gelişim olaylarının çok daha iyi anlaşılması gerekmektedir. Özellikle de ekonomik türlerin larval gelişim sürecinin iyi bilinmesi, türün üretiminin sürdürülebilirliği açısından çok önemlidir.

Siyam kavgacı balığı olarak bilinen *Betta splendens*, Asya kökenli (Mekong Havzası) ekonomik değeri yüksek bir tatlı su akvaryum balığıdır. Amerika Birleşik Devletleri başta olmak üzere Avrupa ve diğer pek çok dünya ülkesinde en önemli süs balığı türlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Chapman vd., 1997). Popülaritesi ve yüksek kârlılık oranından dolayı akvaryum balığı pazar ve endüstrisinde önemli bir türdür (Chapman vd., 1997). Bununla birlikte, balık üretiminde özellikle bir darboğaz olarak kabul edilen

larva yetiştirme aşamasında ortaya konulan bilgiler yeterli değildir (Portella & Dabrowski, 2008). Bu alandaki veri havuzuna katkıda bulunmak amacıyla beta balığının larval aşamasıyla ilgili bir çalışma yapma ihtiyacı duyulmuştur. Bu çalışmada, laboratuvar ortamında üretilen beta balığı larvalarının morfolojik gelişim süreci incelenmiştir.

### MATERYAL VE YÖNTEM

Embriyoların yumurtadan çıktıkları gün başlayıp juvenil aşamaya kadar olan aşamayı kapsayan larval gelişim sürecini gözlemleyebilmek için balıklar laboratuvar ortamında üretime alınmıştır. Bunun için 1 yaşını aşmış 3 çift beta (*B. splendens*) kullanılmıştır. Çiftleştirmeden önce dişi anaçlar 9 litrelik (30 cm boy × 20 cm en × 15 cm su yüksekliği) dikdörtgen cam bir akvaryumda tutulurken, erkek anaçların her biri birbirlerini göremeyecek şekilde 1'er litrelik cam kavanozlara stoklanmıştır. Anaçlar bu tanklarda *Artemia* sp., pul yem ve pelet yem karışımından oluşan besleme programıyla üremeye hazırlanmıştır. Anaç yemlenmesi günde iki öğün yapılmıştır. Su kalite parametrelerinden su sıcaklığı  $28\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , pH 7,0–7,5 ve iletkenlik 400–600  $\mu\text{S}$  aralığında değişmiştir. Su sıcaklığını sabit tutmak için laboratuvarında anaçların tutulduğu çalışma alanının havası klimayla ısıtılmıştır. Erkek anaçların köpük yapma oranları arttığında bir dişi ile bir erkek üreme tankına birlikte alınmıştır. Yapılan tüm denemelerde dişi ve erkeğin bir arada tutulduğu üreme akvaryumlarında çoğunlukla ilk gün ya da en geç ikinci gün yumurtlama davranışının olduğu gözlenmiştir. Beta balıkları köpük yuva yapan türler olduğundan, üreme esnasında erkek birey hem suyun üstüne köpük yuva yapmış hem de dişiye kur yapmaya devam

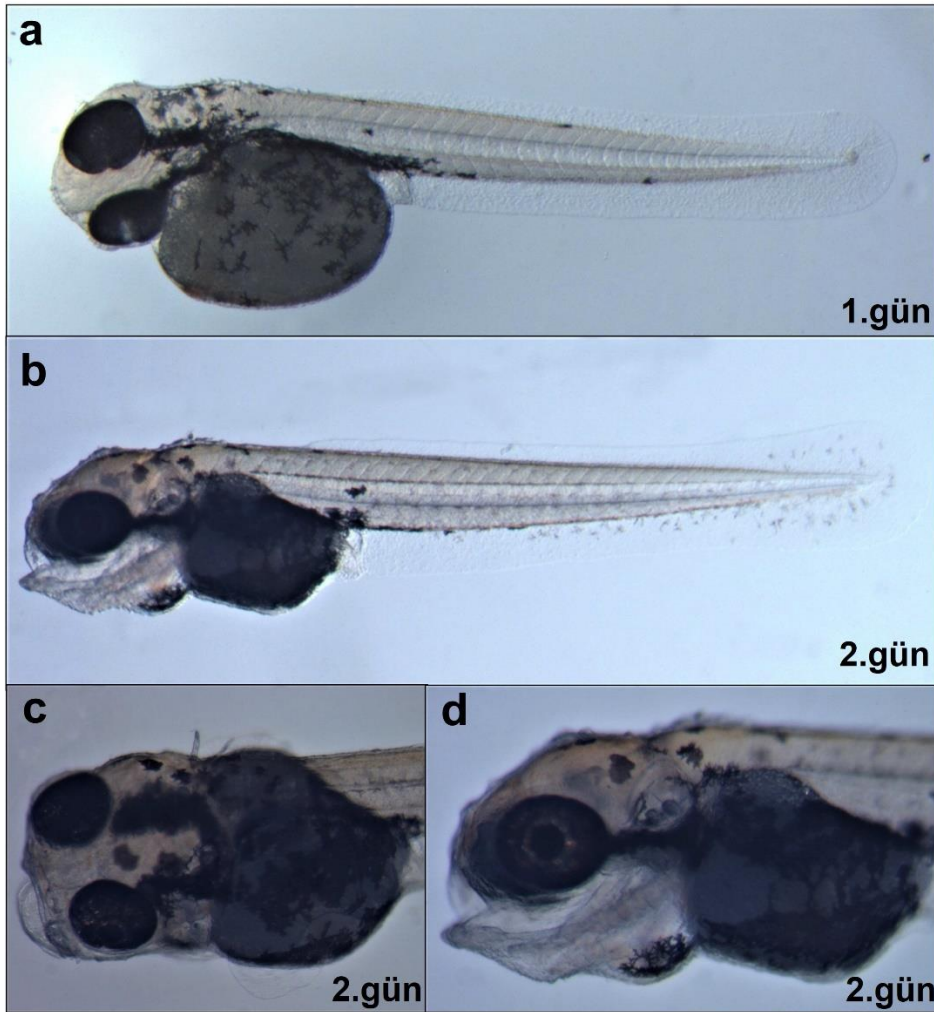
etmiştir. Yuva yapımı bittikten sonra erkek birey, dişi yuvanın altına getirip, dişinin vücudunu sarmış ve dişinin karın kısmı yukarıya yani köpük yuvaya gelecek şekilde dişi sıkıştırır. Bu davranış 2-4 saat aralığında ara ara tekrarlanarak yumurtlama işlemi tamamlanmıştır. Yumurtlama tamamlandıktan sonra dişi üreme akvaryumundan alınmış, erkek yumurtalara bakması için tankta bırakılmıştır. Erkek bireyler tank zeminine düşen döllenmiş yumurtaları köpük yuvaya taşıyarak parental bakıma başlayıp, larvalar serbest yüzünceye kadar bu davranışlarını sürdürmektedirler. Döllenikten sonra 28-32 saat aralığında yumurtalar açılmış ve larval dönemin ilk günü başlamıştır. Yumurtaların açıldığı gün larval aşamanın ilk günü kabul edilerek juvenil aşamaya kadar periyodik canlı örnekleri alınmıştır.

