

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZEBRA BALIĞI (*Danio rerio*, Hamilton 1822) ÜRETİMİ

YAZAR
SELDA TAŞÇI

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ MERYEM ÖZ

SİNOP – 2019

TEZ KABUL

Selda TAŞÇI tarafından hazırlanan “Zebra Balığı (*Danio rerio*, Hamilton 1822) Üretimi” başlıklı bu çalışma, 18.07.2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan Dr. Öğr. Üyesi Orhan ARAL
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi



Üye Dr. Öğr. Üyesi Meryem ÖZ (Danışman)
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi



Üye Dr. Öğr. Üyesi Ebru YILMAZ
Ordu Üniversitesi / Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi



ETİK BEYANI

Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Selda TAŞÇI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iii
Semboller Listesi	iii
Kısaltmalar Listesi	iv
ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER LİSTESİ	v
Şekiller Listesi	v
Çizelgeler Listesi	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
TEŞEKKÜR	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Zebra Balıklarının Sistematikteki Yeri	3
2.2. Zebra Balıklarının Genel Özellikleri	5
2.3. Zebra Balıklarının Beslenme Özellikleri	7
2.4. Zebra Balıklarının Yaşam Döngüsü ve Üreme	8
2.5. Zebra Balığı Yetiştiricilik Çalışmaları	12
3. MATERYAL ve YÖNTEM	14
3.1. Materyal	14
3.1.1 Araştırma Yeri	14
3.1.2. Balık Materyali	14
3.1.3. Üretim ve Büyütme İçin Kullanılan Akvaryum Materyali	14
3.1.4. Su Parametrelerinin Belirlenmesi	15
3.1.5. Yem Materyali	15
3.1.6. Kullanılan Diğer Materyaller	16
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Anaç Stoğunun Oluşturulması	17
3.2.2. Cinsiyet Ayrımının Belirlenmesi	18
3.2.3. Anaçların Üretim Akvaryumlarına Alınması ve Yapılan Çalışmalar	18
3.2.3.1. Birinci Çift Anaçta Embriyonik ve Larval Gelişim Takibi	19
3.2.3.2 İkinci Çift Anaçta İki Yumurtlama Arası Geçen Süre ve Yumurta Sayılarının Belirlenmesi	20
3.2.3.3. Üçüncü Çift Anaçtan Elde Edilen Sıcaklığa Göre Larval Gelişim Takibi	20
3.2.4. Yumurta ve Yumurtadan Çıkan Larva Sayımı	21

3.2.5. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analiz	21
4. BULGULAR	22
4.1. Su Parametreleri ile İlgili Bulgular	22
4.2. Anaç Balıkların Ağırlık Verileri	22
4.3. Anaç Balıkların Büyüme Parametreleri	23
4.4. Beslenme Davranışı ile İlgili Bulgular	23
4.5. Anaç Balıkların Üreme Öncesi Davranışları ile İlgili Bulgular	23
4.6. Anaç Balıkların Yumurtlama Davranışları ve Yumurtalar ile İlgili Bulgular	23
4.7. Yumurta ve Yumurtadan Çıkan Larvaların Gelişimi	24
4.8. Yumurta Verimlilikleri ile İlgili Bulgular	24
4.9. Yumurtaların Embriyonik Gelişimine Ait Bulgular	25
4.10. Larval Gelişim Basamakları ile İlgili Bulgular	30
4.11. İki Yumurtlama Arası Geçen Süre ve Yumurta Sayıları ile İlgili Bulgular	33
4.12. Farklı Su Sıcaklıklarının Yumurtadan Çıkış Oranına ve Larval Büyümeye Etkisinin Belirlenmesine Ait Bulgular	34
5. TARTIŞMA	37
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	55
EKLER	57

SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

SEMBOLLER

°C	Santigrat derece
O ₂	oksijen
NH ₄	Amonyak
µm	mikrometre
µS	Mikro siemens
cm	santimetre
mm	Milimetre
l	litre
g	Gram
%	Yüzde

KISALTMALAR

HP	Ham protein
HY	Ham yağ
HK	Ham kül
KM	Kuru madde
OAA	Oransal ağırlık artışı
CAA	Canlı ağırlık artışı
YO	Yaşama oranı
BOB	Boyca oransal büyüme



ŞEKİLLER ve ÇİZELGELER LİSTESİ

ŞEKİLLER	Sayfa No
Şekil 2.1.1. Zebra balığı (<i>Danio rerio</i>)	3
Şekil 2.1.2. <i>Danio frankei</i> (leopar danio)	4
Şekil 2.1.3. Longfin zebra balığı	5
Şekil 2.2.1. Zebra balığı ağız yapısı	6
Şekil 2.4.1 Zebra balığı görünüm (a: dişi; b: erkek)	9
Şekil 2.4.2. Zebra balığı yaşam döngüsü	11
Şekil 3.1.3.1. Zebra balıklarının adaptasyon akvaryumlarındaki görünimleri	14
Şekil 3.1.3.2. Zebra balıklarının yumurtlama akvaryumları	15
Şekil 3.1.6.1 Çalışmada yumurtaların ve larvaların gelişim takibinde kullanılan mikroskop	16
Şekil 3.2.2.1. Cinsi olgunluğa erişmiş üreme için kullanılan zebra balıkları (a:erkek zebra balığı; b: dişi zebra balığı)	18
Şekil 3.2.4.1. Mikroskopta incelenen zebra balığı yumurtası ve larvası	21
Şekil 4.9.1. Döllenen zebra balığı yumurtası (ys: yumurta sarısı, pb: perivitellin boşluk, koryon)	26
Şekil 4.9.2. Canlılığını yitiren zebra balığı yumurtası	27
Şekil 4.9.3. 26.50 °C sıcaklıkta Zebra balığı yumurtalarının embriyonik gelişim safhaları (orijinal) (a: 20-30dk aralığı blastodisk görünümünün oluşumu; b: 45. Dakika 2 blastomerli evre; c:70.dk 4 blastomerli evre; d: 90. dk. 8 blastomerli evre; e:135. dk blastula evresi; f:180.dk embriyo; g: 210.dk embriyo; h: 8. saat gastrula evresi ve epiboli oluşumu; ı: 24.saat segmentasyon evresi; i: 48 saat gözlü yumurta görünümü; j: 72.saat renklenmede artış; k: 72-96 saat yumurtadan çıkış)	28
Şekil 4.10.1. Ölçüm periyotlarına göre zebra balığı larvalarının 6 haftalık ortalama boy uzunlukları (µm).	30
Şekil 4.10.2. Zebra balığı larval gelişim evreleri (a: 1. Gün; b: 2. Gün; c: 3. Gün; d: 4. Gün; e: 5. Gün; f: 8. Gün; g: 30. Gün; h 35. Gün)	32
Şekil 4.12.1. Haftalık olarak ölçülen zebra balığı larvalarının boy uzunlukları (µm)	35

ÇİZELGELER

Sayfa No

Çizelge 3.1.5.1. Çalışmada kullanılan yemlerin ham protein (HP), ham yağ (HY), ham kül (HK) ve kuru madde (KM) değerleri	15
Çizelge 3.2.3.1. Üreme olgunluğuna gelen anaçlar ile yapılan çalışmalar	19
Çizelge 4.1.1. Çalışma süresince belirlenen ortalama su sıcaklığı (°C), pH, NH ₄ (mg/l) ve O ₂ (mg/l) parametreleri	22
Çizelge 4.2.1. Çalışmada kullanılan dişi ve erkek anaç ağırlıkları (g) (n=16)	22
Çizelge 4.3.1. Çalışma süresince ölçülen balıkların boy, ağırlık değerleri, kondisyon faktörü, yaşama oranı, canlı ağırlık artışı ve oransal ağırlık artışı	23
Çizelge 4.8.1. Çalışmada kullanılan zebra anaç ağırlıkları ve yumurta sayıları arasındaki ilişki	24
Çizelge 4.8.2. Çalışmada ölçülen zebra balıklarının yumurta çapları (µm)	25
Çizelge 4.8.3. Çalışmada kullanılan zebra balığı anaç ağırlıkları ve yumurta çapları (µm).	25
Çizelge 4.10.1. Zebra balığı larvalarının 6 haftalık boy uzunlukları (µm) (26.5 °C)	30
Çizelge 4.10.2. Zebra balığı larvalarının boyca oransal büyüme oranları (BOB,%)	31
Çizelge 4.12.1. Haftalık olarak ölçülen zebra balığı larvalarının boy uzunlukları (µm) ve boyca oransal büyüme verileri	34
Çizelge 4.12.2. Zebra balığı larvalarının ölçüm dönemlerinde boyca oransal büyüme (BOB) verileri	35

ÖZET

ZEBRA BALIĞI (*Danio rerio*, Hamilton 1822) ÜRETİMİ

Bu çalışmada, Zebra balığı (*Danio rerio*, Hamilton 1822) anaçlarının üreme öncesi ve sonrası davranışları, üretim koşulları, yumurtaların embriyonik gelişimi ve farklı su sıcaklıklarında larva gelişimi takibi amaçlanmıştır.

Çalışmada başlangıç ağırlıkları ortalama 0.43 ± 0.01 g olan anaçların 6 aylık çalışma sonunda ortalama 0.62 ± 0.01 g'a ulaştıkları belirlenmiştir. Çalışma sonunda anaçların yaşama oranı (YO) %100, canlı ağırlık artışı (CAA) 0.19 ± 0.02 g, oransal ağırlık artış oranı (OAA) $\%49.49 \pm 7.71$ ve kondisyon faktörü 0.85 ± 0.02 olarak belirlenmiştir.

Çalışmada 3 çift anacın üreme davranışı gösterdiği, dişi anaçların ortalama ağırlıkları 0.76 ± 0.0 g, erkek anaçların ortalama ağırlıkları 0.37 ± 0.02 g olarak belirlenmiş olup elde edilen yumurta sayıları ile anaç ağırlıkları arasında yapılan regresyon analizi sonucunda orta kuvvette bir ilişkinin varlığı belirlenmiştir ($R^2 = 0.45$).

Çalışmada üç çift anaçtan elde edilen ortalama yumurta çapları 1040.30 ± 7.29 , 1100.33 ± 9.04 ve 1077.52 ± 5.72 µm olarak belirlenmiş ($p < 0.05$), anaç ağırlıkları ile yumurta çapları arasında düşük kuvvette bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir ($R^2 = 0.27$).

Çalışmada, başlangıçta ortalama 3869.13 ± 38.45 µm uzunluğa sahip larvalar 6 hafta sonrasında ortalama 7134.84 ± 190.49 µm uzunluğa ulaşmıştır. Çalışma sonunda, larvaların boyca oransal büyüme oranlarını (BOB) $\%84.61 \pm 5.36$ olarak belirlenmiştir.

Farklı sıcaklık parametrelerinin (A grubu / 24.9°C ve B grubu / 26.9°C) larva büyüme oranları üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, başlangıç uzunlukları sırasıyla 4125.37 ± 38.95 ve 4346.06 ± 36.75 µm olan larvaların çalışma sonunda 6273.43 ± 226.01 ve 6843.17 ± 106.23 µm uzunluğa ulaştığı belirlenmiştir. Çalışmada, sıcaklık farkının zebra balığı larvalarında büyümeyi etkilediği ve 26.9°C 'da daha iyi bir büyüme performansı gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Anahtar Kelimeler: Zebra balığı, *Danio rerio*, yumurta, larva

ABSTRACT

ZEBRA FISH (*Danio rerio*, Hamilton 1822) PRODUCTION

The aim of the study was to investigate of behavior of Zebrafish (*Danio rerio*, Hamilton 1822) broodstock before and after breeding, production conditions, embryonic development of eggs and larval development at different water temperatures.

Broodstocks with an initial average weight of 0.43 ± 0.01 g were reached to average 0.62 ± 0.01 g in weight at the end of 6-month. The survival rate (SR) was 100%. The average live weight gain (LWG), weight gain ratio (WGR) and condition factor were 0.19 ± 0.02 g $49.49 \pm 7.71\%$, 0.85 ± 0.02 respectively.

In present study, the three couple of broodstocks were showed reproductive behavior and the average weight of female and male broodstocks were 0.76 ± 0.0 g and 0.37 ± 0.02 g, respectively. As a result of the regression analysis between the weights of these broodstocks and the number of eggs was determined to a medium-strong relationship ($R^2=0.45$).

The average egg diameters obtained from three couple of broodstock were 1040.30 ± 7.29 , 1100.33 ± 9.04 and 1077.52 ± 5.72 μ m ($p < 0.05$) and a low strength relationship was found between broodstock weights and egg diameters ($R^2=0.27$).

Larvae with the initially average length of 3869.13 ± 38.45 μ m were reached to average 7134.84 ± 190.49 μ m after 6 weeks. At the end of the study, the growth rates (BOB) of larval lengths were $84.61 \pm 5.36\%$.

In this study, the effects of different temperature parameters (A group/24.9°C and B group/26.9°C) on larval growth rates were investigated. Larvae of A group and B group whose initial lengths of 125.37 ± 38.95 and 4346.06 ± 36.75 μ m were reached to 273.43 ± 226.01 and 6843.17 ± 106.23 μ m, respectively.

As a result, different temperature parameters were affected the growth of zebrafish larvae and this larvae were determined better growth performance at 26.9°C than 24.9°C ($p < 0.05$).

Key Words: Zebrafish, *Danio rerio*, egg, larvae

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Dr. Öğretim Üyesi Meryem ÖZ'e, sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarımın başından son anına kadar her zaman yanımda olan, desteğini hiç esirgemeyen, değerli bilgilerini benimle paylaşan ve tez yazımı sırasında bana sabırla katlanan canım arkadaşım Arş. Gör. Dr. Dilara Kaya ÖZTÜRK'e, yüksek lisans eğitimime başladığım andan itibaren laboratuvar çalışmalarında ve çalışmamın her aşamasında desteklerini hiç esirgemeyen danışman kardeşim Yük. Lis. Öğr. Mehmet BAHTİYAR'a, çalışmam süresince yanımda olan ve destek veren tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım boyunca destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, her zaman arkamda olduklarını hissettiren ve beni hep yüreklendiren anneme, babama, kardeşime ve kuzenlerime de sonsuz teşekkürler ederim.



Selda TAŞÇI

1. GİRİŞ

Eski zamanlardan beri süs balıklarına duyulan ilgi, arkeolojik çalışmalara göre MÖ 4500’lü yıllardan itibaren Sümerlilerin ve Mısırlıların bu konuyla ilgili yaptıklarını kayda almaları ile başladığı tahmin edilmektedir (Schroeder, 1983). Romalıların deniz balıklarını kendilerine ait havuzlarda baktıkları (Brunner, 2012), Çin hükümdarlarının altın balık diye adlandırdıkları sazan türleri üretmeye başladıkları bildirilmiştir (Morgan, 2009). Akvaryum için üretilen ve yetiştirilen ilk balık türünün *Cyprinus carpio* olduğu literatüre geçmiştir (Baloon, 2004). 1850’li yıllarda hobi olarak akvaryuma artan ilgi, 20. Yüzyılın sonlarına doğru endüstri haline gelmiştir (Niven, 2010). Deniz akvaryumuna olan ilginin 1930’lu yıllarda Sri Lanka’da başladığı ve gelişen teknoloji ve ulaşım ağları ile dünya çapında yayılım gösterdiği bildirilmiştir (Wabnitz ve ark., 2003). Tropikal iklime sahip ülkelerin (Tayland, Singapur, Endonezya, Malezya vb.) akvaryum canlılarını üretmeleri ve dünya pazarına sunmalarıyla birçok ülke akvaryum balıklarını ithal eder duruma gelmiştir.

Ülkemizde ise bu durum 1980’li yıllarda bu sektöre ilginin artışı ve aynı yıllar içerisinde ithalatın artışı ile başlamıştır. Öncelikli olarak İstanbul, Ankara gibi büyük şehirlerde birçok akvaryum işletmesinin faaliyete başladığı bildirilmiştir (Türkmen ve Albaz 2001). Yapılan araştırmalara göre akvaryum hobisi fotoğrafçılık hobisinden sonra ikinci sırada yer almaktadır (Hekimoğlu, 2006; Çelik ve ark., 2010). Akvaryumlara olan bu ilginin karşılanması için akvaryum balıkları yetiştiriciliği sektörü ve bu sektörün ihtiyacına yönelik olarak birçok iş kolu meydana gelmiştir. Ülkemizde yaklaşık 50 yıllık geçmişe sahip olan bu sektörün hızlı gelişimi sayesinde sayıları 200000’i bulan akvaryum meraklısının bu sektöre katkısı oldukça yüksektir. Tropikal iklime benzer özellik gösteren Akdeniz ve Ege bölgelerinde akvaryum türlerinin yetiştirilmesi ve ulusal pazarın ihtiyaçlarının karşılanma potansiyeli oldukça yüksektir.