Günlük olarak örneklenen larvalar sabit oda sıcaklığında petri kabının içerisinde (27-28°C sabit su sıcaklığında) tutularak mikroskop altında (Olympus BX51 model araştırma mikroskobu (Tokyo, Japonya) ve Olympus SZX7

model zoom stereomikroskop (Tokyo, Japonya)) morfolojik açıdan incelenmiş ve mikroskoba bağlı bir kamerayla periyodik olarak fotoğrafları çekilmiştir (Q Imaging, Micropublisher 3.3 RTV, Kanada). Bu şekilde genel morfolojik değişimler günlük olarak kaydedilmiştir.

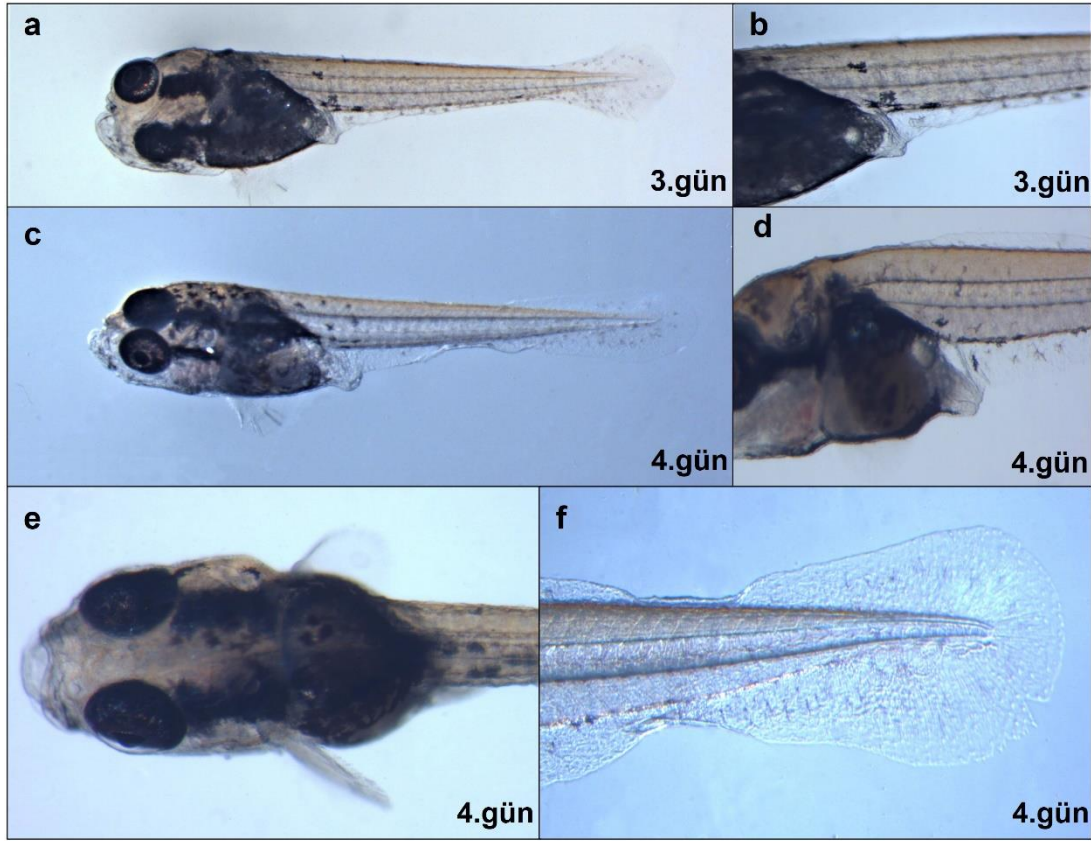
## BULGULAR

Beta balıklarının yaşam döngüsünün başlangıcı olan embriyonik gelişim evresi, su sıcaklığına bağlı olarak 28-32 saat sürmektedir. Larvaların yumurtadan çıktıkları ilk günde ise larval gelişim evresi başlamaktadır. Bundan dolayı yumurtadan çıktıkları ilk gün larvaların 1. yaş günü olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada da larvaların yumurtadan çıktıkları gün, larvanın 1. günü kabul edilmiştir. Buna göre diğer günler sıralanmıştır. Yumurtadan çıktıkları ilk günden, fizyolojik ve morfolojik gelişimlerini tamamlayarak ergin birey formunu aldıkları ilk güne kadar olan larval gelişim aşaması içerisinde geçirdikleri değişimler morfolojik olarak gözlenmiştir.



**Figure 1.** Photographs of *Betta splendens* larvae in the first 2 days after hatching (DAH). a: day 1 DAH, b, c and d: 2 DAH.

**Şekil 1.** *Betta splendens* larvasının yumurtadan çıktıktan sonraki ilk 2 gün fotoğrafları. a: 1. gün, b, c ve d: 2. gün.



**Figure 2.** Photographs of *Betta splendens* larva 3 and 4 days after hatching. a: Whole body view of the larva on the 3rd day, b: Anus and ventral area on the 3rd day, c: General view of the larva on the 4th day, d: Anus and ventral area on the 4th day, e: Top view of the head, f: Tail.

**Şekil 2.** *Betta splendens* larvasının yumurtadan çıktıktan sonraki 3. ve 4. gün fotoğrafları. a: 3. gün larvanın bütün vücut görüntüsü, b: 3. gün anüs ve karın bölgesi, c: 4. gün larvanın genel görüntüsü, d: 4. gün anüs ve karın bölgesi, e: 4. gün kafa bölgesinin üstten görüntüsü, f: 4. gün kuyruk kısmı.

Şekil 1'de *B. splendens* larvasının yumurtadan çıktıktan sonraki 1. ve 2. günlerine ait fotoğraflar gösterilmiştir. Bu şekilde de görüldüğü gibi, 1. gün larvanın ağzı kapalı, premordial yüzgeç formu net, anüs kapalı, oldukça büyük bir besin kesesi mevcuttur (Şekil 1a). Vücudun neredeyse tamamı renksiz, renk pigmentleri henüz oluşmamış durumdadır. Kafa orta iç kısmında otolitler görülebilmektedir. İlk günde de larva kısa süreli kuyruk hareketleri yaparak hareket edebilmektedir. Ancak serbest yüzme söz konusu değildir. İlk günlerde larvalar suyun hava ile temas eden üst kısmında yer alan köpük yuvada tutunmaktadır. Yuvadan tank zeminine düşen larvalar babaları tarafından tekrar köpük yuvaya taşınmaktadır. Bu davranış modeli 3-5. günlere kadar devam etmekte, daha sonra baba tanktan alınarak larvalar yalnız bırakılmaktadır. 2. günde larvanın ağzının açıldığı görülmektedir (Şekil 1a, 1b, 1c). Pektoral yüzgeç oluşumunun 2. günlerde başladığı anlaşılmaktadır (Şekil 1c). 2. günde de kafa kısmında pigment yapıları benek şeklinde ve dağınık konumda yer almaktadır. Şeffaf görüntü hala devam etmektedir. Besin kesesi 1. güne oranla oldukça küçülmüş durumdadır (Şekil 1b).

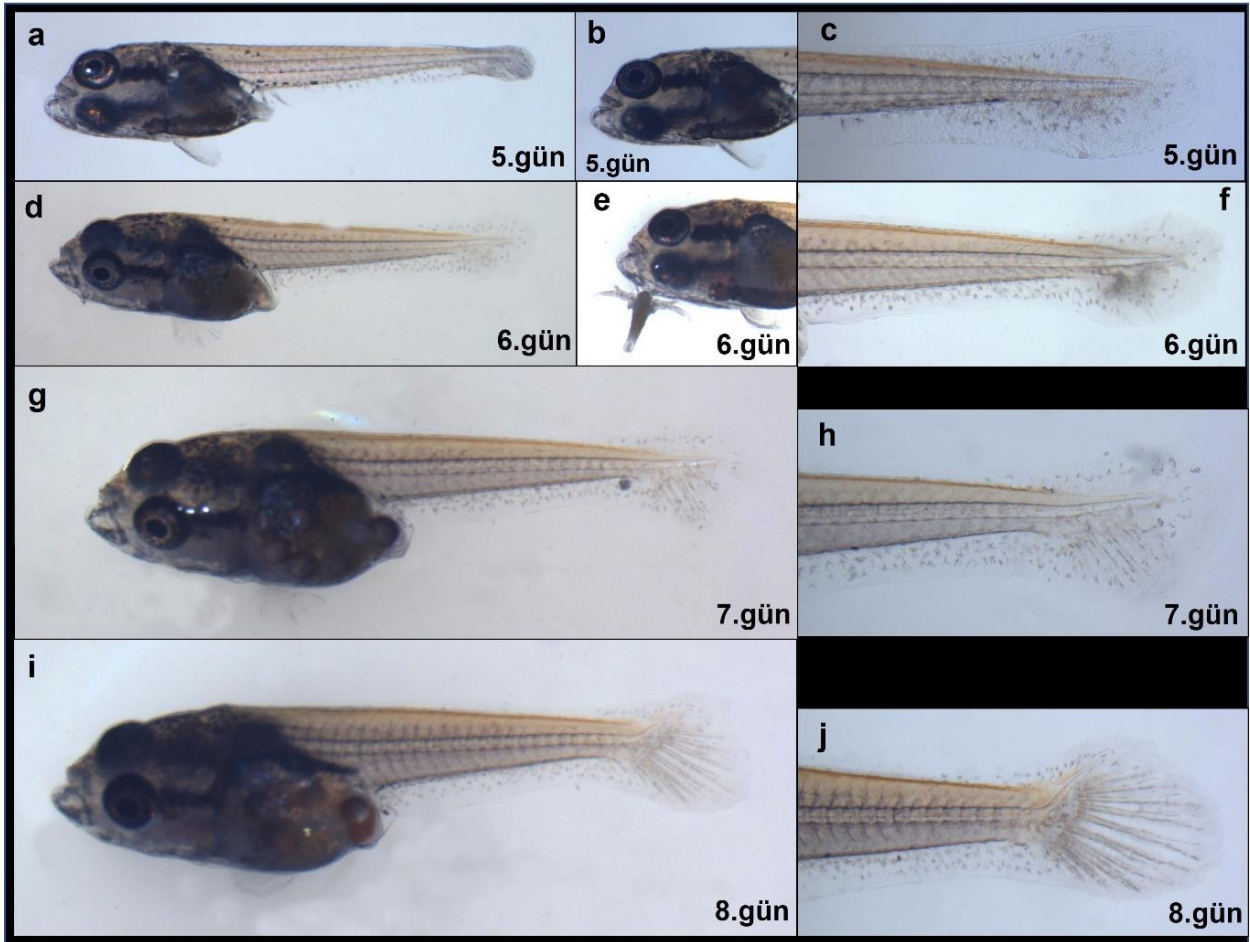
Larvanın 3. gününde besin kesesi neredeyse bitmek üzeredir. Anüs açık, yüzme hareketleri biraz daha aktifleşmiştir (Şekil 2a). Larvanın vücut rengi kafa kısmındaki bir bölüm dışında hala şeffaf görünümündedir (Şekil 2). Kuyruk ucu (notokord) hala eğilmemiş düz formdadır (Şekil 2f). Hava kesesinin 2-3. günlerde şişmiş olduğu fark edilmiştir. Bu günlerden sonra larva kısa süreli serbest yüzme hareketleri yapabilmektedir. Besin kesesinin 4. günde tamamen tükendiği söylenebilir (Şekil 2d).

Larvanın ilk 5, 6 ve 7. günlerdeki genel morfolojik görünümüne bakıldığında (Şekil 3a, 3d, 3g); renk ve dış vücut yapısı açısından birbirlerinden çok farklı olduklarını söylemek oldukça zordur. Bu günlerde notokord hala kıvrılmamıştır (Şekil 3c, 3f, 3h). Ancak 8. günde notokord ucu yukarı doğru kıvrılmaya başlamıştır (Şekil 3j). Bugünden itibaren notokord ucu düz larva (preflexion larva) periyodu tamamlanmış, notokord ucunun kıvrıldığı süreci kapsayan larva periyodu (flexion larva) başlamaktadır. Notokord ucunun kıvrılmaya başladığı 8. günde kuyruk yüzgecinin yumuşak ışınlarının gelişimi de daha net görülebilmektedir (Şekil 3i). Vücudun baş kısmının dışında geriye kalan

bölümünde şeffaf renk yapısı devam etmektedir. Karın kısmının renginden larvanın *Artemia* sp. yemiş olduğu anlaşılmaktadır. Hatta canlı *Artemia* sp.'nin yanı sıra açılmamış *Artemia* sp. yumurtalarını da yediği görülebilmektedir. Larvalar bu dönemde açılmamış *Artemia* sp. yumurtalarını da yemekte, ancak bu yumurtalar sindirilemeden dışarı atılmaktadır (Şekil 3g, 3i, 4a). Şekil 3i'de sindirim sisteminde larva tarafından yenmiş *Artemia* sp. yumurtaları rahatlıkla görülebilmekte iken, Şekil 4a'da sindirilmeyen anüsten dışarı atılmış *Artemia* sp. yumurtaları görülmektedir. Larvanın 9, 10, 11, 12 ve 15. günlerdeki morfolojik görüntüsü Şekil 4'te verilmiştir. Bu şekildeki larvaların hepsine birden bakıldığında 10. günden itibaren başta kuyruk yüzgeci olmak üzere diğer yüzgeçlerin de (dorsal yüzgeç, anal yüzgeç) gelişmeye başladığı dikkat çekmektedir (Şekil 4). 15. günlerde ise yüzgeçlerin daha bariz şekiller aldığı görülebilmektedir (Şekil 4e). 11-12. günlerde notokord ucunun tamamen kıvrıldığı gözlenmektedir (Şekil