Son yıllarda akvaryum sektöründe önemli gelişmeler kaydedilmiş ve akvaryum balıkları üretimi, su ürünleri üretimi içerisindeki hak ettiği yeri almaya başlamıştır. Gerek dünyada ve gerekse Türkiye’de su ürünleri sektörü alternatif balık türlerinin yetiştiriciliğine dönük çalışmalara yoğunlaşmıştır. Ancak hakkında yeterli biyolojik verinin bulunmadığı türlerin sektöre kazandırılması için öncelikle hayat döngülerinin tamamen anlaşılması gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan zebra balığı tatlı su akvaryumları için dikkat çeken ve sıklıkla tercih edilen bir türdür. Dikkat çekmesinin ve ilgi görmesinin sebebi üreme davranışları, sürü oluşturmaları, canlı renklere sahip olması ve birçok türle uyum

içinde yaşayan bir balık türü olmasıdır. Akvaryum balığı olarak ilgi çekmesinin dışında model organizma olarak birçok bilimsel çalışmada kullanılmıştır. Özellikle genetik çalışmalarda ve toksikoloji çalışmalarında, ilk sıralarda tercih edilen bir türdür (Kimmel ve Lele, 1995). Bunun dışında zebra balığı ile insan ve diğer omurgalıların genom yapılarının, metabolizma ve embriyonik gelişimlerinin benzer oluşu laboratuvar koşullarında üretilebilmesi, dış döllenme ile üremesi yumurta ve larvaların şeffaf oluşu ve gelişiminin kolay izlenebilmesi, yaşam döngüsünün kısa olması ile sonuca çabuk ulaşabilme özellikleri zebra balığının model organizma olarak kullanılmasında etkili olmuştur (Şişman ve Geyikoğlu, 2010). Gen transferi yapılarak yeni transgenik zebra balıkları üretilebilmektedir (Zon, 1999; Dooley ve Zon, 2000). Bu gibi üretim çalışmalarının başarısı için zebra balığının üretiminin her aşamasında detaylı verilere ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, zebra balıklarının anaç olgunluğuna adaptasyonu ile balık çiftlerinden elde edilen yumurtaların embriyolojik ve larval gelişim evrelerinin belirlenmesi, iki üreme aralığı arasında geçen süre ve yumurta sayıları, farklı su sıcaklıklarda ki yumurtaların çıkış oranı ve larvaların boyca büyümelerinin tespit edilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Zebra Balıklarının Sistematikteki Yeri

Zebra balıkları (*Danio rerio*, Hamilton, 1822) tatlı su balıklarının en büyük ailesi olan Cyprinidae familyasına ait bir türdür (Nelson, 1994). Bu familya 275 cinse mensup 2000 adet balık türü ile temsil edilmekte olup, Kuzey Amerika, Avrupa, Afrika ve Asya'da geniş bir yayılım göstermektedirler. Ülkemizde de ise en yaygın balık familyasını oluşturan Cyprinidae familyasına ait 108 tür yer almaktadır (Demirsoy, 1998; Fabacher ve Little, 2000). Cyprinidae familyası içerisinde yer alan zebra balıklarının sistematikteki yeri aşağıda verildiği gibidir (Şekil 2.1.1)

Alem:	Animalia
Şube:	Chordata
Sınıf:	Actinopterygii
Takım:	Cypriniformes
Aile:	Cyprinidae
Cins:	Danio
Tür:	<i>Danio rerio</i>



Şekil 2.1.1. Zebra balığı (*Danio rerio*) (Orijinal)

Danio rerio, dünyada *Danio* cinsine ait 45 türden biridir (Fang, 2003). Güney ve Güneydoğu Asya'ya, buradan sonra da en yüksek tür çeşitliliği ile Kuzeydoğu Hindistan, Myanmar, Bangladesh'te dağılmış durumdadır (Barman, 1991). “*Danio*” ismi bengal diline ait “*dhani*” kelimesinden türemiş ve pirinç tarlası anlamına gelmektedir (Talwar ve Jhingran, 1991).

Zebra balıklarının bilimsel isimlendirilmesi, ilk olarak 1822 yılında Francis Hamilton tarafından Batı Bengal’ de yapılmıştır. Tüm *Danio* türleri *Danio* ve *Brachydanio*, olarak iki gruba ayrılmıştır (Barman, 1991). Uzun süre boyunca ilk verilen ismi *Brachydanio rerio*

kullanılmıştır. *Brachydanio* olan eski bilimsel adı, 1981 yılında *Danio rerio* olarak değiştirilmiştir (Chu, 1981).

Bu türün bireylerinin laboratuvar ortamında üremeleri ile aynı soya sahip farklı görünüşte balıklar ortaya çıkmıştır. Bunların, uzun yüzgeçlere sahip türler, altın renkli, albino, leopar desenlere sahip türler oldukları bildirilmiştir (Şekil 2.1.2, Anonim, 2019a) (Whitfield, 2002).



Şekil 2.1.2 *Danio frankei* (leopar danio)

Leopar danio olarak adlandırılan çeşidi şerit şeklindeki desenler yerine benekli desenler içermektedir. Başlangıçta *Brachdanio frankei* olarak tanımlanan leopar danio türünün daha sonra farklı bir tür olduğu anlaşılmış olup (Meinken, 1963), *Danio rerio* türünün kendiliğinden mutasyona uğramış farklı desenlere sahip doğadaki yabani türü olarak literatüre geçmiştir (Haffter ve ark., 1996).

Akvaryum dünyasında zebra balığının başka bir varyetesi olan ve longfin zebra olarak bilinen tül kuyruk zebra balığının (Şekil 2.1.3, Anonim, 2019b), yüzgeçleri normal yüzgeç boyundan daha uzun olup tül şeklindedir. Vücut üzerindeki desenleri, tüm yüzgeç üzerinde devam etmektedir. Yüzgeçlerdeki bu uzunluk bazı leopar danio çeşitlerinde de görülmektedir.

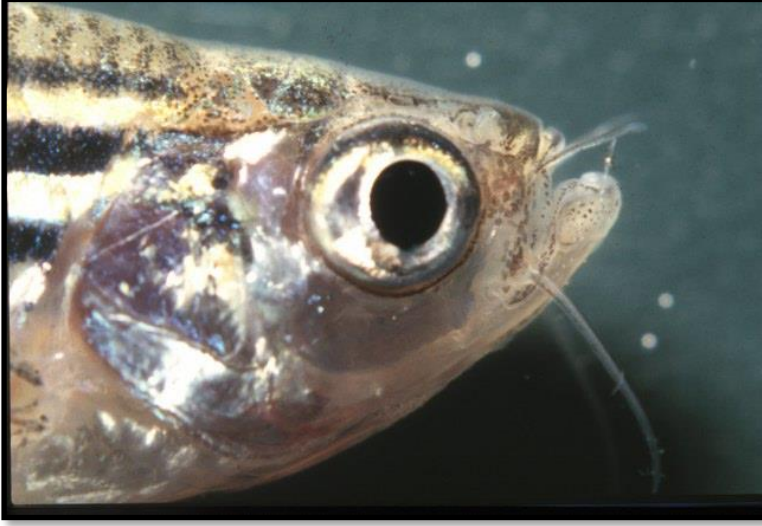


Şekil 2.1.3. Longfin zebra balığı

2.2. Zebra Balıklarının Genel Özellikleri

Zebra balığı, ismini tüm vücudunda melanofor ve iridiofor hücrelerinin renk verdiği mavi-siyah şerit şeklinde yer alan uzun 7-9 adet şerit şeklindeki çizgilerden almaktadır (Parichy, 2006a, Parichy 2006b). Bu çizgiler solungaç kapağından kuyruk yüzgecinin iç taraflarına kadar uzanmaktadır.

Zebra balığının çenesinde dişleri yoktur ve bunun yerine, boğazın arkasında kemiksi bir yapıdan oluşan yiyecekleri öğüten diş yapıları vardır. Bu dişler genellikle en arka solungaç kemerinin değişime uğramış boğaz kemiğine kaynaşması ile oluştuğu bildirilmiştir (Şekil 2.2.1, Anonim, 2019c) (Schilling, 2002).



Şekil 2.2.1. Zebra balığı ağız yapısı

Zebra balığı boyları 5cm'den daha küçük olduğu bildirilmekle birlikte (De Tolla ve ark., 1995) genellikle *Danio rerio*'nun total boy uzunluğu maksimum 40mm'dir. Vücut şekli fusiform olup, vücut yanlardan basık, ağzı ise superiyor konumludur. Alt çene çıkıntılıdır, gözler merkezde değil daha yukarda görülmektedir. Eksik yanal çizgisi, zebra balıklarının en belirgin fiziksel özelliği olup, eksik yanal çizgi; pelvik yüzgece kadar uzanır. Zebra balıkları 2 çift bıyığa sahiptir (Barman, 1991). Yetişkin bir zebra balığının, laboratuvar koşulları altında, ağırlığı 0.5-0.9g arasında olduğu bildirilmiştir (Plaut, 2000; Lawrence ve ark., 2008; 2012a; Siccardi ve ark., 2009; Gomez- Requeni ve ark., 2010; Augustine ve ark., 2011; Yossa ve ark., 2011).

Zebra balıklarının yumurtalarının vitellusu çok fazla olup, vejetatif kutupta çok yoğunlaşmıştır. Döllenmeden hemen sonra, teleost yumurtaların stoplazması animal kutupta toplanarak çekirdeği çevreler, bu kısım blastodisk olarak adlandırılır (Reim, 2003). Yumurtaların döllenmesinin hemen sonrasında başlayan zigot dönemi, yaklaşık 45 dakika sonra ilk bölünme ile son bulmaktadır. Döllenmiş yumurtadan ayrılmayan stoplazma ve koryon tabakası hücreyi sardığı dönem ise 'bir hücre safhası' olarak adlandırılmaktadır. Su ile temas edince şişen korion tabakası hücreyi yukarı doğru taşır ve yumurta içermeyen stoplazma da hücrenin animal kutbuna yerleşmesine yardımcı olur. Stoplazmik kısım animal kutupta toplanmaya başladıktan sonra, vitellus ve vitellus içermeyen stoplazmanın ayrımı ilk hücre bölünmesine kadar sürmektedir. Zebra balıklarının ilk hücre bölünmesinden 64 hücreli safhasına kadar yaklaşık 15 dakikalık düzenli aralıklarla blastomerlerin eş zamanlı bölünmeleri gerçekleşmektedir. Blastula dönemi olarak adlandırılan ve 128 hücre ile başlayan dönem gastrulasyon dönemine kadar devam

etmektedir. Yine bu dönemde 15 dakikalık aralıklarla meydana geldiği bildirilmiştir (Reim, 2003). Gastrulasyon döneminde ilk süreç germ katmanı ve embriyonik eksenin meydana gelmesi, uzaması ve aynı noktaya yönelerek içe kıvrılması gibi hücrel hareketleri içermektedir. Bu dönemin sonunda segmentasyon dönemi başlar ve kuyruk tomurcukları şekillenerek organ oluşumları başlar. Bu dönemin sonunda hücrel farklılaşmalar meydana gelerek vücut hareketleri gözlemlenmeye başlar. Yumurtadan embriyo çıkışının 3. günün sonuna kadar devam ettiği ve larvaların solungaç açıklıkları, ağız ve pektoral yüzgeçlerinin oluşumunun karakteristik olduğu bildirilmektedir (Reim, 2003).

Farklı su sıcaklıklarını tolere edebilen ve öterm (geniş sıcaklık aralıklarında yaşayabilen) olan zebra balıkları optimum 18-30°C su sıcaklıkları aralığında yaşayabilirler ve 26-28°C su sıcaklığında üreme davranışı göstermektedirler (Spence ve ark., 2007a; Lopez-Olmeda ve Sanchez-Vazquez, 2011; Akbulut ve Yön, 2013). Zebra balığı ayrıca, pH değeri 5.5-9, doğal ortamda 10-271µS arasında değişebilen düşük iletkenlik değerleri ile 1000µS oranında daha yüksek tuzluluk koşulları içeren sularda yaşayabilme özelliklerine sahiptir (McClure ve ark., 2006; Engeszer ve ark., 2007).

Zebra balıkları doğal ortamlarında tipik muson ikliminin görüldüğü, sucul bitki örtüsü bulunan yaklaşık 30cm derinlikte ki sığ suların bulunduğu tropikal bölgelerde yaşamaktadırlar (McClure ve ark., 2006; Engeszer ve ark., 2007).

2.3. Zebra Balıklarının Beslenme Özellikleri

Zebra balıkları omnivor beslenme özelliğine sahip olan türlerdir. Doğada yetişkin zebra balıklarının yüzeyden ve tabandan zooplankton ve böceklerle beslendiği gözlemlenmiştir. Akvaryum ortamında beslenen zebra balıkları dibe çöken yemlere ilgi göstermediği için yemin su üzerinde durması veya su içinde asılı kalması gerekmektedir (Spence ve ark., 2008). Yapılan çalışmalarda bu balıklar için, siliatlar, rotiferler, *Artemia salina nauplii* ve formüle edilmiş mikro parçacıklı balık yemleri uygun bulunmuştur (Westerfield 1995; Siccardi ve ark., 2009; Best ve ark., 2010; Kaushik ve ark., 2011).

Su ürünleri yetiştiriciliği açısından larva yetiştirme dönemi kritik bir öneme sahiptir. Yumurtaların döllenmesinden sonra ki 6-15 gün içerisinde larvaların besin kesesini tüketmesini takiben günde birkaç kez besleme yapılmalıdır. Bu dönemde zebra balığı larvaları için rotifer (*Brachnious plicatilis*), *Artemia salina*, veya toz kurutulmuş yem verilebileceği bildirilmektedir. Larva safhasını geçmiş juvenil zebra balıklarına döllenme

sonrası 15-40 gün arası kurutulmuş yem ile birlikte ek olarak 3-5 gün süre ile *Artemia salina* da verilebilmektedir. Yetişkin zebra balıklarına ise kuru yemin yanı sıra ve 1-3 gün arayla *Artemia salina* verilmesi önerilmektedir (Best ve ark., 2010; Lawrence, 2011; Lawrence ve ark., 2012a).

2.4. Zebra Balıklarının Yaşam Döngüsü ve Üreme

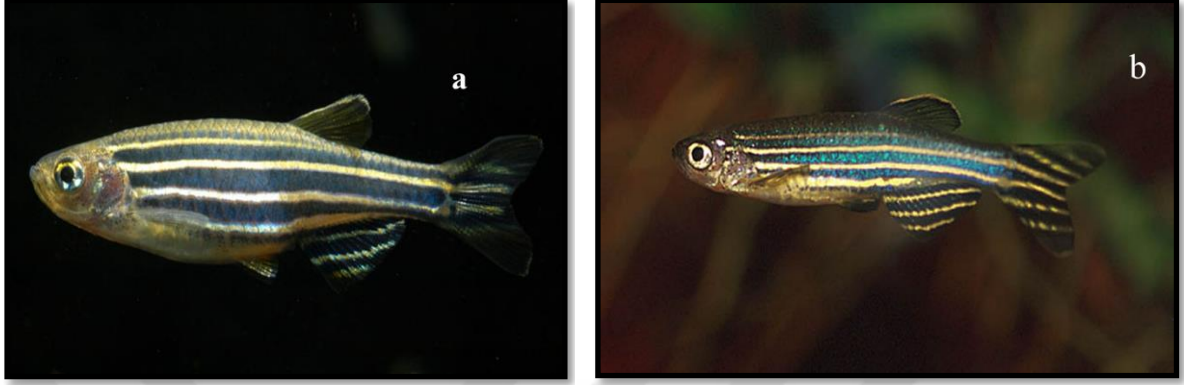
Zebra balıklarının doğal ortamlarında 2-30 birey arasında oluşan küçük balık sürüleri halinde yaşadıkları, üreme mevsiminin Nisan-Ağustos ayları arasında olduğu bildirilmiştir (Mahapatra ve ark., 2004). Yıllık üreme davranışı gösteren zebra balıklarının yumurtlama mevsimi, muson yağmurlarının hemen öncesinde (Ağustos), yüksek su sıcaklığı ve besin maddelerinin bol bulunduğu zamanlarda başladığı bildirilmiştir (Talling ve Lemoalle, 1998). Yapılan farklı çalışmalarda doğal ortamlarında zebra balıklarının yumurtlamasının güneş doğmadan önce olduğu bildirilmiştir (Darrow ve Harris, 2004; Spence ve ark., 2007).

Zebra balığı, doğada yumurtalarını sucul bitki örtüsünün yer aldığı ve tercihen sığ sulara bıraktığı ancak anaçların yumurta bakımı yapmadığı ve döllenmiş yumurtalarını koruma davranışı göstermediği bildirilmiştir (Sessa ve ark., 2008; Adatto ve ark., 2011). Bu literatürlere dayanarak, akvaryum ortamlarına zebra balıklarının yumurtlaması için çakıl ve bitki örtüsü gibi yumurta koruma materyalleri eklemek gerekmektedir (Spence ve ark., 2007b). Zebra balığı bireylerinin döllenmeden sonra 3 gün içinde yumurtadan çıktıkları, doğal yaşamlarında üreme olgunluğuna ulaşmalarının 5-6 ay kadar sürebileceği bildirilmiştir (Daniels ve ark., 2002; Mahapatra ve ark., 2004).

Doğada ve akvaryumlarda zebra balıklarının en erken 2 aylıkken üreme olgunluğuna eriştiği farklı çalışmalarda bildirilmiştir (Eaton ve Farley 1974; Lawrence ve ark., 2012b). Spence ve ark. (2006a), çalışmalarında zebra balıklarının yılda bir kez üreme davranışı gösterdiği, ancak kış aylarında dişilerde olgunlaşmış oositler olduğunu bildirmişlerdir. Clelland ve Peng (2009) ise kültür ortamlarında zebra balıklarından yıl boyunca yumurta alınabileceğini tespit etmişlerdir.