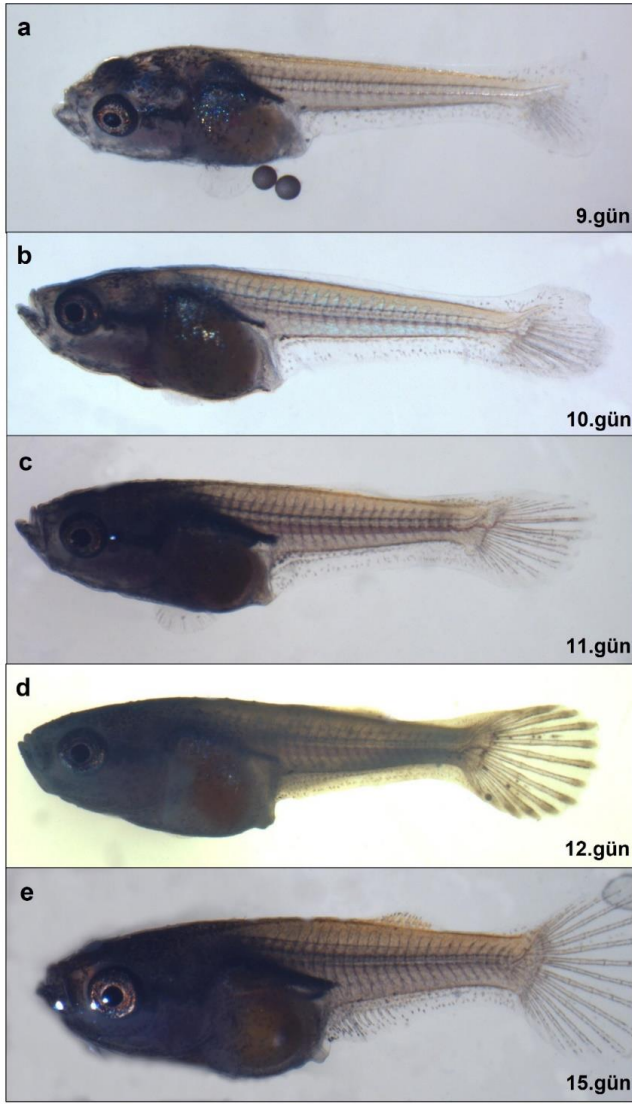
5a, 5b, 5c). Bu günlerden sonra flexion larva periyodu sona ermektedir.

Larval gelişim periyodunda, balıkların bu yaşam evresine dair morfolojik açıdan fikir veren en önemli organlardan biri de yüzgeçlerdir. Bu dönemde yüzgeçlerin gelişimine bakılarak larval gelişim hakkında isabetli bulgular ortaya konulabilmektedir. Bundan dolayı larvaların yüzgeçleri dikkatli bir şekilde gözlenmektedir. Beta larvalarının 10. günle 19. günler arasındaki gelişim sürecinde yüzgeç gelişimlerine bakıldığında (Şekil 5); kuyruktaki notokord kıvrımının 10-11. günlerde tamamlandığı ve 11-12. günlerden sonra kuyruk yüzgecinin daha farklı ve biraz daha gelişmiş bir form kazandığı rahatlıkla gözlenebilmektedir (Şekil 5a, 5b, 5c). Dorsal ve anal yüzgeçlerin de 17. ve 19. günlerde daha gelişmiş bir form kazandığı görülmektedir (Şekil 5d, 5e).



**Figure 3.** Photographs of *Betta splendens* larva 5, 6, 7 and 8 days after hatching. a: Body image of the larva on the 5th day, b: Head region, c: Tail region on the 5th day, d: Larva on the 6th day, e: Head of the larva on the 6th day and *Artemia* sp. f: Tail region on the 6th day, g: Larva on the 7th day, h: Tail region, i: Larva on the 8th day, j: Tail region on the 8th day.

**Şekil 3.** *Betta splendens* larvasının yumurtadan çıktıktan sonraki 5, 6, 7 ve 8. gün fotoğrafları. a: 5. gün larvanın vücut görüntüsü, b: Kafa bölgesi, c: 5. gün kuyruk bölgesi, d: 6. gün larva, e: 6. günde larva kafa kısmı ve o günlerde canlı yem olarak kullanılan *Artemia* sp. f: 6. gün kuyruk bölgesi, g: 7. gün larva, h: 7. gün kuyruk bölgesi, i: 8. gün larva, j: 8. gün kuyruk bölgesi.

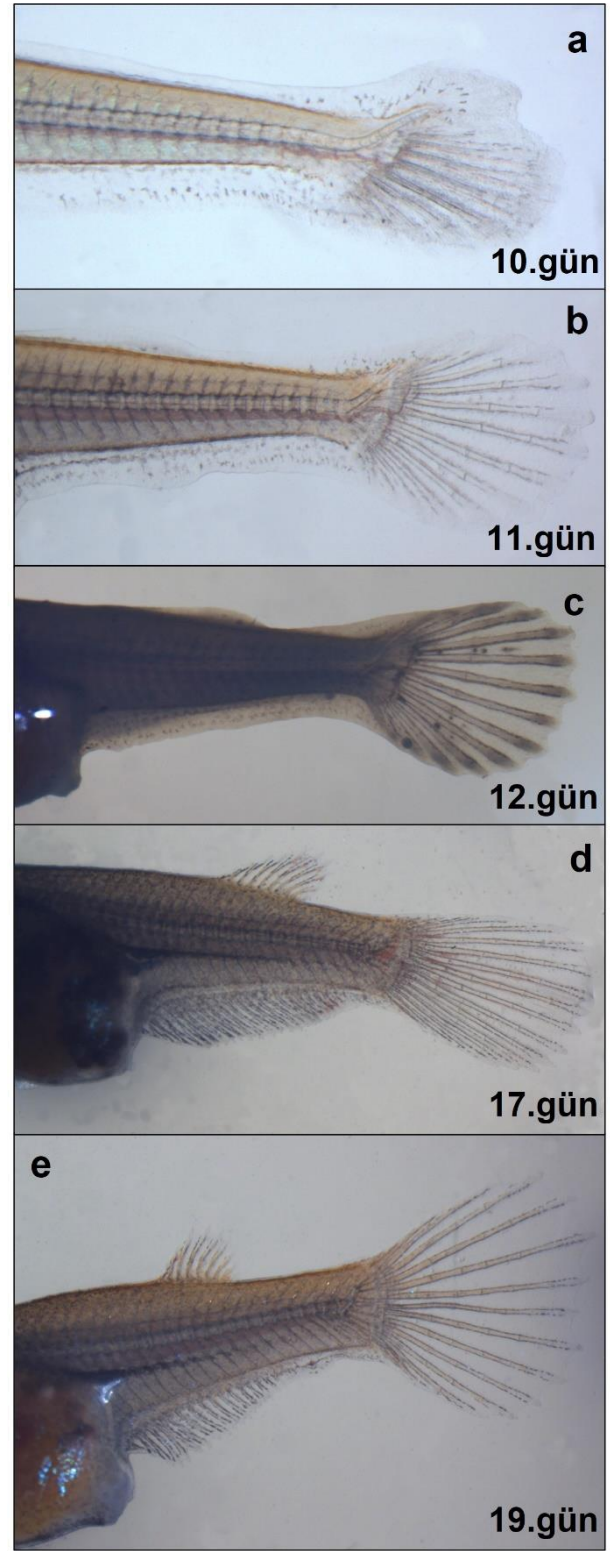


**Figure 4.** General body photos of *Betta splendens* larvae at 9, 10, 11, 12 and 15 days after hatching.

**Şekil 4.** *Betta splendens* larvasının yumurtadan çıktıktan sonraki 9, 10, 11, 12 ve 15. günlerde genel vücut görüntüleri

Yumurtadan şeffaf bir vücut rengi formunda çıkan beta larvalarının bu şeffaf yapısı 15. günlere kadar devam etmektedir. Ancak 1. günden itibaren kafa bölgesinde yoğun olmak üzere renk pigmentlerinin her geçen gün biraz daha arttığı görülmektedir. 15. günlerden sonra vücudun tamamında şeffaf görüntü kaybolmaya başlamaktadır (Şekil 5, 6). Beta larvalarında vücudun genel itibarıyla tamamen renklendiği zamanın 15-25. günler arasına denk geldiği söylenebilir (Şekil 5, 6, 7). Şekil 6'da 17 ve 22 günlük beta larvaları görülmektedir. Bu dönemlerde yüzgeçler biraz daha gelişmiş ve vücut rengi iyice şeffaf görüntüsünü kaybetmiş durumdadır. Kuyruk, dorsal ve anal yüzgeçler önceki günlere göre daha da uzamıştır (Şekil 6).

Larval gelişimin 24. günlerinde larvalar morfolojik açıdan ebeveynlerinin vücut şeklini almaya başlamıştır (Şekil 7a).



**Figure 5.** Photographs of the tail region of *Betta splendens* larvae at 10, 11, 12, 17 and 19 days after hatching.

**Şekil 5.** *Betta splendens* larvasının yumurtadan çıktıktan sonraki 10, 11, 12, 17 ve 19. günlerde kuyruk bölgesinin fotoğrafları

Vücudun genelinde gelişmiş pulların olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 7a). 30. günlerde ise larva tamamen ergin birey vücut formunu almıştır (Şekil 7b, 7c).

Vücudun ergin birey formunu kazandığı bu günlerde, beta balıklarında larva dönem sona ermiş, juvenil aşamaya geçilmiştir. Bu günlerden sonra larvaların vücut renkleri de ebeveynlerinininkine benzemektedir (Şekil 7b, 7c). Bu çalışmada incelenen beta larvalarının 30. günlerde 2 cm total boya ulaştıkları gözlenmiştir (Şekil 7c). Beta balıklarında erkek bireylerin yüzgeç formları bu günlerden sonra daha da uzamaya devam etmektedir. Dişi bireylerin yüzgeçleri ise Şekil 7b'deki haliyle kalmaktadır. Betalarda ergin dönemde dişi erkek ayrımı yüzgeçlerden yapılmaktadır. Erkeklerin yüzgeçleri dişilerden çok daha uzun olmaktadır. Yüzgeçlerinin şekli de varyeteden varyeteye değişim göstermektedir.

## TARTIŞMA

Kendall vd. (1984) balıklarda tanımlanan larval gelişim safhalarını dört periyoda ayırmıştır;

I. periyot (Besin keseli larva): Yumurtadan çıkıştan besin kesesinin tüketilmesine kadar olan periyot.

II. periyot (Düz omur çizgili (Preflexion) larva): Besin kesesinin tüketilmesinden, omurga (notokord) ucunun kıvrılmaya başlamasına kadar olan aşama.

III. periyot (Omur çizgisi kıvrılmakta olan (Flexion) larva): Notokord ucunun tamamen kıvrılmış duruma geldiği süreye kadar geçen zaman periyodu.

IV. periyot (Omur çizgisi kıvrılmış (Postflexion) larva): Notokord ucunun tamamen kıvrılmasından sonra başlayıp,

larval gelişimin sona erip, juvenil (ergin birey formunda olan yavru) aşamaya kadar geçen zaman periyodu.