Zebra balıkları, ovipar (balıklar yumurta ve spermini su içine bırakır ve döllenme su içinde gerçekleşir) balıklar olup, dış döllenme özelliklerine sahip bir türdür. Bu tür balıklarda cinsel dimorfizm görülmektedir. Dişi ve erkek zebra balıkları ayrımı; vücut büyüklükleri, vücut şekilleri ve pigmentasyonda ki farklılık ile yapılmaktadır. Erkek zebra balıkları

genellikle daha küçük boyutta altın ve mavi renkli çizgileri ile daha uzun bir gövdeye sahiptir. Dişi zebra balıkları gümüş ve mavi çizgili renklerde daha yuvarlak, daha büyük, daha beyazımsı bir gövdeye sahip ve anal yüzgeç önünde küçük bir genital papilla yer almaktadır (Şekil 2.4.1, Anonim, 2019d) (Parichy ve ark., 2009).



Şekil 2.4.1 Zebra balığı görünüm (a: dişi; b: erkek)

Dişi ve erkek zebra balıklarının ayırımında, erkek balıkların genellikle dişilerden daha ince ve daha koyu renkli olduğu, daha büyük anal yüzgece sahip oldukları ve sarı renklenmenin daha fazla olduğu görülmektedir. Üreme olgunluğuna erişen dişiler, yumurtalıklarda gelişen yumurtalardan dolayı daha dolu ve şişmiş bir karına sahiptir ve renkleri daha açık tonludur. Genç zebra balığı yavrularının cinsiyet ayrımı yapılması oldukça güçtür (Laale, 1977; Schilling, 2002; Ruhl ve ark., 2009).

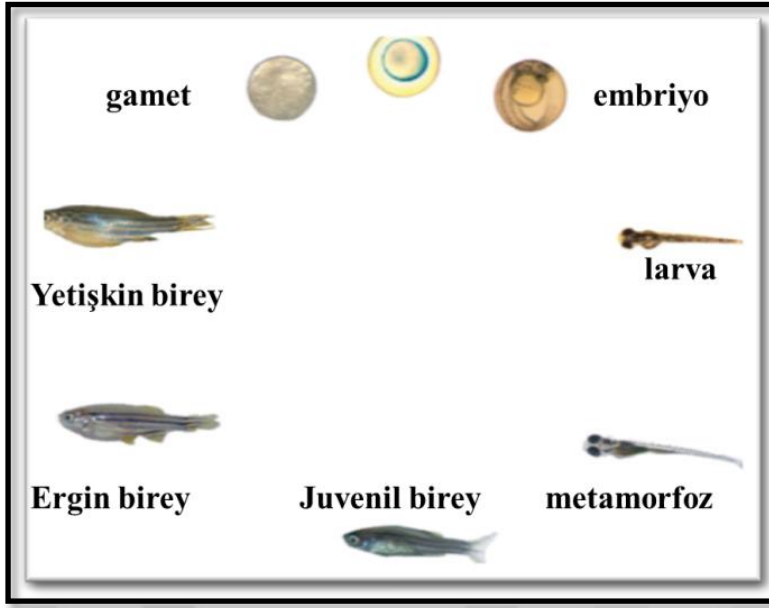
Zebra balıklarının doğal ortamlarında sadece belli dönemler yumurtlama olmasına rağmen (Mahapatra ve ark., 2004), akvaryum koşullarında maksimum yumurtlama aktivitesi olduğu kaydedilmiştir (Darrow ve Harris, 2004). Akvaryum koşullarında zebra balıklarının çiftleşme davranışları yumurtlama başlamadan 24 saat önce olmaktadır. Aynı akvaryum ortamına konulan ve eşleşen anaçların çiftleşme davranışları dişi feromonleri tarafından tetiklenen erkek balıkların kur yapma hareketleri ile başladığı bildirilmiştir (Delaney ve ark., 2002). Zebra balığı kur yapma davranışları, erkek anaçların dişi anaçlara yakın bir yerde hızla yüzmesini, sık sık burnunu dişinin yan taraflarına dokundurmasını, yumurtlama bölgesine götürmeye çalışırken sıkça önünde dolanmasını içermektedir. Yumurtlama sahasının üstünde, dişi balık ile yakın temasta olan erkek zebra balığı, dişinin arkasından yüzerek vücudunu yüksek ve düşük miktarda sallama davranışı göstermektedir.

Spence ve ark. (2006b), erkek zebra balıklarının, hem kur yapılan bölgede hem de akvaryumun diğer bölümlerinde aynı kur yapma davranışını gösterdiğini, yumurtlama sahasının dışında erkek zebra balıklarının dişi zebra balıklarını takip ettiği ve yaklaşmaya

çalıştığı gözlemlenmiştir. Bazı erkek zebra balıklarının, çiftleşme sırasında yumurtlama alanını korudukları ve rakiplerin yumurtlama alanına erişimini ve dişi zebra balıklarına erişimini engellediği bildirilmiştir (Spence ve Smith, 2005). Dişi zebra balıklarının vücut şekline göre daha büyük vücutlu ve baskın erkek balıkları tercih ettikleri bildirilmiştir (Turnell ve ark., 2003, Pyron, 2003).

Dişi zebra balıklarının her yumurtlamada farklı yumurta sayısına sahip olduğu, bu miktarın tek bir yumurtlamada yaklaşık 100 ila 1000 yumurta arasında değiştiği bildirilmiştir (Spence ve Smith 2006; Sessa ve ark., 2008; Adatto ve ark., 2011; Lawrence 2011). Dişi zebra balığının her 14 günde bir yumurtlayabildiği, bazen yumurtladığı anda 200'den az sayıda yumurta üretebildiği bildirilmiştir (Hensley ve Leung, 2010; Kurtzman ve ark., 2010). Yumurtaların çapı yaklaşık 0.7-1.5mm arasında değişmektedir (Lee ve ark., 1999; Matthews ve ark., 2002). Yumurtalar yapışkan olmayıp demersal özellik göstermektedirler. Dişi zebra balıkları yumurtalarını zeminin herhangi bir hazırlığı olmadan doğrudan zemin üzerinde bırakabilmektedirler.

Yumurtalar döllenikten sonra, 3 gün boyunca yumurtadan çıkış meydana gelir (Kimmel ve ark., 1995). Döllenmeden 0-72 saat sonra embriyo oluşumu gözlemlenmiştir. Larvalar kuluçkadan çıktıktan hemen sonra kafanın üst tarafında ki küçük salgı hücreleri vasıtasıyla sert yüzeylere tutturulur (Laale, 1977). Bu tutulum, aşamalı olarak daha yüksek seviyelere çıkarak yüzme keselerini doldurma amaçlı olduğu bildirilmiştir (Goolish ve Okutake, 1999). Döllenmeden sonra ki 3-13 gün arası pre-larva dönemi olarak adlanmaktadır. Bu dönemde pre-larvalarda çoğunlukla kuyruk hareketleri görünse de, fazla etkin değildir (Lindsay ve Vogt, 2004). Larvaların 5. günde yüzme, beslenme ve aktif kaçınma davranışlarına başladıkları ve su sıcaklığına bağlı olarak suda serbest yüzmeye geçebildikleri belirtilmiştir (Reed ve Jennings, 2010). Larva aşamasının da 2 haftaya kadar sürebileceği bildirilmiştir (Fuiman ve ark., 1998; Ledent 2002). Döllenme sonrası 14-29 günler arasındaki aşama post-larva olarak adlandırılmaktadır. Bu dönemde larvaların vücut şekillerinin oluşumu tamamlanmaktadır. Döllenme sonrasında ki 30 gün de juvenil dönemin başladığı ve bunu takiben 3 veya 4 ay arasındaki dönemde yetişkin zebra balıkları olarak adlandırıldıkları bildirilmektedir (şekil 2.4.2, Ribas ve Piferrer, 2014) (Fleming, 2007).



Şekil 2.4.2. Zebra balığı yaşam döngüsü

Yavru balıklar, 4 haftalık olduklarında sırtlarındaki pigment deseni ortaya çıkmaktadır (Parichy & Turner, 2003). Yumurtadan çıktıktan sonraki üçüncü aydan sonra, büyüme azalmaya başlar ve yaklaşık 18 ayda büyüme sonlanır. Spence ve ark., (2007a; 2008), laboratuvar ortamlarında yapmış oldukları çalışmalarda akvaryuma uyum sağlamış olan zebra balıklarının büyüme oranlarının doğadaki balıklara göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Parichy ve ark., (2009) zebra balıklarının büyüme performanslarının başta genetik yapı olmak üzere su sıcaklığına, stres gibi bir çok çevresel faktöre bağlı olduğunu bildirmiştir.

Zebra balığı üretimi ile ilgili yapılan farklı çalışmalar aşağıda verilmiştir:

Danio rerio türünün çevresel parametrelere toleransı yüksek, ulaşılabilirliği kolay, beslenme adaptasyonu yüksek olmasının yanı sıra üremesi, ergin dişilerin kısa süreli periyotlarla yüzlerce yumurta bırakabilmesi, dış döllemeyle üremesinin yumurta ve embriyosunun gelişim takibi açısından kolay izlenebilmesi, jenerasyon zamanının kısa olması ve embriyolarının toksik ajanlara duyarlı oluşu nedenleriyle bilimsel çalışmalarda en çok tercih edilen canlılardandır (Kimmel ve ark., 1995; Lele ve Krone 1996).

Danio rerio ile ilgili olarak yapılan ilk deneysel biyolojik çalışmalar 1930'lu yıllarda başlamıştır. Bu süreçten sonra bu balıklar toksikolojik çalışmalarda, embriyolojik çalışmalarda (Nagel, 2002), su kirliliği çalışmalarda (Carvan ve ark., 2000) ve karsinogenik (Conklin, 2000) çalışmalarda kullanılmaktadır. Ayrıca bu balıkların uygun fotoperiyodik koşullarda çok sayıda yumurta vermelerinin avantajı sonucunda (Laale,

1977), mikroenjeksiyon, elektroporasyon ve yumurtalara spermiler aracılığı ile gen transferleri çalışmaları da yapılmıştır (Buono ve Linser, 1992; Higashijima ve ark., 1997; Linney ve ark., 1999; Khoo, 2000). Bunların dışında kan kanserinin önlenmesi ve tedavisinde kullanılacak ilaçların izlenmesi çalışmalarında transgenik zebra balığı kullanılmaktadır (Langenau ve ark., 2003).

Yapılan farklı çalışmalarda zebra balıklarının doğada 6.2-42°C arasında değişen geniş bir sıcaklık aralığında hayatta kalabildiği bildirilmiştir (Cortemeglia ve Beitinger, 2005; Schaefer ve Ryan, 2006). Ancak üretim ve yavru alımı çalışmalarında bu sıcaklık aralığının 26-29°C arasında tutulması, tercihen 28°C'de sabit kalması gerektiği bildirilmiştir (Detrich ve ark., 2004).

Spence ve Smith (2006), çalışmalarında, erkek zebra balıklarının vücut büyüklüğünün dişi zebra balıklarının yumurta miktarı ile arasında ilişki olmadığını bildirmiştir.

Ribas ve Piferrer (2014), laboratuvar şartlarında döllenmeden yaklaşık 350 gün sonra dişi zebaların maksimum 38mm boy uzunluğuna ve 0.9g ağırlığa, erkek zebra balıklarının ise maksimum 35mm boy uzunluğuna ve 0.6g ağırlığa ulaşabildiklerini bildirmişlerdir.

2.5. Zebra Balığı Yetiştiricilik Çalışmaları

Şişman ve Yıldırım, (2007), Aflatoksinin Zebra balığının embriyo ve larva üzerine olan etkilerini inceledikleri araştırmada, yerel akvaryumculardan elde edilen balıkların stok akvaryumlarda 27 °C su sıcaklığı, 7 pH ve 14/10 gün ışığı uygulamasında, günde 2-3 kez canlı yem destekli beslendiklerini ve üreme davranışları gözlemlendiğinde yumurtlama akvaryumlarına alındıklarını, bu akvaryumların içine yumurtaların korunması için tül kafeslerin yerleştirildiğini bildirmişlerdir.

Spirita Sharmili ve Ahila Angelin, (2015), zebra balığı ile yürüttükleri araştırmada, anaçların beslenme sürecinde ticari kuru pul yem ve 3 günde bir artemia ile besleme yapıldığını, 25 °C su sıcaklığı ve 14/10 gün ışığı koşullarında üreme akvaryumlarının düzenlendiği belirtilerek, üremeye uygun özellikteki anaçların üreme akvaryumlarına bırakıldıktan sonraki gün yumurtladıkları bildirilmiştir.

Uusi Heikkila ve ark., (2010), büyük ve küçük boy zebra anaçlarının yumurta-larva gelişiminin incelendiği çalışmada, 6 ay süreyle anaçların 14/10 fotoperiyodunda, 25.3 °C su sıcaklığında, 8.4 pH ve 0.05 mg/L'nin altında NH₄ değerinde barındırıldığını ve günde 5 kez pul yem ve canlı yem ile beslendiğini, anaç adaptasyon ve üremeye hazırlık süresi

sonunda anaçların üreme akvaryumlarına alındıkları, sabahın erken saatlerinde yumurtlama olduğu ve çıkıştan sonraki ikinci günde (27 °C’de) larvaların dış beslenmeye başladıkları bildirilmiştir.

Reed ve Jennings, (2011), zebra balığının yetiştiriciliği ile ilgili detaylı verilere ihtiyaç duyulduğunu bildirerek, planladıkları araştırmada su sıcaklığına bağlı olarak döllenmeden sonraki üçüncü günde zebra larvalarında kuyruk hareketlerinin gözlemlendiği ancak çoğunlukla hareketsiz oldukları, aktif olarak yüzmeyen ve genellikle zemin üzerinde hareketsiz durdukları, beşinci gün civarında su yüzeyine yakın yüzerek hava keselerini havayla doldurdıkları, bu aşamadan sonra su kütlesi içerisinde daha dengeli pozisyon alarak yüzmeye başladıkları belirlenmiştir.

Kucharczyk ve ark.,2018’nin araştırmasında zebra balığının farklı ortam koşullarındaki üretimi ile ilgili konularda araştırma yapılmasının gerekliliğini vurgulayarak, 19-27 °C’ler arasındaki su sıcaklıklarında zebra balığı ile araştırma yürüttüklerini ve 19 °C’de, 20-40 günlük aralıklar ile yüksek kalitede yumurtaların elde edilebileceğini bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Araştırma yeri

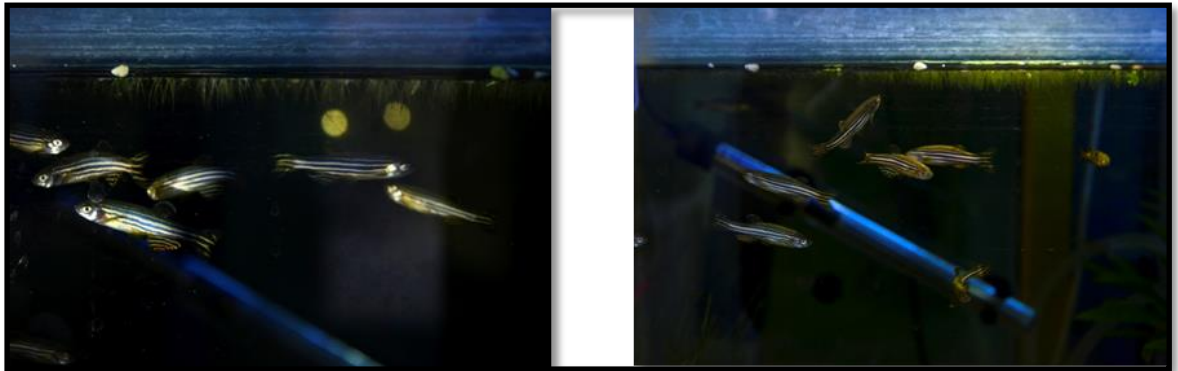
Çalışma Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Akvaryum Balıkları Yetiştiricilik Ünitesi'nde (Sinop Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun 13.10.2014 tarih ve 2014-28 sayılı kararı ile) laboratuvar koşullarında yürütülmüştür.

3.1.2. Balık Materyali

Çalışmada kullanılan zebra balıkları, yerel bir akvaryumcudan Mayıs 2014 tarihinde alınıp Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Akvaryum Balıkları Yetiştiricilik Ünitesine getirilmiştir. Çalışmada 16 adet zebra balığı (*Danio rerio* Hamilton, 1822) kullanılmıştır.

3.1.3. Üretim ve Büyütme İçin Kullanılan Akvaryum Materyali

Üretim akvaryumları balıkların en uygun üreme davranışı göstereceği boyutlar göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Üretim çalışmaları için balıkların adaptasyonu, anaç besleme ve kondisyon kazandırma için, 70x50x45cm boyutlarında 1 adet stok akvaryumu, inkübasyon süresi ve yumurtlama periyotlarını takip için 35x25x15cm boyutlarındaki her birine hava taşı bağlanmış 4 akvaryum, yumurta gelişimi, larva gelişimi ve takibi için 35x25x15cm boyutlarında 4 akvaryum, farklı sıcaklıklarda yumurta açılımı ve larva gelişimini incelemek için deneme düzeneği oluşturularak 1500ml hacme sahip 6 adet yuvarlak plastik tank kullanılmıştır. Şekil 3.1.3.1'de adaptasyon ve stok akvaryumu verilmiştir. Yumurtlatma akvaryumları Şekil 3.1.3.2 de verilmiştir.