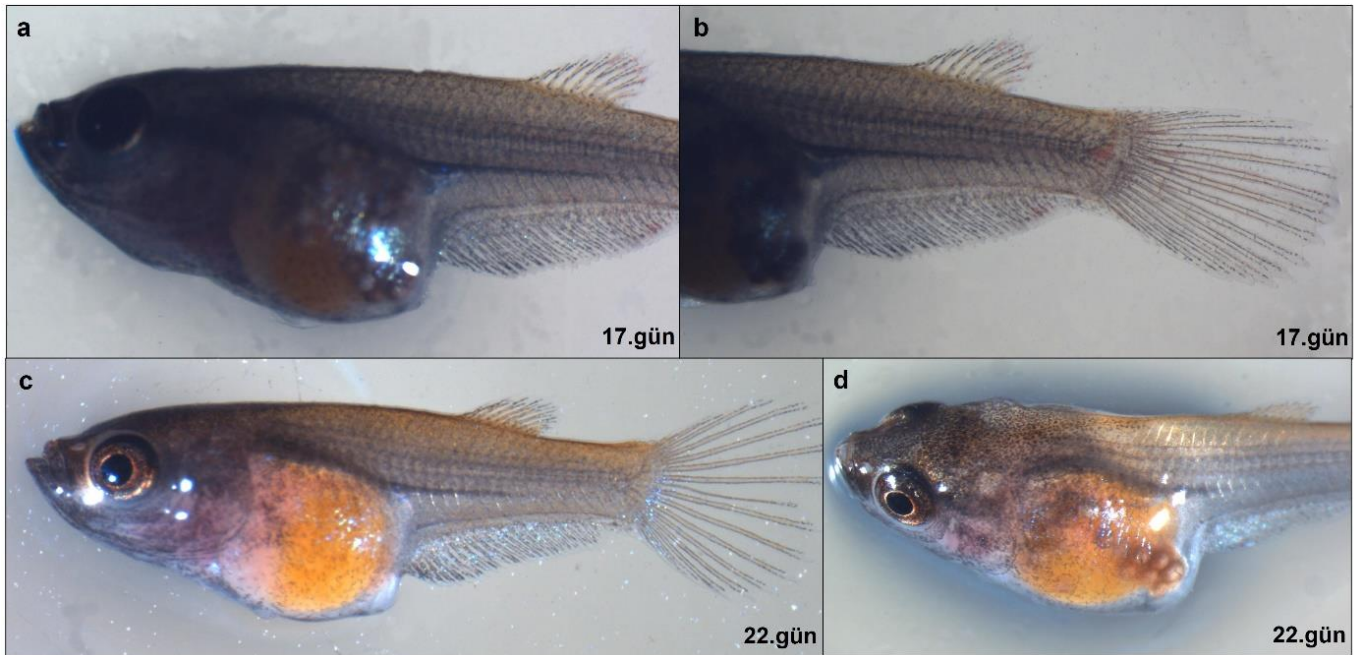
Bu tanımlamaya göre *B. splendens* türünün mevcut çalışmadaki larval gelişim aşaması için aşağıdaki tanımlamalar yapılabilir.

I. periyot (Besin keseli larva): Yumurtadan çıktıktan sonraki 1. gün ile besin kesesinin tüketildiği 4. günleri kapsamaktadır.

II. periyot (Preflexion larva): Beta balıklarında besin kesesinin tükendiği 4. gün ile notokord ucunun kıvrıldığı 8. gün arasındaki aşamayı kapsamaktadır.

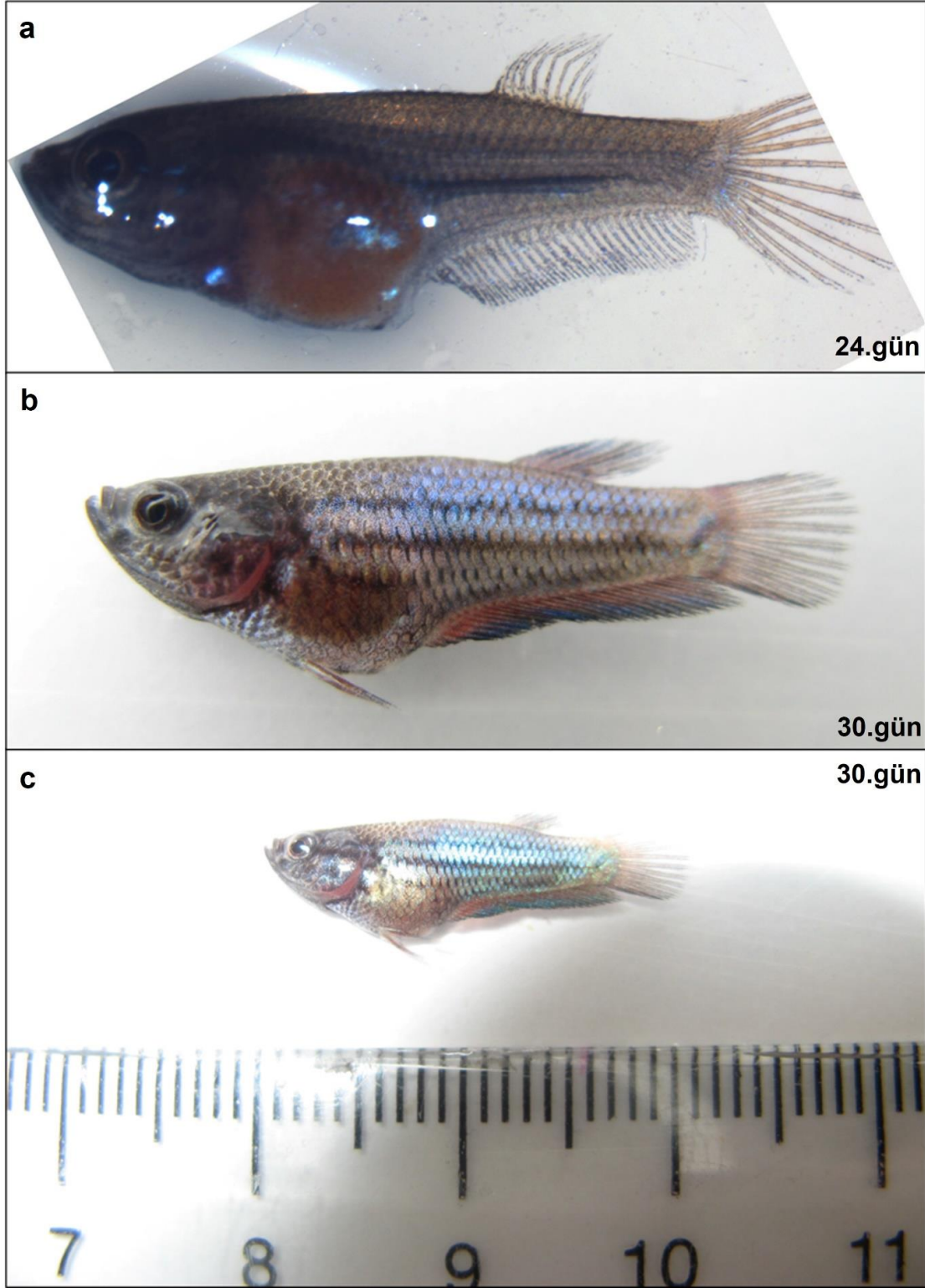
III. periyot (Flexion larva): Bu periyot notokord ucunun tamamen kıvrılmış duruma geldiği süreye kadar geçen zaman periyodunu tanımlamaktadır. Beta larvalarında ilk defa 8. günde kıvrılmaya başlayan notokord ucu 11-12. günlerde tamamen kıvrılmış formu almaktadır. Dolayısıyla bu dönem yani 8. günle 11-12. günler arası kıvrılma devam ettiğinden bu aşama betalarda flexion larva olarak tanımlanabilir.

IV. periyot (Postflexion larva): Notokord ucunun tamamen kıvrıldıktan sonra başlayıp, larval gelişimin sona erip, juvenil (ergin birey formunda olan yavru) aşamaya kadar geçen zaman periyodunu tanımladığından, betalarda bu aşamanın 11-12. günlerle 30. günler arasında olduğu tespit edilmiştir.