Şekil 3.1.3.1. Zebra balıklarının adaptasyon akvaryumlarındaki görünümüleri (Orijinal)



Şekil 3.1.3.2. Zebra balıklarının yumurtlama akvaryumları (Orijinal)

Akvaryum ünitesinde kullanılan oda tipi klima ile akvaryum su sıcaklığı sabitlenmiş olup, sadece sıcaklık çalışmasında ki larva gelişim oranlarının takibi için larva akvaryumlarına Smart F.T 300W marka ısıtıcı konulmuştur.

3.1.4. Su Parametrelerinin Belirlenmesi

Çalışma süresince, akvaryumlarda su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH ve NH_4 ölçümleri YSI marka Professional Plus Model Saha Tipi multiparametre ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır.

3.1.5. Yem Materyali

Balıkların adaptasyon sürecinde ve anaçların yumurta üretim periyotlarında ticari akvaryum balık yemlerinden Tetramin pul yem ve canlı yem olarak Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Akvaryum Balıkları Yetiştiricilik Ünitesi'nde üretilen beyaz kurt ve *Artemia salina nauplii* ile besleme yapılmıştır. Kullanılan yemlerin biyokimyasal kompozisyonu Çizelge 3.1.5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1.5.1. Çalışmada kullanılan yemlerin ham protein (HP), ham yağ (HY), ham kül (HK) ve kuru madde (KM) değerleri

Biyokimyasal Kompozisyon	HP %	HY %	HK %	KM %	Literatür
Tetramin pul yem	46	11	6	94	Yem kartından alınmıştır
Beyaz kurt	58.58	27.7	8.58	80.2	Öz ve ark., (2015)
<i>Artemia salina</i>	57.20	12.85	9.34	89.09	Yanar ve ark., (2003)

Balıkların büyüme parametrelerinin belirlenmesinde aşağıda verilen formüller kullanılmıştır (Erkoyuncu, 1995).

$$\text{Canlı Ağırlık Artışı (g)} = \text{Final ağırlık (g)} - \text{Başlangıç ağırlık (g)} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\text{Oransal Ağırlık Artışı (\%)} = \left[\frac{(\text{Final Ağırlığı} - \text{Başlangıç Ağırlığı})}{\text{Başlangıç Ağırlığı}} \right] \times 100 \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{Yaşama Oranı (\%)} = \frac{\text{Final Balık Sayısı}}{\text{Başlangıç Balık Sayısı}} \times 100 \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\text{Fulton Kondisyon Faktörü} = \left(\frac{\text{Toplam Ağırlık}}{\text{Toplam Boy}^3} \right) \times 100 \dots\dots\dots(3.4)$$

3.1.6. Kullanılan Diğer Materyaller

Çalışmada akvaryumların, balıkların fotoğraflarını çekiminde Samsung marka nx300 model fotoğraf makinası kullanılmıştır.

Zebra balıklarının yumurtalarının embriyonik gelişimi, yumurta çapları larva gelişimi ve larvaların takibi için Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Avlama Teknolojisi Laboratuvarında bulunan Nikon SMZ745T marka stereo mikroskobu kullanılmıştır (Şekil 3.1.6.1). Dölllenmiş yumurtaların çapları ve larva boyları ölçümlerinde mikroskobun mikrometrik ölçüm özelliği kullanılmıştır.



Şekil 3.1.6.1 Çalışmada yumurtaların ve larvaların gelişim takibinde kullanılan mikroskop (Orijinal)

Anaç balıkların boy ölçümleri için milimetre göstergeli bir cetvel yardımıyla, ağırlıkların ölçümü için 0.001g hassasiyetli KERN marka EW420-3NM model terazi kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Anaç Stoğunun Oluşturulması

Stok akvaryumunun su sıcaklığı ortalama 24.89°C, pH 8.70, NH₄ 0.53, O₂ 7.09 olacak şekilde düzenlenmiştir. (Şişman ve Yıldırım, 2007; Uusi Heikkilä ve ark., 2010; Spirita Sharmili ve Ahila Angelin, 2015; Reed ve Jennings, 2011; Kucharczyk ve ark., 2018).

Deneme başlangıcında, cinsi olgunluğa erişmiş anaç olarak kullanılmak üzere 16 adet Zebra balığı, yerel üreticiden alınarak akvaryum ünitesine getirilmiştir. Balıkların ısı şokunu önlemek amacıyla, içinde bulundukları kap ile konulacağı akvaryum arasında sıcaklık dengelenmiş ve balıklar akvaryum içerisine bırakılmıştır. Balıklar, burada birkaç gün süresince gözlenmiştir. Bu süre içerisinde ilk gün yemleme yapılmamıştır. İkinci günden itibaren günde iki öğün olacak şekilde yemleme yapılarak iki günde bir %10-20 su değişimi uygulanmıştır. Daha sonrasında balıklar, aynı su koşulları oluşturulan, her akvaryumun diğerinden bağımsız olduğu bir adet hava taşı bulunan 70x50x45cm ölçülerindeki stok akvaryumu içine alınmıştır. Tüm akvaryumların havalandırma düzeneği olup hava motoru ve hava taşı kullanılarak zebra balığı anaç yumurta ve larva gelişim aşamalarına uygun olacak biçimde düzenlenmiştir. 24 saat dinlendirilmiş çeşme suyu kullanılmıştır.

Temin edilen balıklar akvaryum ünitesinde hazırlanan akvaryumlara konarak suya adapte edilmiştir. Ortalama 3.63±0.07cm uzunluğunda ve 0.43±0.01g ağırlığındaki 16 adet balık 70x50x45cm boyutlarındaki akvaryumda, anaç olgunluğuna getirilmesi için 6 aylık (5 Mayıs 2014- 5 Kasım 2014) bir adaptasyon çalışmasına tabi tutulmuştur.

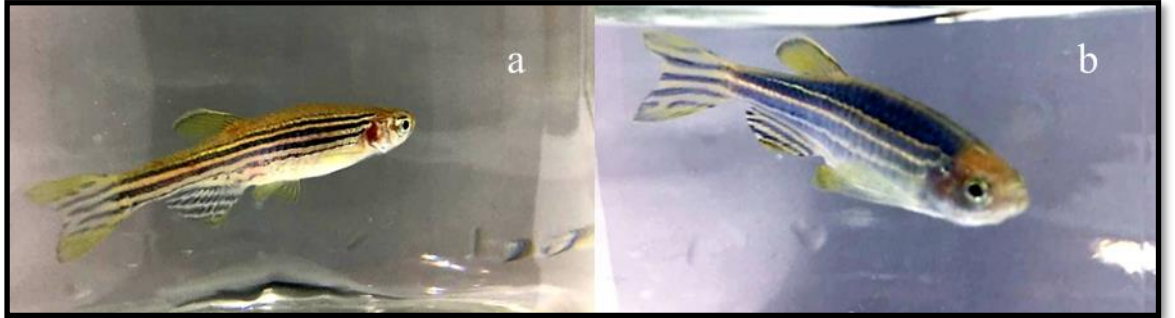
Anaç balıklara adaptasyon ve kondisyon kazandırma süresince günde iki kere doyuncaya kadar besleme yapılmıştır. Haftada üç gün bir öğün pul yem, bir öğün de canlı yem, diğer günlerde tüm öğünlerde pul yem kullanılmıştır. Her yemlemeden sonra dışkı ve yem atıkları akvaryumdan sifonlama yöntemiyle uzaklaştırılmıştır. Yumurtadan çıkan larvaların ağız açıklığı sonrası yem almaya başlaması ile günlük olarak larva akvaryumları hassas düzeyde sifonlama ile yem kalıntılarından temizlenmiş ve aynı miktarda su eklenmiştir.

Adaptasyon ve kondisyon kazanması sonrası üreme davranışı göstermiştir. Üretim için kullanılan anaçların birinci çiftinden üreme sonrası elde edilen yumurtalar ile yumurta ve larva gelişimi, ikinci çiftten döllenme sonucu elde edilen toplam yumurta sayısı ve ikinci kez yumurtlama tarihi, üçüncü çiftten elde edilen yumurtalardan ise farklı su sıcaklıklarında yumurta açılım oranları ve larva gelişimi belirlenmiştir. Kondisyon kazandırmak için adapte olan balıklara günde bir öğün canlı yem olarak beyaz kurt ya da

artemia salina nauplii, bir öğün de pul yem verilmiştir. Bu akvaryumlarda yem ve dışkı kalıntılarının temizlenmesi 2 günde bir sifonlama yardımıyla ve su değişimi yapılarak sağlanmıştır.

3.2.2. Cinsiyet Ayrımının Belirlenmesi

Anaç yönetiminde erkek ve dişilerin birbirinden doğru bir şekilde ayırt edilmesi önemlidir. Verimli bir çift balık ile üretime başlanabilmesi için cinsiyet belirleme önemli bir adımdır. Akvaryum balıklarından yetiştiriciliği yapılan değerli türlerin birincil eşeysel karakterlerine bakılarak cinsiyet ayrımı yapılması mümkün olmadığından genellikle ikincil eşeysel karakterleri cinsiyet ayrımının yapılmasında kullanılır (Karataş ve ark., 2005). Çalışmada, genç balıklarda cinsiyetlerin belirlenebilmesi için balıklar büyütme akvaryumunda bakım ve beslemeleri süresince ikincil eşeysel karakterlerine göre morfolojik yönden incelenmiştir. Cinsi olgunluğa erişen erkek balıkların, canlı ve parlak bir renk aldığı ve aktif kovalama hareketlerine başladığı görülmüştür. Dişilerden daha ufak ve düz bir karına sahip olduğu bu nedenle dişiye oranla daha ince görünüme sahip oldukları görülmüştür. Cinsi olgunluğa erişen dişi balık ise erkekten daha iri ve yuvarlak bir vücut ve yumurta ile dolu olduğunda şiş bir karına sahip oldukları görülmüştür. Erkekte altın, dişide sarımsı beyaz renk üzerinde, parlak mavi çizgiler olduğu görülmüştür (Şekil 3.2.1.1.)



Şekil 3.2.2.1. Cinsi olgunluğa erişmiş üreme için kullanılan zebra balıkları (a:erkek zebra balığı; b: dişi zebra balığı, orijinal)

3.2.3. Anaçların Üretim Akvaryumlarına Alınması ve Yapılan Çalışmalar

Adaptasyon ve kondisyon kazandırma süresi olarak 6 ayın sonunda morfolojik özellikleri belirlenerek, cinsi olgunluğa erişen 8 çift balık stok akvaryumdan alınarak yumurtlatma akvaryumlarına alınmıştır. Üretim için özel olarak hazırlanan 35x25x15cm ölçülerinde ki ortalama 26.6°C sıcaklıktaki üretim akvaryumlarına alınmıştır (Detrich ve ark., 2004).

Üretim akvaryumlarına akvaryum zemininden yaklaşık 10cm yukarı gergin bir ağ çekilmiştir. Bu ağ dişi ve erkeğin yumurtaları yemelerine engel olmak ve yumurtaları korumak için kullanılmıştır (Spence ve ark.,2007). Dinlenmiş ve havalandırılmış çeşme suyu akvaryuma yaklaşık 20cm yükseklikte konulmuştur. Havalandırma için hava taşı takılmış akıntının az olması için düşük ayarda kullanılmıştır. Üremeye hazır olan dişi ve erkek balıkların boy ve ağırlık ölçüleri alındıktan sonra üretim akvaryumlarına alınmıştır. Bu çiftlerden sadece üç çiftte üreme davranışı ve çiftleşme gerçekleşmiştir Bu üç çift anaç ile yapılan çalışmalar Çizelge 3.2.3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2.3.1. Üreme olgunluğuna gelen anaçlar ile yapılan çalışmalar

Anaç Numarası	Yapılan Çalışmalar
1. Çift anaç	Ebriyonik gelişim takibi
2. Çift anaç	Yumurta verimliliği
3. Çift anaç	Yumurta açılım ve larva gelişim takibi

3.2.3.1. Birinci Çift Anaçta Embriyonik ve Larval Gelişim Takibi

Çalışmada kullanılan 1. çift anacın yumurtalarında sadece embriyonik gelişim ve yumurtadan çıkan larvaların makroskobik ve mikroskobik olarak gelişimleri tespit edilmiştir. Embriyonik gelişmenin incelenmesi için, anaç balıkların üreme davranışı göstermelerinin ardından anaçlar akvaryumdan uzaklaştırılmıştır ve yumurtlama tankından döllenmiş yumurtalar seçilerek incelenmiştir. Akvaryumda kalan yumurtalardan saat başı 5'er adet örnekler alınıp, Sinop Üniversitesi Avlama Teknolojisi Laboratuvarı'nda bulunan Nikon SMZ745T marka stereo mikroskobu altında fotoğraflanarak takip edilmiştir. Ölçümler sabah 10:30'da başlamış ve sekiz saat boyunca farklı zaman aralıklarında devam etmiştir.

Yumurtadan çıkan ve besin kesesini tüketen ağız ve anüs açıklığı gelişen larvalara ilk bir hafta günde iki kere, sabah ve akşam bir petri kabında su ile eritilen haşlanmış yumurta sarısı süspansiyonu verilmiştir. Bir hafta sonra, *Artemia salina* verilerek günde 2 defa yemlenmiştir. Bundan sonra, larvaları akvaryum yemine alıştırmak için *Artemia salina* günde 1 defaya (sabah) düşürülmüştür. Yavru haline gelen balıklara ise tamamen toz haline getirilmiş akvaryum yemi verilmiştir.

Larvaların yumurtadan çıkışı gözlemlendikten sonra (3. gün itibari ile), larva akvaryumundan rastgele örnekleme metodu ile pasteur pipeti ile larvalar alınmıştır. Besin kesesi, kafa ölçüleri ve haftalık olarak boyları ölçülmüştür (10 adet). Sinop Üniversitesi

Avlama Teknolojisi Laboratuvarı'nda bulunan Nikon SMZ 745T stereo marka mikroskop altında mikrometrik oküler yardımı ile 42 gün boyunca (altı hafta) takip edilen ölçümler fotoğraflanarak morfolojik değişimleri incelenmiştir. Larva boy ölçümleri $\mu\text{m} \pm \text{standart}$ hata olarak belirtilmiştir. Larvaların boyca oransal büyüme verileri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Erkoyuncu, 1995).

$$\text{Boyca Oransal Büyüme, \%} = [(L_2 - L_1) / L_1] \times 100 \dots \dots \dots (3.5)$$

L₁: başlangıç boy uzunluğu, L₂: final boy uzunluğu

3.2.3.2. İkinci Çift Anaçta İki Yumurtlama Arası Geçen Süre ve Yumurta Sayılarının Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan 2. çift anacın yumurtalarından iki üreme periyodu arasında geçen süre ve yumurta sayıları ile yumurtlama veriminin belirlenmesi amaçlanmıştır. İlk kez üreme davranışı gösterdikten sonra tekrar kondisyon kazandırılarak 2. kez ürettiği tarih belirlenmiştir. Üreme sonrası yumurta sayıları tespit edilmiş ve aradaki farklılık incelenmiştir. Yumurtlama davranışı gözlemlendikten sonra anaçlar akvaryumdan uzaklaştırılmıştır. Kalan yumurtalar pipet yardımı ile sayılarak 10'ar tane alınmış ve ayrı bir akvaryuma konulmuştur. Yumurta çapları mikroskop yardımı ile ölçülmüştür. Yumurta çapları $\mu\text{m} \pm \text{standart}$ hata olarak belirtilmiştir.

3.2.3.3. Üçüncü Çift Anaçtan Elde Edilen Sıcaklığa Göre Larval Gelişim Takibi

Çalışmada, kullanılan 3. çift zebra balığı anacından elde edilen larvaların farklı sıcaklıklardaki gelişim oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, anaçlardan elde edilen yumurtaların bir kısmı ile larva açılma oranı belirlenmiş, bir kısmı ile 24.9°C ve 26.9°C'ye sabitlenmiş su sıcaklıklarındaki yumurtadan çıkış oranı ve larval gelişim takip edilmiştir. 3 tekerrürlü 2 deneme grubu oluşturulmuştur. Her tekerrürde 1.5 litre suya 20 adet döllenmiş yumurta stoklanmıştır. Yumurtaların havalandırılması hava motoru ve hava taşları kullanılmıştır. Yumurtadan çıkan larvaların beslenmesi yumurta sarısı ile başlatılmıştır. Çalışma süresince, günlük olarak pipet yardımıyla sifon yapılmıştır. Azalan su miktarı kadar aynı sıcaklıkta ekleme yapılmıştır. Yumurtaların strese girme olasılığı dikkate alınarak, başlangıç ölçümleri gerçekleştirilmemiştir. İlk boy ölçümü larvaların yumurtadan çıkmasını takiben 10. Günde gerçekleştirilmiştir. Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Avlama Teknolojisi Laboratuvarında bulunan mikroskop yardımıyla

larvaların her 7 günde bir olacak şekilde ve her akvaryumdan 5'er larva örneği alınarak boy ölçümü yapılmış ve çalışma 35 günde (5 hafta) tamamlanmıştır.

3.2.4. Yumurta ve Yumurtadan Çıkan Larva Sayımı

Bütün anaç balıklar yumurtalarını koruma ve yavru bakımı yapmazlar. Yumurtladıktan sonra yumurtalarını yeme eğilimi gösterirler. Balıkların yumurtladığı döneminde bıraktıkları yumurta ve yumurtadan çıkan larva sayılarını belirlemek üzere balıkların yumurta bıraktıkları üretim akvaryumundan yumurtalar ve larvalar çıplak gözle tek tek, sayılmıştır. Akvaryum dibinde yer alan ve yapışkanlık özelliği olmayan yumurtalar ve yumurtadan çıkan larvalar pasteur pipetleriyle alınarak mikroskop ile görüntülenip fotoğrafları çekilmiş, yumurta çapları ve larva boy uzunlukları ölçülmüştür (Şekil 3.2.4.1).



Şekil 3.2.4.1. Mikroskopta incelenen zebra balığı yumurtası ve larvası (Orijinal)

3.2.5. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analiz

Çalışmada verilerin istatistiksel analizi IBM SPSS 21 istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar ortalama±standart hata şeklinde verilmiş olup, değerler arasındaki fark tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile, değerler arasındaki ilişki regresyon analizi ile test edilmiş ($p<0.05$), ortaya çıkan farklar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışmada, zebra balıklarının anaç olgunluğuna adaptasyonu ile balık çiftlerinden elde edilen yumurtaların, embriyolojik ve larval gelişim evrelerinin belirlenmesi, iki üreme aralığı arasında geçen süre ve yumurta sayıları, farklı su sıcaklıklarında ki yumurtaların çıkış oranı ve larvaların boyca büyümelerinin tespit edilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır.

4.1. Su Parametreleri ile İlgili Bulgular

Çalışma süresince adaptasyon (stok), anaç üreme (yumurtlama), inkübasyon ve larva akvaryumlarında ölçülen ortalama su sıcaklığı, pH, NH₄ ve O₂ parametreleri Çizelge 4.1.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1.1. Çalışma süresince belirlenen ortalama su sıcaklığı (°C), pH, NH₄ (mg/l) ve O₂ (mg/l) parametreleri

Ölçüm alanı	Su Sıcaklığı	pH	NH ₄	O ₂
Adaptasyon akvaryumu	24.89±0.23	8.70±0.03	0.53±0.04	7.09±0.26
Anaç akvaryumu	26.86±0.16	8.11±0.01	0.47±0.01	5.89±0.02
İnkübasyon akvaryumu	26.31±0.14	8.44±0.02	0.41±0.02	5.71±0.01
Larva akvaryumu	26.50±0.19	8.64±0.02	0.40±0.01	5.67±0.02

Çalışma süresince su sıcaklığı en yüksek anaç akvaryumunda (26.86±0.16°C), en düşük adaptasyon akvaryumunda (24.89±0.23°C) ölçülmüştür. pH değerleri ortalama 8.11±0.01-8.70±0.03, NH₄ değerleri ortalama 0.40±0.01-0.53±0.04mg/l ve O₂ değerleri ortalama 5.67±0.02-7.09±0.26mg/l olarak belirlenmiştir.

4.2. Anaç Balıkların Ağırlık Verileri

Adaptasyon süresi sonunda cinsi olgunluğa gelen anaçların ağırlık verileri Çizelge 4.2.1.’de verilmiştir.

Çizelge 4.2.1. Çalışmada kullanılan dişi ve erkek anaç ağırlıkları (g) (n=16)

No	1	2	3	4	5	6	7	8
Dişi	0.732	0.813	0.685	0.885	0.782	0.584	0.707	0.873
Erkek	0.356	0.410	0.338	0.420	0.272	0.375	0.343	0.437

Çalışmada kullanılan dişi anaçların ortalama ağırlıkları 0.76±0.0g, erkek anaçların ortalama ağırlıkları 0.37±0.02g olarak belirlenmiştir.

4.3. Anaç Balıkların Büyüme Parametreleri

Çalışmada adaptasyon yani; balıkların ticari firmadan temin edilip yumurtlamaya hazır hale gelinceye kadar olan 6 aylık süre içerisinde belirlenen, balıkların ağırlık, boy ile balıkların yaşama oranı, kondisyon faktörü, canlı ağırlık artışı ile oransal ağırlık artış verileri Çizelge 4.3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3.1. Çalışma süresince ölçülen balıkların boy, ağırlık değerleri, kondisyon faktörü, yaşama oranı, canlı ağırlık artışı ve oransal ağırlık artışı

Parametreler	Başlangıç	Final
Ağırlık (g)	0.43±0.01	0.62±0.01
Boy (cm)	3.63±0.07	4.19±0.01
Kondisyon Faktörü	0.93±0.08	0.85±0.02
Yaşama Oranı (%)	100	
Canlı Ağırlık Artışı (g)	0.19±0.02	
Oransal Ağırlık Artışı (%)	49.49±7.71	

4.4. Beslenme Davranışı ile İlgili Bulgular

Anaç adaptasyon süresince beslenen zebra balıkları yemleme sırasında yüzeyden ve su içinde asılı kalan yemleri tüketme davranışı göstermişler fakat dibe çöken yemlere ilgi göstermemişlerdir.

4.5. Anaç Balıkların Üreme Öncesi Davranışları ile İlgili Bulgular

Dişi ve erkek balıkların üreme öncesi birbirlerinden farklı bir görünüme sahip oldukları görülmüştür. Üreme öncesi dişinin daha büyük bir vücuda ve şiş bir karına sahip olduğu erkeğin ise daha küçük ve yanlardan basık torpil şeklinde daha düz bir vücuda sahip olduğu bunun yanında ise renk pigmentlerinin arttığı ve parlak canlı renkler sergilediği gözlemlenmiştir. Akvaryumda erkek balığın ve dişi balığın beraber yüzmeye başladıkları, erkek balığın dişiye yakın yerlerde yüzme davranışları da gösterdiği ve aralarında kovalama hareketlerinin olduğu gözlemlenmiştir.

4.6. Anaç Balıkların Yumurtlama Davranışları ve Yumurtalar ile İlgili Bulgular

Yumurtlamadan önceki günün akşam saatlerinde üreme akvaryumlarına bırakılan çiftlerin ertesi günün erken saatlerinde yumurtladığı belirlenmiştir. Koruma materyali olarak bir tül gerilerek hazırlanan yumurtlama akvaryumunda dişi ve erkek balığın kurlaşmaları ve kovalamacaları sonrasında yumurtlamanın gerçekleştiği görülmüştür. Yumurtaların şeffaf

olduğu ve tüldeki boşluklardan geçerek akvaryum dibine düştüğü, yapışkan olmadığı görülmüştür.

4.7. Yumurta ve Yumurtadan Çıkan Larvaların Gelişimi

Anaç balıkların yavru bakımını gerçekleştirmedikleri ve yumurtaları yeme eğiliminde oldukları görülmüştür. Üremenin gerçekleştirildiği süre içerisinde 1. Anaç balık çiftinin tek yumurtlama döneminde bıraktıkları yumurta ile embriyonik gelişim ve yumurtadan çıkan larvaların boyca büyümelerini saptamak için akvaryum dip kısmında toplanan yumurtalar tek tek sayılmıştır. 2. Anaç çiftimiz ile bir kez üreme davranışı görüldükten sonra iki üreme dönemi arası 2 ay gibi bir süre sonucu ikinci kez üreme belirlenmiştir. İlk kez yumurtlayan dişi 161 tane ikinci kez yumurtladığında ise 590 tane yumurta sayılmıştır. Üçüncü çift ile yapılan araştırmada ise farklı sıcaklıklarda ki yumurta açılımı ve larvalarda boyca büyüme belirlenmiştir.

4.8. Yumurta Verimlilikleri ile İlgili Bulgular

Çalışmada kullanılan üç farklı zebra anaçlarının ağırlıkları, yumurta sayıları ve arasındaki ilişki Çizelge 4.8.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8.1. Çalışmada kullanılan zebra anaç ağırlıkları ve yumurta sayıları arasındaki ilişki

Kullanılan Anaç Çifti	Anaç Ağırlıkları (g)		Yumurta Sayıları (adet)
	Dişi	Erkek	
1	0.813	0.410	161
2	0.685	0.338	230
3	0.885	0.420	590
R ²	0.45		

Çalışmada kullanılan anaçların ağırlıkları ile yumurta sayıları arasında yapılan regresyon analizinde $y=1527.7x-886.48$ şeklinde doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($R^2= 0.45$, $p=0.531$).

Çalışmada kullanılan zebra balıklarının yumurta çapları Çizelge 4.8.2.de, anaç ağırlıkları ve yumurta çapları arasındaki ilişki Çizelge 4.8.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8.2. Çalışmada ölçülen zebra balıklarının yumurta çapları (µm)

Ölçülen Yumurta adeti	Yumurta çapları (µm)		
	1. anaç	2. anaç	3. anaç
1	1059.24	1125.64	1097.61
2	1024.42	1076.46	1067.03
3	1012.36	1029.64	1067.02
4	1012.22	1101.01	1090.81
5	1079.65	1104.40	1093.82
6	1063.52	1141.70	1090.81
7	1052.79	1101.01	1056.83
8	1048.13	1104.40	1080.62
9	1014.65	1114.60	1090.81
10	1054.93	1104.40	1039.84
Ortalama	1040.30±7.29 ^a	1100.33±9.04 ^b	1077.52±5.72 ^b

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Çalışmada zebra balıklarının döllenme sonrası ilk 30 dakikada ölçülen yumurta çapları incelendiğinde en büyük yumurta çapının 2. çift anaçtan (1100.33±9.04µm), en küçük yumurta çapının ise 1. çift anaçtan (1040.30±7.29µm) elde edildiği ve istatistiki farkın önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

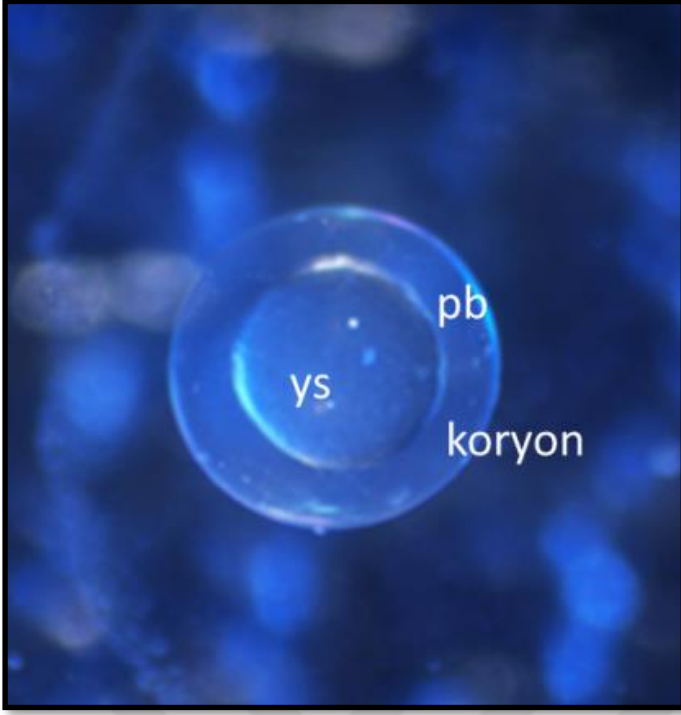
Çizelge 4.8.3. Çalışmada kullanılan zebra balığı anaç ağırlıkları ve yumurta çapları (µm)

Kullanılan Anaç Çifti	Anaç Ağırlıkları (g)		Yumurta Çapları (µm)
	Dişi	Erkek	
1	0.813	0.410	1040.30±7.29
2	0.685	0.338	1100.33±9.04
3	0.885	0.420	1077.52±5.72
R²	0.27		

Çalışmada kullanılan anaç ağırlıkları ile yumurta çapları arasında yapılan regresyon analizi sonucunda $y=155.4x+1196.2$ şeklinde doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($R^2= 0.27$, $p=0.652$).

4.9. Yumurtaların Embriyonik Gelişimine Ait Bulgular

Çalışmada, dölenen yumurtaların zigotlarının küre şeklinde olduğu belirlenmiştir. Döllenme sonrası ilk 20-30 dakikada yapılan mikroskop altındaki incelemelerde, perivitellin boşluğun (koryon ile yumurta sarısı arasında ki kısım) oldukça geniş olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9.1)



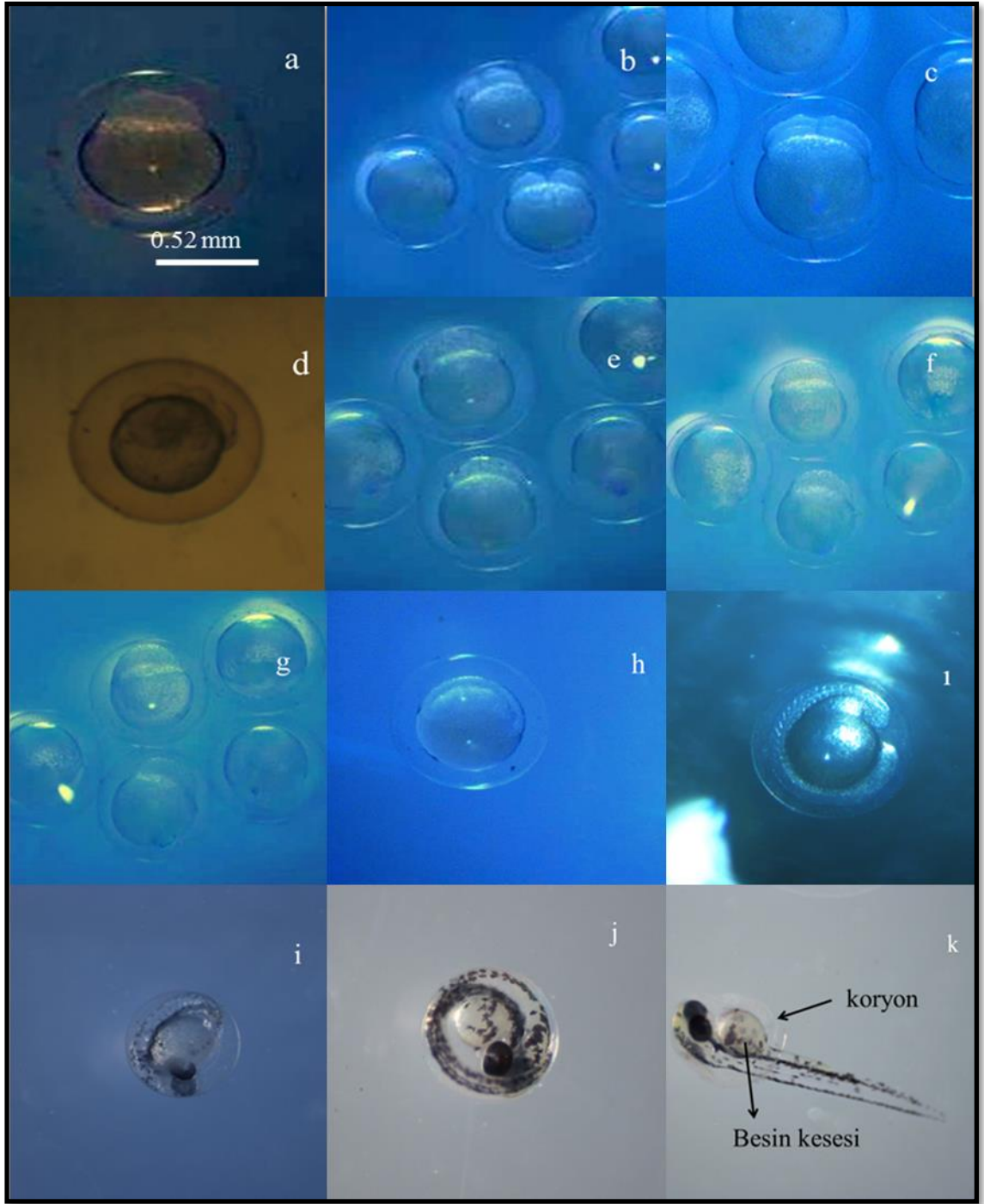
Şekil 4.9.1. Döllenmiş zebra balığı yumurtası (ys: yumurta sarısı, pb: perivitellin boşluk, koryon) (Orijinal)

Çalışmada, döllenmemiş olan yumurtaların mat-beyaz renkteki bir görünüme sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9.2). Bu yumurtalar zamanla canlılığını yitirmektedirler. Bazı döllenmiş yumurtalarda da gelişim sürecinde bozulmalar ve mantarlaşmalar meydana gelmiş, bunun sonucunda yumurtalarda da şekilsel farklılık ve renkte matlaşmalar gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9.2. Canlılığını yitiren zebra balığı yumurtası (orijinal)

Çalışmada embriyonik gelişim için kullanılan döllenmiş yumurtaların ilk 30 dakika alınan ortalama çapları: $1040.30 \pm 7.29 \mu\text{m}$ (yaklaşık 1,04 mm) bulunmuştur. Birinci çift anaç zebra balıklarından elde edilen yumurta ve larvaların gelişim aşamaları Şekil 4.9.3’de verilmiştir.