**Figure 6.** Photographs of *Betta splendens* larvae 17 and 22 days after hatching

**Şekil 6.** *Betta splendens* larvasının yumurtadan çıktıktan sonraki 17. ve 22. gün fotoğrafları



**Figure 7.** Photographs of *Betta splendens* larva 24 and 30 days after hatching

**Şekil 7.** *Betta splendens* larvasının yumurtadan çıktıktan sonraki 24. ve 30. gün fotoğrafları

Bu çalışmada beta anaçları ortalama 28°C (28±0,5°C) su sıcaklığında bakılmış ve üretilmiştir. Üretimden sonra da yine yumurtalar ve larvalar bu su sıcaklığında (28±0,5°C) yetiştirilmiştir. *B. splendens*'in erken dönem gelişimiyle ilgili yapılan bir çalışmada 24, 27 ve 30°C su sıcaklıkları kullanılmıştır (Forsatkar & Nematollahi, 2013). Ancak yumurtlama için 28°C tercih edilmiştir. Su sıcaklığının

28,4±0,2°C seviyelerinde tutulduğu başka bir çalışmada *B. splendens* embriyolarının döllenen sonra 29 saatte açıldığı bildirilmiştir (Valentin vd., 2015). Yapılan denemelerde betaların 24-30°C sıcaklık aralıklarında yumurtlayabildiği görülmüştür. Fakat 28°C'nin diğer sıcaklık değerlerinden daha verimli olduğu kanaatine varılmıştır. Bundan dolayı da bu çalışmada yumurta alımı ve



larva yetiştirme için  $28\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  su sıcaklığı tercih edilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan gözlemlerin sonucuna göre;  $28\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  su sıcaklığında yumurta alımı ve larva yetiştirme süreçlerinde hiçbir sorun yaşanmaması nedeniyle, bu su sıcaklığının *B. splendens* üretimi için optimum su sıcaklığı aralığı olma olasılığı yüksektir.

Betaların yumurtadan çıkma süreleri de su sıcaklığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada yumurtlar  $28\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  su sıcaklığında 28-32 saatte açılmıştır. Ancak bu sürenin daha da uzun olabileceği bilinmektedir (Groth, 1970). Su sıcaklığı artıp azaldıkça yumurtadan çıkış süreleri de değişmektedir. Betaların embriyonik ve larval gelişimiyle ilgili yapılan çalışmalardan birinde (Groth, 1970), yumurta açılımının döllenmeden sonraki 44. saatlerde olduğu rapor edilmiştir. Bu sürenin kısa ya da uzun olması fizyolojik açıdan sorun teşkil etmeyebilir. Ancak yeni çalışmalarda bu konu detaylı bir şekilde araştırılabilir. Yani farklı su sıcaklıklarında gelişen embriyo ve larvaların fizyolojik açıdan incelenmesi yeni bulgulara ulaşılmasına vesile olabilir. Farklı su sıcaklıklarında yetiştirilen larvaların farklı büyüme parametrelerine sahip olduğu konu ile ilgili herkes tarafından bilinen bir gerçektir. Ancak bu farklılıkların larvadan anaç oluncaya kadar fizyolojik olarak incelenmesiyle yeni bulguların olup olmadığı araştırılabilir.

Bu çalışmada  $28\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  su sıcaklığında larvaların ağzının 2. günde açıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmayla nerdeyse aynı su sıcaklık derecesinin ( $28\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ) kullanıldığı başka bir çalışmada (Valentin vd., 2015), *B. splendens* larvalarının ağızlarının yumurtadan çıktıktan sonraki 11-43. saat aralığında açıldığı rapor edilmiştir. Ancak başka bir çalışmada betaların ağız açılımının yumurtadan çıktıktan sonraki 18 saat sonra olduğu bildirilmiştir (Silva vd., 2016). Bu çalışmada larva yaşını tanımlarken saat yerine gün kavramı kullanıldığından iki çalışmada da ağız açılımının 2. günlerde olduğu anlaşılmaktadır. Valentin vd. (2015) yaptığı çalışmada betaların besin kesesini 73. saatte tamamen tükettiği bildirilmiştir. Yani yumurtadan çıkışı takip eden 3. günün sonunda besin kesesi tükenmiştir. Bir diğer araştırmada yapılan histolojik analizlere göre, beta larvalarının besin kesesi rezervlerini 74. saatte yani 4. gün başlangıcına kadar koruduğu rapor edilmiştir (Silva vd., 2016). Bu çalışmada da besin kesesinin 4. günde tamamen tüketildiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre her üç çalışmanın bulguları da birbirleriyle örtüşmektedir. Buradan yola çıkarak genel bir literatür bilgisi olarak;  $28\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  su sıcaklığı aralığında betaların besin kesesini 4. günde tamamen tükettiği bulgusu bir kez daha kanıtlanmıştır. Larva yetiştiriciliğinde ağzın açılımı ve besin kesesinin tüketilme süreçleri çok önemli bir olay olarak kabul edilmektedir. Çünkü larvanın beslenme rejimi doğrudan bu iki fizyolojik gelişim olayı üzerine kurgulanmaktadır. Larvanın ağzının ne

zaman açılacağı ve besin kesesinin ne zaman tükeneceğine göre yemleme programları hazırlanmaktadır. Larva yetiştiriciliğinde besin kesesi tamamen tükendikten sonra veya tükenmesine yakın zamanlarda toplu larva ölümlerinin en yoğun görüldüğü periyotlar olduğu bilinen bir gerçektir. O bakımdan larval gelişimde ağız açılımı ve besin kesesinin tüketilme süreçleri çok önemlidir. Silva vd. (2016) yaptıkları çalışmada yumurtadan çıktıktan sonraki 74. saatte beta larvalarının sindirim sistemi tamamen açık ve işlevsel olduğunu rapor etmiştir. Aynı çalışmada, *B. splendens* larvalarının 74. saatte itibaren verilen yemi tüketebilecek duruma geldikleri ve bu saatten itibaren larvalara canlı yem verilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada da benzer bulgulara rastlanmıştır.

Morfolojik gelişimin dış gözlemlerle yapıldığı bu çalışmada beta larvalarının hava kesesinin ağız açılımını takip eden 2-3 günlerde gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Diğer yandan beta larvalarının gelişiminin histolojik bulgularla incelendiği bir çalışmada hava kesesinin 36. saatlerde şiştiği bildirilmiştir (Silva vd., 2016). Buna göre bu çalışmada elde edilen bulguların, Silva vd. (2016) tarafından yapılan çalışmanın bulguları ile örtüştüğünü söylemek mümkündür.