Şekil 4.9.3. 26.50°C sıcaklıkta Zebra balığı yumurtalarının embriyonik gelişim safhaları (orijinal) (a: 20-30 dk aralığı blastodisk görünümünün oluşumu; b: 45. Dakika 2 blastomerli evre; c:70.dk 4 blastomerli evre; d: 90. dk. 8 blastomerli evre; e:135. dk blastula evresi; f:180.dk embriyo; g: 210.dk embriyo; h: 8. saat gastrula evresi ve epiboli oluşumu; ı: 24.saat segmentasyon evresi; i: 48 saat gözlü yumurta görünümü; j: 72.saat renklenmede artış; k: 72-96 saat yumurtadan çıkış (koryon ile birlikte)

Şekil 4.9.3.'te zebra balığı yumurtalarının şeffaf olması sayesinde stoplazada blastodisk oluşumu net bir şekilde görülmüştür. Teleosital (vitellusu çok olan yumurta) olan zebra balığı yumurtalarında, bu evrede stoplazma animal kutuba doğru yassılaşıp yoğunlaşmış ve blastodisk adını verilen hücre bölünmelerinin şekillendirdiği yapının meydana geldiği görülmüştür. Şekil 4.9.3.b'de döllenme sonrası 45. dakikadan sonra blastodisk ortasından dikey bir şekilde ilk bölünmeye uğraması ve iki eşit ölçüdeki blastomerin oluştuğu görülmüştür. Şekil 4.9.3.c'de zebra balığı yumurtalarında iki eşit bölünme sonucunda oluşan dört blastomer oluşumu verilmiştir. Bu çalışmada bu evre 70. dakika sonucu oluştuğu belirlenmiştir. Çalışmada, döllenmeyi takiben 90. dakikada gerçekleşen sekiz blastomerli safha Şekil 4.9.3 d'de verilmiştir. Bu evreyi takiben, çalışmada döllenmeden sonraki 135. dakikada (Şekil 4.9.3.e) dik bölünmelerin yatay bölünmelere geçtiği blastula evresine geçildiği belirlenmiştir. Döllenmeden sonraki 180.dakika blastomer hücrelerinin yükselerek animal kutupta yoğunlaştığı izlenmiş ve burada üst üste tabaka oluşturmuşlardır (Şekil 4.9.3.f). Blastodisk bu evrede düzleşmeye başlamıştır. Şekil 4.9.3.g'de döllenmeden sonraki 210. dakikada blastomer hücrelerinin düzleştiği ve daha pürüzsüz bir görünüme ulaştığı görülmektedir. Döllenme sonrası 8. saat embriyonun gastrula evresine geçtiği ve blastoderm hücrelerinin vitellus üzerinde yayılması ve incilmesiyle epiboli oluşturduğu görülmektedir. Blastoderm daha düz bir hale gelmesi Şekil 4.9.3.h'de verilmiştir. Şekil 4.9.3.ı'da döllenme sonrası 24. saat verilmiş olup bu evrede embriyoda segmentasyon periyodu ile somitelerin görüldüğü belirlenmiştir. Bu evrede embriyo artık balık şekline benzemeye başlamıştır. Döllenme sonrası. 48. saat yapılan çekimlerde embriyolarda gözler belirlenmiş, deride renk pigmentlerinin oluşumu, kalp atışları ve hücrelere kan akışının başladığı görülmüştür (Şekil 4.9.3. i). Şekil 4.9.3. j'de döllenme sonrası 72.saat embriyoda renk pigmentasyonun arttığı gözlenmiştir. Döllenme sonrası 72-96 saat arası yumurtadan larva çıkışı görülmüştür. Şekil 4.9.3.k'de larvanın çoğunlukla hareketsiz olduğu belirlenmiştir. Yumurtadan yeni çıkmış zebra balığı larvaları, akvaryumun dip kısımlarda ve akvaryum camlarına yapışık bir şekilde suda asılı olarak durdukları gözlenmiştir.

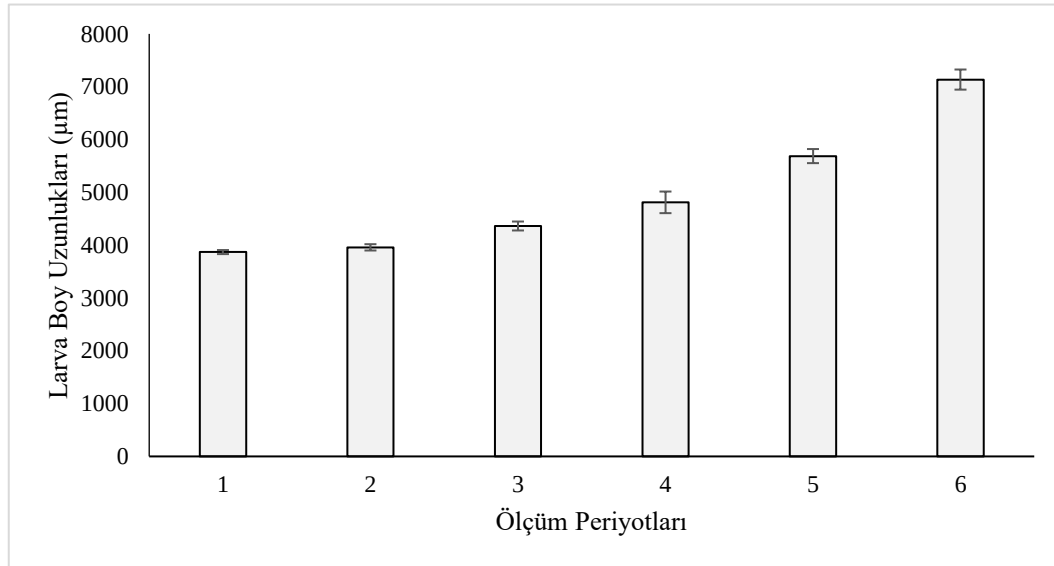
4.10. Larval Gelişim Basamakları ile İlgili Bulgular

Yumurtadan 26.5°C de gelişimlerini tamamlayarak 72-96 saat aralığı sonunda çıkan larvaların Çıplak gözle bakıldığında, larva, siyah renkte görülmektedir fakat mikroskopta yapılan incelemede ise siyah renk pigmentleri derisinde ve besin kesesinde beliren ve şeffaf bir görünüme sahip oldukları besin kesesinin açık sarı renkte olduğu görülmüştür. Yumurtadan çıkan larvaların 6 haftalık (42 günlük) boy uzunlukları Çizelge 4.10.1’de ve Şekil 4.10.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.10.1. Zebra balığı larvalarının 6 haftalık boy uzunlukları (µm) (26.5°C)

Larva adet	Larva Boyları (µm)					
	1-Ölçüm	2 Ölçüm	3 Ölçüm	4 Ölçüm	5 Ölçüm	6 Ölçüm
1	3737.2	3495.08	4138.1	6163.99	5697.35	7390.38
2	3679.34	4022.49	4661.86	4473.41	6249.5	7690.45
3	3807.7	4029.65	4251.79	5849.59	5504.89	6268.87
4	3980.57	4004.76	4395.44	4695.22	5476.63	6122.1
5	3787.96	3927.6	4854.02	4866.6	5538.51	6505.24
6	3831.58	4040.19	4722.98	4504.43	5121.68	7708.25
7	3916.9	3942.61	4195.09	4158.87	5656.21	7757.65
8	3846.8	4278	4136.12	4109.09	5091.29	7021.95
9	4031.53	4012.85	4200.09	4445.17	6161.54	7728.74
10	4071.7	3828.94	4070.21	4838.93	6366.89	7154.8
Ort	3869.13±38.45	3958.22±59.65	4362.57±84.61	4810.53±204.60	5686.45±133.37	7134.84±190.49

Çalışmada, başlangıçta ortalama 3869.13±38.45µm uzunluğa sahip larvalar 6 hafta sonrasında ortalama 7134.84±190.49µm uzunluğa ulaşmıştır.



Şekil 4.10.1. Ölçüm periyotlarına göre zebra balığı larvalarının 6 haftalık ortalama boy uzunlukları (µm).

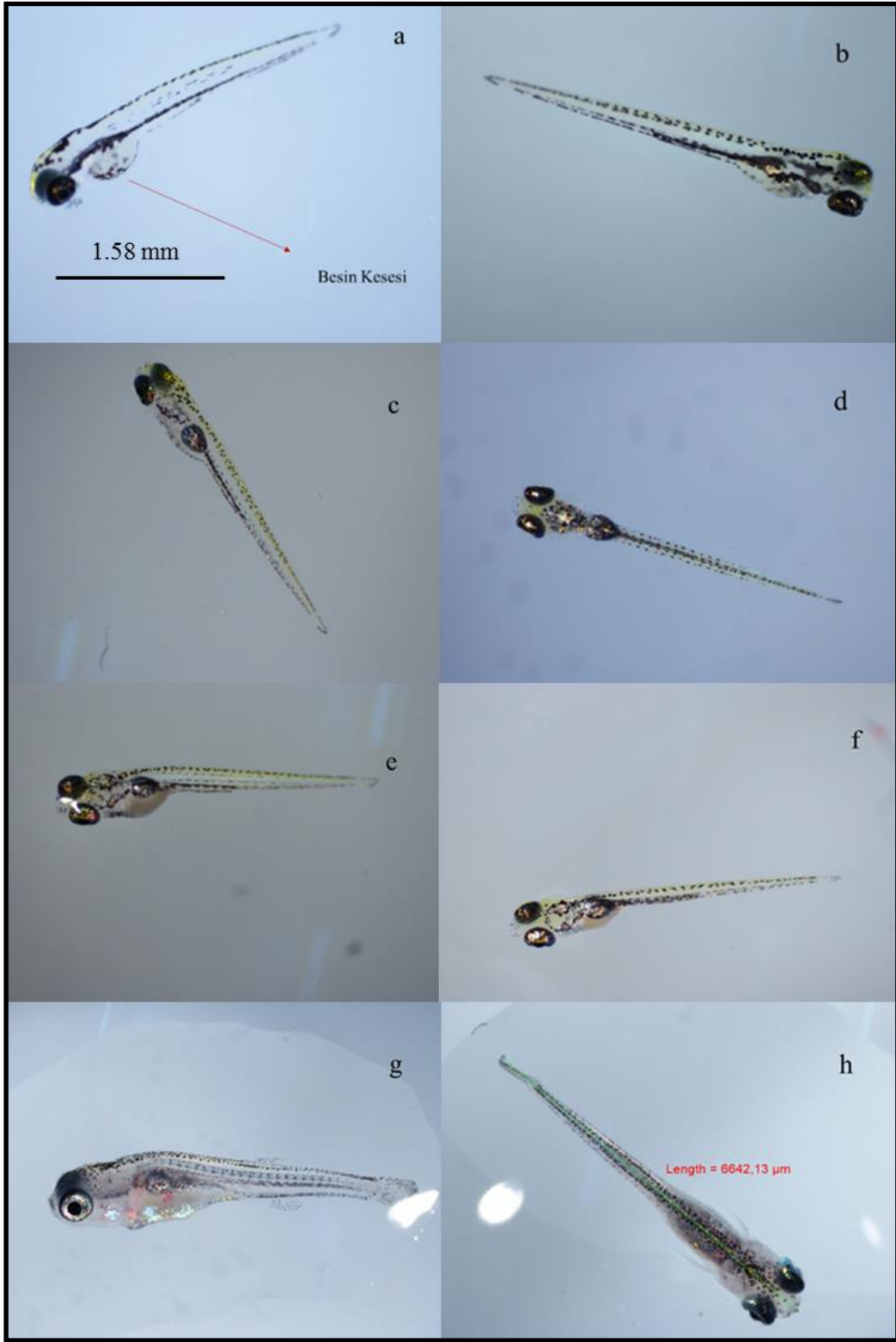
Yumurtadan çıkan larvaların 6 haftalık (42 günlük) boyca oransal büyüme oranları (BOB,%) Çizelge 4.10.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.10.2. Zebra balığı larvalarının boyca oransal büyüme oranları (BOB,%)

Larva adet	Boyca Oransal Büyüme (%)
1	97.75
2	109.02
3	64.64
4	53.80
5	71.73
6	101.18
7	98.06
8	82.54
9	91.71
10	75.72
Ortalama	84.61±5.36

Çalışmada kullanılan zebra balığı larvaların 6 haftalık boyca oransal büyüme oranlarının %84.61±5.36 olarak belirlenmiştir. Boyca oransal büyüme oranı en fazla 2. ölçüm döneminde (%109.02), en düşük 4. ölçüm döneminde (%53.80) olduğu belirlenmiştir.

Yumurtadan çıkan larvaların 1-42.gün arasında yapılan haftalık toplam boy uzunlukları ortalama 1. ölçümde 3869.13±38.45µm, 2. ölçümde 3958.22±59.65µm; 3. ölçümde 4362.57±84.61µm, 4. ölçümde 4810.53±204.60µm; 5. ölçümde 5686.45±133.37µm ve çalışma sonunda 7134.84±190.49µm olarak ölçülmüştür. Zebra balıklarının larval gelişim evreleri Şekil 4.10.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.10.2. Zebra balığı larval gelişim evreleri (a: 1. Gün; b: 2. Gün; c: 3. Gün; d: 4. Gün; e: 5. Gün; f: 8. Gün; g: 30. Gün; h 35. Gün)

Yumurtadan çıktıktan sonra ölçümü yapılan larvanın total boyu 3174.89 μ m, kafa 540,37 μ m, besin kesesinin eni 459.64 μ m, boyu 254.02 μ m olarak ölçülmüştür.

Çalışmada, Şekil (4.10.4.a) yumurtadan çıkan larvanın birinci günde yüzgeçler, kalp, besin kesesi görülmektedir. Larvanın besin kesesini tüketmediği, şeffaf bir yapıya sahip olduğu ve göz çukurunda siyah renklenme ile beraber siyah renk hücrelerinin kafa, tüm vücut ve besin kesesi üzerinde dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu evrede, larvanın ağız ve anüs açıklığının oluşmadığı belirlenmiştir. Larvaların şeffaf olması nedeniyle kan dolaşımı, açık pembe renkli kalp ve kalp atışı gözlemlenmiştir. Yumurtadan çıkışın 2. gününde (Şekil 4.10.4.b) pektoral ve kuyruk yüzgeçlerinin oluşmaya başladığı belirlenmiştir. Larvalar akvaryum içinde, yapışık halde dibe ya da cam kenarlarına tutundukları belirlenmiştir. Yumurtadan çıkışın 3. gününde (Şekil 4.10.4.c) ve larvaların besin keselerini tükettikleri hava keselerinin şişmeye başlayarak serbest yüzme davranışı gösterdikleri belirlenmiştir. Larvaların bütün vücut kısımlarının geliştiği ve zebra balığının belirleyici çizgilerinin oluştuğu gözlenmiştir. Larvalar haşlanmış yumurta sarısı süspansiyonu ile beslenmeye başlanmıştır. Yumurtadan çıkışın 4.gününde (Şekil 4.10.4. d) siyah renk pigmentlerinin yanında sarı renk pigmentleri de tüm deride ve kafada görülmeye başlamıştır. Yumurtadan çıkışın 5.günü. (Şekil 4.10.4.e) deride ki sarı ve siyah renk pigmentlerinde artış gözlenmiştir. Larva oldukça şeffaf bir görünüme sahip olduğu için fotoğrafta mide bölgesine bakıldığında beslendiği yumurta sarısı süspansiyonu çok net görülmüştür. Yumurtadan çıkışın 35. günü (Şekil 4.10.4.h) larval gelişimin tamamlandığı ve larvaların juvenil döneme geçtiği gözlemlenmiştir. Renk pigmentlerinin oldukça arttığı yüzgeçlerde renklenmede artış görülmüştür. Bu evreden itibaren ergin bireye benzerlik görülmüş ve küçük bir zebra balığı görünümünü almıştır. Boy ölçümü yapılan genç zebra balığının 6642,13µm uzunluğa sahip olduğu bulunmuştur.

4.11. İki Yumurtlama Arası Geçen Süre ve Yumurta Sayıları ile İlgili Bulgular

İkinci anaç çifti ile iki yumurtlama arası süre, yumurtlama verimi, yumurta çapı, yaşama oranı bulunmuştur. Anaç çifti ilk yumurtlamayı 3 Mart 2015 tarihinde gerçekleştirmiş ve 161 adet yumurta tespiti yapılmıştır. Yumurtadan çıkış oranı %34 bulunmuştur. Anaç çiftine ait ilk üreme davranışı gözlemlendiğinde üreme öncesi dişi zebra balığının ağırlığı 0.813g, erkek zebra balığının ağırlığı 0.410g olarak ölçülmüştür. Üreme sonrası bu ağırlıklar dişi zebra balıklarında 0.627g, erkek zebra balıklarında 0.406g olarak tespit edilmiştir. İlk üremeden sonra 6 Mayıs 2015 tarihinde aynı anaçlarda ikinci kez üreme

davranışı görülmüş ve alınan yumurta sayısı 590 adet olarak belirlenmiştir. Yumurta sayılarının farklı olmasının sebebi ise zebra balığının asenkron yumurtlayan bir balık türü olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda bu balıkların ilk yumurtlamada genelde düşük, daha sonraki üreme davranışlarında daha yüksek miktarda yumurta elde edildiği bildirilmiştir (Spence ve Smith 2006; Sessa ve ark., 2008; Hensley ve Leung, 2010; Kurtzman ve ark., 2010; Adatto ve ark., 2011; Lawrence, 2011).