Kuyruk notokordunun kıvrılmasının bittiği 11-12. günlerde, kuyruk (kaudal) yüzgeci tam formunu almıştır. Betalarla yapılan benzer bir çalışmada da kaudal yüzgecin 11. günde tam formunu aldığı bildirilmiştir (Valentin vd., 2015). Aynı çalışmada 18. günlerde dorsal, anal ve kuyruk yüzgeçlerinin iyice şekillendiği rapor edilirken, bu çalışmada da benzer şekilde bu bulgular 17-19. günlerde gözlenmiştir. Valentin vd. (2015) larvaların ebeveynleri ile karakteristik olarak benzer görünüm kazanmalarının 32. günlerde olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada da bu durumun 30. günlerde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Benzer gelişim safhaları bazı tetra balıklarında da gözlenmiştir. Yapılan çalışmalarda bazı tetra türlerinin de larval gelişim sürecinin yumurtadan çıktıktan sonraki 28-32. günlerde tamamlandığı ve bugünlerden sonra juvenil aşamaya geçildiği rapor edilmiştir. Larval aşama serpae tetra (*Hyphessobrycon eques*) türünde 28-30 günde tamamlanırken (Çelik & Cirik, 2020), siyah tetrada (*Gymnocorymbus ternetzi*) 30-32 günde tamamlanmıştır (Çelik vd., 2012).

## SONUÇ

Bu çalışmada ortaya konulan bulgular, türleri farklı da olsa pek çok balık türünün larval gelişim aşamasında benzer şekilde olduğu gözlenen somut verilerdir. Buradan yola çıkılarak benzer türlerin larval gelişim süreçlerinin incelenmesinde bu çalışmanın bulgularından istifade etmek mümkündür.

## Etik Standartlar İle Uyum

### Yazarların Katkısı

İÇ: Makalenin tasarlanması, Taslağın hazırlanması, Laboratuvar çalışmaları, Düzeltme.

PÇ: Makalenin tasarlanması, Taslağın hazırlanması, Laboratuvar çalışmaları, Düzeltme.

SA: Makalenin tasarlanması, Taslak kontrolü, Okuma, Düzeltme.

Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını deklare etmektedir.

### Etik Onay

Yazarlar bu tür bir çalışma için resmi etik kurul onayının gerekli olmadığını bildirmektedir.

## KAYNAKLAR

Bogner, D. M., Kaemingk, M. A., & Wuellner, M. R. (2016). Consequences of hatch phenology on stages of fish recruitment, *PLOS ONE*, 11(10), e0164980. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164980>

Çelik, I., Çelik, P., Cirik, Ş., Gürkan, M., & Hayrettaş, S. (2012). Embryonic and larval development of black skirt tetra (*Gymnocorymbus ternetzi*, Boulenger, 1895) under laboratory conditions. *Aquaculture Research*, 43(9), 1260-1275. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02930.x>

Çelik, P., & Cirik, Ş. (2020). Embryonic and larval development of serpa tetra *Hyphessobrycon eques* (Steindachner, 1882). *Aquaculture Research*, 51(1), 292-306. <https://doi.org/10.1111/are.14375>

Chapman, F. A., Fitz-Coy, S. A., Thunberg, E. M., & Adams, C. M. (1997). United States of America trade in ornamental fish. *Journal of the World Aquaculture Society*, 28(1), 1-10. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1997.tb00955.x>

Forsatkar, M. N., & Nematollahi, M. A. (2013). Effect of incubation temperature on the embryonic and larval development of the Siamese fighting fish (*Betta splendens*). *Journal of Animal Environment*, 5(1), 45-51.

Forsythe, P. S., Scribner, K. T., Crossman, J. A., Ragavendran, A., & Baker, E. A. (2013). Experimental assessment of the magnitude and sources of Lake Sturgeon egg mortality. *Transactions of the American Fisheries Society*, 142(4), 1005-1011. <https://doi.org/10.1080/00028487.2013.790847>

Garrido, S., Ben-Hamadou, R., Santos, A. M. P., Ferreira, S., Teodósio, M. A., Cotano, U., Irigoien, X., Peck, M. A., Saiz, E., & Ré, P. (2015). Born small, die young: Intrinsic, size selective mortality in marine larval fish. *Scientific Reports*, 5(1), 17065. <https://doi.org/10.1038/srep17065.1-10>

Groth, W. O. (1970). *Embryology of the Siamese Fighting Fish, Betta splendens*. [Ph.D. Thesis, Drake University].

Jůza, T., Čech, M., Kubečka, J., Vašek, M., Peterka, J., & Matěna, J. (2010). The influence of the trawl mouth opening size and net colour on catch efficiency during sampling of early fish stages. *Fisheries Research*, 105(3), 125-133. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.03.010>

Kaemingk, M. A., Graeb, B. D. S., & Willis, D. W. (2014). Temperature, hatch date, and prey availability influence age-0 yellow perch growth and survival. *Transactions of the American Fisheries Society*, 143(4), 845-855. <https://doi.org/10.1080/00028487.2014.886622>

Kendall, A. W., Ahlstrom, E. H., & Moser, H. G. (1984). Early life history stages of fishes and their characters. In H. G. Moser, W. J. Richards, D. M. Cohen, M. P. Fahay, A. W. Kendall, & S. L. Richardson (Eds.), *Ontogeny and systematics of fishes: American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication No. 1* (pp. 11-22). Allen Press Inc.

Ohlberger, J., & Langangen, Ø. (2015). Population resilience to catastrophic mortality events during early life stages. *Ecological Applications*, 25(5), 1348-1356. <https://doi.org/10.1890/14-1534.1>

Portella, M. C., & Dabrowski, K. (2008). Diets, physiology, biochemistry and digestive tract development of freshwater fish larvae. In Cyrino, J. E. P.; Bureau, D. P., Kapoor, B. G. *Feeding and digestive functions of fishes* (pp. 227-279). Science Publishers.

Silva, R. C., Valentin, F. N., Paes, M. C. F., Faustino, F., Gianecchini, L. G., Viadanna, P. H. O., & Nakaghi, L. S. O. (2016). Development of the digestive tract in first feeding larvae of *Betta splendens* Regan, 1910. *Journal of Applied Ichthyology*, 32(5), 840-847.

- Valentin, F. N., do Nascimento, N. F., da Silva, R. C., Fernandes, J. B. K., Giannecchini, L. G., & Nakaghi, L. S. O. (2015). Early development of *Betta splendens* under stereomicroscopy and scanning electron microscopy. *Zygote*, 23(2), 247-256. <https://doi.org/10.1017/s0967199413000488>
- Vindenes, Y., Langangen, Ø., Winfield, I. J., & Vøllestad, L. A. (2016). Fitness consequences of early life conditions and maternal size effects in a freshwater top predator. *Journal of Animal Ecology*, 85(3), 692-704. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12489>
- Zhang, F., Reid, K. B., & Nudds, T. D. (2017). Relative effects of biotic and abiotic factors during early life history on recruitment dynamics: A case study. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 74(7), 1125-1134. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2016-0155>