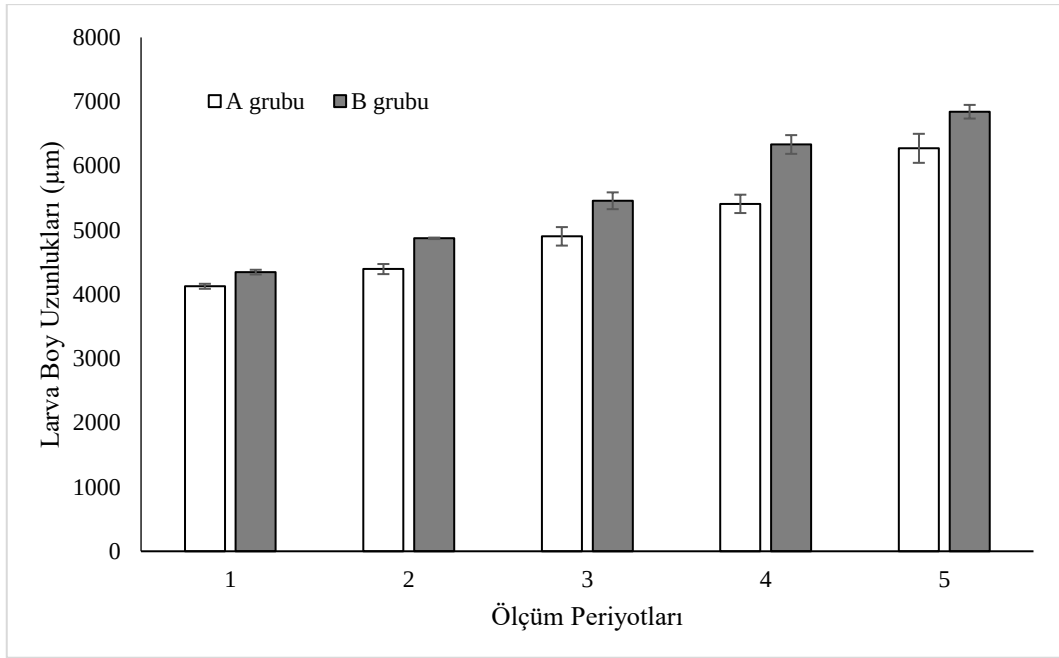
4.12. Farklı Su Sıcaklıklarının Yumurtadan Çıkış Oranına ve Larval Büyümeye Etkisinin Belirlenmesine Ait Bulgular

Üçüncü anaç çifti ile yapılan bu araştırmada farklı su sıcaklıklarının yumurta açılım oranları ve yumurtadan çıkan larvaların boyca büyümeleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yumurtlama sonucu toplam 230 adet yumurta sayımı gerçekleştirilmiştir. Bu yumurtalardan 120 tanesi iki farklı sıcaklık değerlerinde (A grubu/24.9°C ve B grubu/26.9°C) bir deneme düzeneğine konarak yumurtadan çıkış oranları ve yumurtadan çıkan larvaların 35 gün boyunca farklı sıcaklık değerlerinde boyca oransal büyüme parametreleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda larvaların çıkış oranları A grubunda %90.00±5.00, B grubunda %91.67±2.72 olarak belirlenmiştir. Zebra balığı larvalarının farklı su sıcaklıklarında ölçülen haftalık boy uzunlukları (µm) ve boyca oransal büyüme verileri Çizelge 4.12.1’de ve Şekil 4.12.1’de ve Çizelge 4.12.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.12.1. Haftalık olarak ölçülen zebra balığı larvalarının boy uzunlukları (µm) ve boyca oransal büyüme verileri

Ölçüm Sayıları	Larva boyu (µm)		p değeri
	A grubu/ 24.9°C	B grubu /26.9°C	
1. Ölçüm	4125.37±38.95 ^a	4346.06±36.75 ^b	P=0.001
2. Ölçüm	4393.75±78.60 ^a	4872.35±11.29 ^b	P= 0.001
3. Ölçüm	4903.03±144.03 ^a	5566.08±130.77 ^b	P= 0.014
4. Ölçüm	5408.69±142.82 ^a	6333.33±145.80 ^b	P= 0.001
5. Ölçüm	6273.43±226.01 ^a	6843.17±106.23 ^a	P= 0.088

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).



Şekil 4.12.1. Haftalık olarak ölçülen zebra balığı larvalarının boy uzunlukları (µm)

Başlangıçta $4125.37 \pm 38.95 \mu\text{m}$ boya sahip olan A grubu larvalarının çalışma sonunda $6273.43 \pm 226.01 \mu\text{m}$ ulaştığı belirlenmiştir. B grubunda ise başlangıçta $4346.06 \pm 36.75 \mu\text{m}$ olan zebra balığı larvalarının çalışma sonunda $6843.17 \pm 106.23 \mu\text{m}$ uzunluğa ulaştığı belirlenmiştir. Çalışmada, sıcaklık farkının zebra balığı larvalarında büyümeyi etkilediği ve 26.9°C 'da daha iyi bir büyüme performansı gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Çalışmada kullanılan zebra balığı larvalarının boyca oransal büyüme (BOB) verileri Çizelge 4.12.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.12.2. Zebra balığı larvalarının ölçüm dönemlerinde boyca oransal büyüme (BOB) verileri

Ölçüm Dönemleri	Boyca Oransal Büyüme (%)	
	A grubu/ 24.9°C	B grubu / 26.9°C
1-2. Ölçüm periyodu	6.51	12.11
2-3. Ölçüm periyodu	11.59	12.00
3-4. Ölçüm periyodu	10.31	16.06
4-5. Ölçüm periyodu	15.99	21.89
Ortalama	12.63 ± 1.69^a	26.65 ± 2.01^b

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$).

Zebra balığı larvalarının farklı sıcaklıklardaki boyca büyüme oranları değerlendirildiğinde A grubunun ortalama $\%12.63 \pm 1.69$, B grubunun ortalama $\%26.65 \pm 2.01$ olduğu belirlenmiş ve istatistiki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).



5.TARTIŞMA

Çalışma süresince, zebra balıklarının anaç olgunluğuna adaptasyonu, inkübasyon, embriyo ve larval gelişim takibinde yapılan su parametreleri incelendiğinde; su sıcaklığı en yüksek anaç akvaryumunda (26.86 ± 0.16), en düşük adaptasyon akvaryumunda (24.89 ± 0.23)°C ölçülmüştür. pH değerleri ortalama 8.11 ± 0.01 - 8.70 ± 0.03 , NH_4 değerleri ortalama 0.40 ± 0.01 - 0.53 ± 0.04 mg/l ve O_2 değerleri ortalama 5.67 ± 0.02 - 7.09 ± 0.26 mg/l olarak belirlenmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda; Detrich ve ark. (2004), zebra balıklarının standart yetiştirme sıcaklıklarının 26-29°C arasında tutulması gerektiğini; Reed ve Jennings (2010), bu balıklarda büyüme ve üreme için en uygun sıcaklığın 28.5°C olması gerektiğini bildirmişlerdir. Literatürdeki su parametreleri değerlendirildiğinde, bu balıkların pH değerlerinin 7-8 (Westerfield, 1995; Lawrence, 2007) Amonyak (NH_4^+) değerinin 0-0.05 mg l⁻¹ arasında; çözülmüş oksijen değerinin 28°C’ de 5.5–8 aralığında ve optimum 7.5mg l⁻¹ olması gerektiğini bildirilmiştir (Detrich ve ark. 2004; Lawrence, 2007; Lawrence ve ark., 2012a; Ribas ve Piferrer, 2014). Çalışmadaki sıcaklık ve oksijen değerlerimizin bu verilen literatürlerle benzerlik gösterdiği, belirlenmiştir.

Çalışmada cinsi olgunluğa erişmiş dişi anaçların ortalama ağırlıkları $0.76 \pm 0.0\text{g}(n=3)$, erkek anaçların ortalama ağırlıkları $0.37 \pm 0.02\text{g}(n=3)$ olarak belirlenmiştir. Ribas ve Piferrer, (2014), çalışmalarında kullandıkları dişi anaçların 0.9g; erkek anaçların 0.6g ağırlıkta olduğu belirlenmiştir. Bu literatürde kullanılan anaçlar çalışmamızdaki anaçlar ile yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Anaç balıklara adaptasyon ve kondisyon kazandırmak amacı ile yapılan çalışmada zebra balıklarının 6 aylık süre boyunca, yemleri su yüzeyinden veya suda asılı iken aldıkları belirlenmiştir. Spence ve ark. (2008), zebra balıklarının bu çalışmaya benzer bir şekilde su yüzeyinden ve su kolonundan beslendiklerini, akvaryum dibinden yem almadıklarını bildirmiştir.

Üreme öncesi davranışları gözlemlendiğinde, akvaryumda erkek balığın ve dişi balığın beraber yüzmeye başladıkları, erkek balığın dişiye yakın yerlerde yüzmeye davranışları da gösterdiği ve aralarında kovalama hareketlerinin olduğu gözlenmiştir. Spence ve ark. (2006), zebra balıklarında kur yapma davranışlarını, erkeğin dişiye yakın bir yerde hızla yüzmesi, sık sık burnunun yanına dokunması, yumurtlama bölgesine götürmeye çalışırken sıkıca önünde dolanma şeklinde olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan farklı çalışmalarda, dişi ve erkek zebra balıklarının yumurtlama sonrası yumurta ve yavru bakımları yapmadıkları bildirilmiştir (Sessa ve ark., 2008; Reed ve Jennings, 2010; Adatto ve ark., 2011). Spence ve ark. (2007a) zebra balığı yumurtalarını anaçlardan korunması için akvaryuma koruma materyali çakıl veya bitki örtüsü eklemenin gerekli olduğunu bildirmiştir. Bu literatürlerden destekle yumurtalama akvaryumunda, yumurtaları koruma materyali olarak bir tül gerilmiştir. Bu sayede anaçların yumurtalara zarar vermesinin engellendiği belirlenmiştir. Dişi ve erkek balığın kurlaşmaları ve kovalamacaları sonrasında yumurtlamanın gerçekleştiği anaç balıkların yavru bakımını gerçekleştirmedikleri ve yumurtaları yeme eğiliminde oldukları gözlemlenmiştir.

Çalışmada kullanılan anaçların ağırlıkları ile yumurta sayıları arasında yapılan regresyon analizinde orta derecede bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($R^2=0.45$, $p=0.531$). Spence ve Smith (2006) ise erkek zebra balığın vücut büyüklüğünün, yumurta sayısı üzerinde etkisi olmadığını bildirmiştir ($R^2=-0.28$).

Çalışmada zebra balıklarının yumurta çapları incelendiğinde en büyük yumurta çapının 2. Çift anacın ($1100.33 \pm 9.04 \mu m$), en küçük yumurta çapının ise 1. Çift anaçtan ($1040.30 \pm 7.29 \mu m$) elde edildiği bulunmuştur. Yapılan farklı çalışmalarda zebra balığı yumurta çaplarını Lee Webb ve Miller (1999), 0.7mm; 1.0-1.5mm olarak bildirmiştir. Çalışmadaki yumurta çapları ile Matthews ve ark. (2002)'nin yapmış oldukları çalışmaya benzer, Lee Webb ve Miller (1999)'ın yapmış oldukları çalışmadan yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılıkların kullanılan anaçların özelliklerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmada, zebra balığı yumurtalarının döllenme sonrasında zigot, blastodisk oluşumu, 2'li bölünme, 4'lü bölünme, 8'li bölünme evreleri ilk 90 dakikada gözlenmiştir. 2 saat 15 dakikada blastula evresine, 8.saat gastrula evresine geçtiği, 24.saat segmentasyon evresine geçtiği görülmüştür 24-72 saat aralığında renk pigmentleri ve organ gelişimleri izlenmiş ve 72-96 saat arasında yumurtadan çıktığı belirlenmiştir. Döllenme sonrasında zigotun küre şeklinde olduğu, ilk 20-30 dk aralığı blastodisk oluşumunun başladığı, 45. Dakikada blastodiskin bölünerek 2 blastomerli evreye geçtiğini; 70.dakikada tekrar bölünerek 4 blastomerli evreye geçtiği; 90. dk. 8 blastomerli evrenin oluştuğu görülmüştür. Döllenme sonrası 135. dakika yani 2 saat 15 dakikalık süreçte blastula evresine geçildiği bölünmelerin yatay şekle geçtiği ve blastomer sayılarında yüksek miktarda artış olduğu

görülmüştür. Döllenme sonrası 8. saat embriyonun gastrula evresine geçtiği ve blastoderm hücrelerinin vitellüs üzerinde yayılması ve incelmesiyle epiboli oluşturduğu görülmektedir. 24.saat ise embriyoda segmentasyon periyodu ile somitelerin görüldüğü belirlenmiştir. Bu evrede embriyo artık balık şekline benzemeye başlamıştır. 48 saat embriyolarda gözler, deride renk pigmentleri, kalp atışları ve hücrelere kan akışının başladığı görülmüştür. 72.saat embriyoda renk pigmentasyonun arttığı gözlenmiştir. Döllenme sonrası 72-96 saat arası yumurtadan larva çıkışı görülmüştür. Hisaoka ve ark., (1958), yaptıkları çalışmada blastodermin besin kesesinin $\frac{3}{4}$ 'ünü örttüğü süreçte yavaş ve hızlı gelişen hücreler olduğunu besin kesesini saran hücrelerin çoğunun bu hücrelerden oluştuğunu ve hızlı gelişen hücre gruplarına epiboli dendiğini bildirmişlerdir. Kimmel ve ark., (1995), zebra balığı yumurtalarının embriyonik gelişiminde, 28.5°C su sıcaklığında, döllenme sonrası 0-45. dk-1 saat arası zigot oluşumu, 45.dk 2'li blastomer evresi, 1.saat 4'lü blastomer evresi, 75.dakika 8'li blastomer evresi, 135-315. dakika arası blastula evresine geçtiğini, 5saat 15 dk -10 saat arası gastrula evresine geçtiğini, 10-24saat arası segmentasyon evresi, 24-48 saat arası faringula evresi ve son olarak 48-72 saat arası ise yumurtadan çıkışın gerçekleştiğini bildirmiştir. Ekici (2007), döllenme sonrası 45.dakika 2'li blastomer evresi, 1.saat 4'lü blastomer evresi, 75.dakika 8'li blastomer evresi, 135. dakika blastula evresine geçtiğini, 7saat 45dk sonra epiboli görüldüğünü, 12-17saat arası segmentasyon evresinin görüldüğünü 48. saat deride pigmentasyon gözler kalp ve kan dolaşımı ile 48-72 saat arası ise yumurtadan çıkışın gerçekleştiğini bildirmiştir. Şişman (2007) zebra balıklarının döllenme sonrası ilk 25 dakikada blastodisk oluşumunu, 45.dakika 2'li blastomer evresi, 1.saat 4'lü blastomer evresi, 75.dakika 8'li blastomer evresi, 1.5-5.3 saat arası blastula evresine geçtiğini, 5.3-10 saat arası gastrula evresine geçtiğini, 10-24saat arası segmentasyon evresine, 24-48 saat arası faringula evresine geçtiğini ve 48-72 saat arası ise yumurtadan çıkışın gerçekleştiğini aynı şartlar altındaki yumurtaların çoğunun koryondan çıkma zamanları oldukça değişik olduğunu fakat bu sürenin normal olarak 26°C' de yaklaşık 72. saatte tamamlandığını bildirmiştir. Spirita Sharmili ve Ahila Angelin (2015) çalışmalarında 25°C su sıcaklığında ve 7.9 pH değerlerinde; döllenme sonrası 45dk-1.30 saat arası bölünmelerin ve blastomer oluşumlarının başladığını, 45.dakika 2'li blastomer evresi, 1-1.25 saat arası 4'lü ve 8'li blastomer evresi, 2-4 saat arası blastula evresine geçtiğini, 4.saat gastrula evresine geçtiğini, 5saat 15 dakika sonunda epiboli hücrelerinin görüldüğünü ve 10 saatte tamamlandığını, 10.5-20saat arası segmentasyon evresi ve 48-96 saat arası yumurtadan çıkışın gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Yumurta

embriyonik gelişimi literatürleri ile mevcut çalışmamız arasında benzerlik olduğu, aradaki farklılıkların özellikle su sıcaklık parametrelerinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmada, yumurtadan 26.5°C de gelişimlerini tamamlayarak 72-96 saat aralığı sonunda yumurtadan çıkan larvanın 1. günde yüzgeçler, kalp besin kesesi görülmektedir. Derisinde ve besin kesesinde beliren siyah renk pigmentleri ve şeffaf bir görünüme sahip oldukları besin kesesinin açık sarı renkte olduğu, göz çukurunun siyah renkte olduğu görülmüştür. Larvanın ağız ve anüs açıklığının oluşmadığı, şeffaf olmaları nedeniyle kan dolaşımı, açık pembe renkli kalp ve kalp atışı gözlemlenmiştir. Yumurtadan çıktıktan sonra ölçümü yapılan larvanın total boyu 3174.89µm; kafa 540,37µm, besin kesesinin eni 459.64µm boyu: 254.02µm olarak ölçülmüştür. Yumurtadan çıkışın 2. gününde pektoral ve kaudal yüzgecin oluşmaya başladığı, Larvaların akvaryum içinde, yapışık halde dibe ya da cam kenarlarına tutundukları belirlenmiştir. Yumurtadan çıkışın 3. gününde larvaların besin keselerini tükettikleri hava keselerinin şişmeye başlayarak serbest yüzmeye başladıkları belirlenmiştir. Larvaların vücut kısımlarının geliştiği ve zebra balığının belirleyici enine çizgilerinin olduğu gözlenmiştir. Larvalar haşlanmış yumurta sarısı süspansiyonu ile beslenmeye başlanmıştır. Yumurtadan çıkışın 35. günü larval gelişimin tamamlandığı ve larvaların juvenil döneme geçtiği gözlemlenmiştir. Renk pigmentlerinin oldukça arttığı yüzgeçlerde renklenmede artış görülmüştür. Bu evreden itibaren ergin bireye benzerlik görülmüş ve küçük bir zebra balığı görünümünü almıştır. Boy ölçümü yapılan genç zebra balığının 6642,13µm uzunluğa sahip olduğu bulunmuştur. Çalışmada, 6 hafta boyunca boy ölçümleri yapılan larvaların ortalama 7134.84±190.49µm uzunluğa ulaştığı bulunmuştur. Alpbaz (1993)'e çalışmalarında, akvaryum balıkları larvaların yumurtadan çıkıştan sonraki 72-120 saat aralığında seri ve devamlı yüzme davranışında bulunduklarını, periyodun sonuna doğru hava keselerinin şişmeye başladığını ve besin keseleri tamamen bittiği için beslenmeye ihtiyaç duyduklarını ve haşlanmış yumurta sarısını severek tükettiklerini bildirmiştir. Zebra balığı larval gelişim çalışmalarında; Laale (1977) zebra balığı larvaları yumurtadan çıkış boylarının yaklaşık 3mm boyda olduklarını ve kafanın epidermisindeki küçük salgı hücreleri ile sert yüzeylere tutunabildiklerini bildirmiştir. Westerfield (1995), yumurtadan çıkan larvanın yaklaşık 3.5mm uzunluğunda olduğunu, 27 gün sonunda yaklaşık 1cm uzunluğuna ulaşan juvenil bireylerin ergin bireylere benzemeye başladığını, üreme olgunluğuna eriştiğinde 4-5cm uzunluğuna ulaştığını bildirmiştir. Kimmel ve ark.

(1995) zebra balıklarının inkübasyon süresinin koryonun kalınlığına ve içindeki embriyonun kas aktivitesine bağlı olarak, 28.5°C'de 48-72 saat arasında gerçekleşebileceğini, yumurtlama ve döllenme sonrası ilk 3 gün boyunca yumurtadan çıkışın meydana geldiğini bildirmiştir. Fleming (2007)'de yaptığı çalışmaya göre, döllenmeden 0-72 saat sonra embriyoların oluştuğunu, döllenmeden sonra ki 72 saat ile 30 gün arası larva dönemi olduğunu, 30 gün ile 3 veya 4 ay arasındaki dönemin ise larva döneminin sona erip artık genç bireyler olduklarını, cinsel olarak olgunlaştıklarında ise artık yetişkin zebra balıkları olduklarını bildirmiştir. Şişman (2007)'de yaptığı çalışmada zebra balıkları larvalarının yumurtadan çıkışından sonra pigmentasyonun yoğun olduğunu ve siyah renk pigmentlerinin yetişkin zebra balığının enine karakteristik çizgilerine benzemeye başladığını, göz çukurunun renklendiğini iç organların belirginleştiğini ve yarı şeffaf vücuttan görülebildiğini yüzgeçlerin belirginleştiğini larvaların kısa aralıklarla yüzmeye başladığını bildirmiştir. Parichy ve ark. (2009), zebra balığı larvalarının, genç bireylere ve yetişkinlere kadar metamorfoz süresinin, larva yüzgecinin tamamen kaybı, bağırsak ve sinir sistemi gibi özelliklerin yeniden düzenlenmesi gibi olayları içerdiğini gametlerin ortaya çıkmaya başladığını ve yetişkin balıklarda ikincil cinsel özelliklerin ortaya çıkmaya başladığını bildirmiştir. Spirita Sharmili ve Ahila Angelin (2015)'de yaptıkları çalışmada embriyonun yumurtadan çıktıktan birkaç saat besin kesesinin şeffaf, açık sarımsı renkte olduğunu, ağız ve anüs açıklığının oluşmadığını ve gözlerin hala yarı saydam olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırmaların bulguları ile çalışmadaki larval gelişim aşamaları benzerlik göstermektedir.

İki üreme aralığı arasında geçen süre ve elde edilen yumurta sayılarını belirlemek için alınan veriler doğrultusunda, anaç çiftinin ilk üreme davranışı görüldükten iki ay sonra ikinci kez üreme davranışı görülmüştür. İlk yumurtama davranışında 161, ikinci yumurtalama davranışında 590 adet yumurta bıraktığı belirlenmiştir. Reed ve Jennings (2010), zebra balıklarının her yumurtlama periyodunda farklı yumurta sayısı elde edilebileceğini, ilk yumurta sayısının az (yaklaşık 100 adet), ikinci yumurtalama sayısının daha fazla olabileceğini (1000'e yakın) bildirmiştir. Yapılan farklı çalışmalarda, dişi balıklarının her 14 günde bir yumurtlayacağını ve bu periyotlarda 200'den az yumurta verebileceği (Hensley ve Leung 2010; Kurtzman ve ark., 2010); daha önce yumurtlayan zebra balıklarının bir sonraki periyotta 300'e yakın yumurta bırakabileceği bildirilmiştir (Sessa ve ark., 2008; Adatto ve ark., 2011). Bu literatür ışığında yumurta sayılarının

benzerlik gösterdiğini yumurta sayıları üzerinde, balıkların genetik özellikleri başta olmak üzere çevresel parametrelerin etkili olduğu düşünülmektedir.

Farklı su sıcaklıklarının (A grubu 24.9°C ve B grubu 26.9°C) larval gelişim üzerine etkilerinin değerlendirildiği çalışmada, su sıcaklıklarının zebra balığı larvalarında büyümeyi etkilediği ve 26.9°C’da daha iyi bir büyüme performansı gösterdiği ($p<0.05$), düşük su sıcaklığındaki larva çıkış oranının A grubunda 90.00 ± 5.00 , yüksek su sıcaklığındaki B grubunda 91.67 ± 2.72 olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışmadaki zebra balığı larvalarının farklı sıcaklıklardaki boyca büyüme oranları değerlendirildiğinde A grubunun ortalama 12.63 ± 1.69 , B grubunun ortalama 26.65 ± 2.01 olduğu belirlenmiş ve istatistiki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$).Yapılan diğer çalışmalarda, zebra balığı üretimi ve sağlıklı larval gelişim takibi için su sıcaklık parametrelerini Kimmel ve ark., (1995) ve Bilotta ve ark. (1999) 28.5C; Vargesson (2007) ise 27-28.5°C arasında; Howells ve Betts (2009) 26-28°C arasında olması gerektiği bildirilmiştir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Akvaryum sektörü, dünya çapında yaygın bir hobi olmasından dolayı çok önemli bir ticaret hacmine sahip olup Türkiye bu sektörde konumunu geliştirebilecek potansiyele sahip bir ülke durumundadır. Bu amaçla yapılan bilimsel araştırmalar ile desteklenmiş verilerin elde edilmesi oldukça önemlidir. Bu noktada, tatlı, tuzlu ve acı su türlerinden oluşan çok sayıdaki balık, bitki, omurgasız canlı türlerini, bu canlıların yemlerini, ilaç ve bakım ürünlerini ve sistem kurulum ürünlerini de içerisine alan ve bu konuda yapılmış bilimsel çalışmalar akvaryum sektörün gelişimine katkı sağlanabilecektir.

İnsan ve diğer omurgalı canlıların gen yapısına benzerliği bakımından bilimsel araştırmalara uygunluğu ve akvaryum hobisi açısından ilgi çeken bir tür olması, bu araştırmaya konu olan zebra balığı (*Danio rerio*)'nı ön plana çıkaran ve tercih edilen bir tür konumuna getirmiştir. Akvaryum sektörü adına, yetiştiricilik koşullarına yönelik araştırmalar sınırlı sayıda kalmış, bu türün çevresel istekleri, üretim koşulları ve davranış özelliklerine yönelik araştırmalar yapılmasının gerekliliği bazı araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Reed ve Jennings, 2011; Nasiadka ve Clark, 2012; Avdesh ve ark., 2012; Kucharczyk ve ark.,2018)

Bu çalışmanın sonunda elde edilen veriler, yetiştiricilik uygulamalarının basamaklarını oluşturan, anaç stok seçimi ve çevresel koşullarının düzenlenmesi, anaç stoklarına kondisyon kazandırılması, yumurtlatma koşulları, yumurta-larva-ilk yavru dönemi gelişim süreçlerini içermektedir.

Yetiştiricilik uygulamalarının basamaklarını oluşturan konular üzerine elde edilen bu araştırma verilerinin, zebra balığı üretim çalışmalarına destek olacağı ve özellikle süs balıkları sektörünün ithal türler üzerine yoğunlaştığı Türkiye’de, üretim olanaklarının değerlendirilmesi adına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Zebra balığı türünün üretimi üzerine yürütülmesi planlanan sonraki araştırmalarda, çevresel parametrelerin etkileri, kaliteli anaç stok üretimi, anaç birey davranışları, akvaryum hobicilerinin ilgisini çekecek yeni varyetelerin üretimi, ilk dönem (larval - fry) yetiştiricilik başarısının artırılması gibi konular üzerine çalışılması, bu türün süs balıkları arasındaki tercih edilebilirliğini arttıracaktır.

KAYNAKLAR

- Adatto I, Lawrence C, Thompson M, Zon LI (2011) A new system for the rapid collection of large numbers of developmentally staged zebrafish embryos. Plos One 6(6):e21715,1-7.
- Akbulut C, ve Yön N, D., 2013. Bisfenol a'nın zebra balıklarında (*danio rerio*) teratolojik etkileri. SAÜ. Fen Bil. Der. 17. Cilt, 1. Sayı, s. 105-111, 2013.
- Alpbaz A., 1993. Balık ansiklopedisi ve akvaryum teknikleri. MAS. Amb. Sanayi ve Ticaret A. Ş. Bornova, İzmir.
- Anonim, 2019 a. <https://www.encyclo-fish.com/EN/freshwater/fishes/danio-frankei.php>
- Anonim, 2019 b. <https://www.allpondsolutions.co.uk/zebra-danio-long-fin/>
- Anonim, 2019 c. <https://www.fishbase.in/photos/ThumbnailsSummary.php?Genus=Danio&Species=rerio>
- Anonim, 2019 d. <https://www.fishbase.in/photos/ThumbnailsSummary.php?Genus=Danio&Species=rerio>
- Augustine, S., Gagnaire, B., Floriani, M., Adam-Guillermin, C., Kooijman, S.A.L.M., (-2011. Developmental energetics of zebrafish, *Danio rerio*. Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology. 159: 275–283.
- Avdesh, A., Chen. M., Martin-Iverson, M.T., Mondal, A., Ong, D., Rainey-Smith,S., Taddei, K., Lardelli, M., Groth, D.M., Verdile, G. and, Martin, R.N., 2012. Regular care and maintenance of zebrafish (*Danio rerio*) laboratory: an introduction. Journal of Visualized Experiments. 69:1-8.
- Balon E. K., 2004. About the oldest domesticates among fishes. Journal of Fish Biology. 65 (1):1-27.
- Barman, R.P., 1991. A taxonomic revision of the indo-burmese species of *Danio rerio*. Record of the Zoological Survey of India Occasional Papers. 137:1–91.

- Best J, Adatto I, Cockington J, James A, Lawrence C., 2010. A novel method for rearing first-feeding larval zebrafish: polyculture with type L saltwater rotifers (*Brachionus plicatilis*). *Zebrafish* 7: 289–295.
- Bilotta J., Saszik S., DeLorenzo A, S., Hardesty H, R., 1999. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*. March 1999, Volume 31, Issue 1, pp 178–184.
- Brunner, B., 2012. *The ocean at home: An illustrated history of the aquarium*. Reaktion books. 160s.
- Buono, R. J. and Linser, P.J., 1992. Transient expression of RSVCAT in transgenic zebrafish made by electroporation. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*. 1(4- 5):271-275.
- Carvan, M.J. Dalton, T.P., Stuart, G.W., Nebert, D.W., 2000. Transgenic zebrafish as sentinels for aquatic pollution. *Annals New York Academy of Sciences*. 919:133-147.
- Chu, XL. 1981 A preliminary revision of fishes of the genus *Danio* from China. *Zoology Research* 2: 145–156.
- Clelland, E. and Peng, C. 2009. Endocrine/paracrine control of zebrafish ovarian development. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 312:42–52.
- Conklin, D.E., 2000. *Diet*, Editor, Ostrander. G.K., *The laboratory fish*, Academic Press, ISBN 0-12-529650-9, 678 sf.
- Cortemeglia, C. and Beitinger, T.L., 2005. Temperature tolerances of wild-type and red transgenic zebra danios. *Transactions of the American Fisheries Society*. 134:1431–1437.
- Çelik, I., Yılmaz, S., Çelik, P., Saygı, H., Önal, U., Bashan, T., 2010. The general profile of aquarium sector in Istanbul (Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 9(23): 2973-2978.
- Daniels RJR. *Freshwater Fishes of Peninsular India*. Universities Press (India): Hyderguda, Hyderabad, 2002.
- Darrow, K.O., Harris, W.A., 2004. Characterization and development of courtship in zebrafish, *Danio rerio*. *Zebrafish*. 1:40–45.

- Delaney, M., Follet, C., Ryan, N., Hanney, N., Lusk-Yablick, J., Gerlach, G. 2002. Social interaction and distribution of female zebrafish (*Danio rerio*) in a large aquarium. The Biological Bulletin. 203:240-241.
- Demirsoy, A., 1998. Yaşamın temel kuralları. Meteksan, Ankara, 975-7746-13-4.
- Detrich HW, Zon IL, Westerfield, M., 2004. The Zebrafish: Genetics, Genomics and Informatics, 2nd edn. Academic Press, San Diego
- De Tolla, L.J., Srinivas, S., Whitaker, B.R., Andrews, C., Hecker, B., Kane, A.S. and Reimschuessel, R., 1995. Guidelines for the care and use of fish in research. ILAR Journal. 37(4):159-173.
- Dooley, K. And Zon, L.I., 2000, Zebrafish: a model system for the study of human disease. Current Opinion in Genetics and Development. 10:252-256.
- Eaton, R.C. and Farley, R.D., 1974. Growth and reduction of depensation of the zebrafish *Brachydanio rerio*, reared in the laboratory. Copeia. 1:204–209.
- Ekici, A. 2007. Döllenmiş Zebra Balığı (*Danio rerio* Hamilton-Buchanan, 1822) Yumurtalarına Gen (Gfp) Transferi Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 132 s.
- Engeszer, R.E., Patterson. L.B., Rao, A.A., Parichy, D.M., 2007 Zebrafish in the wild: A review of natural history and new notes from the field. Zebrafish. 4:(1)21-40.
- Erkoyuncu, İ., 1995. Balıkçılık Byolojisi ve Populasyon Dinamiği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları. Yayın No: 95. Sinop 265s.
- Fabacher, D.L. and Little, E.E., 2000. Diversity of fish, early observations and descriptions, fish in experimentation, Editor, OSTRANDER. G.K., The laboratory fish, Academic Press, ISBN 0-12-529650-9, 678 sf.
- Fang, F., 2003. Phylogenetic analysis of the Asian cyprinid genus *Danio* (Teleostei, Cyprinidae). Copeia. 4:714-728.
- Fleming, A., 2007. Zebrafish as an alternative model organism for disease modelling and drug discovery: implications for the 3Rs. NC3Rs. 10(1):1-7.

- Fuiman, L.A., Poling, K.R., Higgs, D.M., 1998. Quantifying developmental progress for comparative studies of larval fishes. *Copeia*. 52: 602–611.
- Gomez-Requeni, P., Conceicao, L.E.C., Jordal, A.E.O., Ronnestad, I., 2010. A reference growth curve for nutritional experiments in zebrafish (*Danio rerio*) and changes in whole body proteome during development. *Fish Physiology and Biochemistry*. 36:1199–1215.
- Goolish, E.M. and Okutake, K., 1999. Lack of gas bladder inflation by the larvae of zebrafish in the absence of an air-water interface. *Journal of Fish Biology*. 55:1054–1063.
- Haffter, P., Odenthal, J., Mullins, M.C., Lin, S., Farrell, M.J., Vogelsang, E., Haas, F., Brand, M., Van Eeden, F.J.M., Furutani-Seiki, M., Granato, M., Hammerschmidt, M., Heisenberg, C. P., Jiang, Y.J., Kane, D.A., Kelsh, R.N., Hopkins, N., Nusse, C., 1996. Mutations affecting pigmentation and shape of the adult zebrafish. *Development Genes and Evolution*. 206:260–276.
- Hekimoğlu, M.A., 2006. Akvaryum sektörünün dünyadaki ve Türkiye’deki genel durumu. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*. 23(1-2): 237-241.
- Hensley, M.R. and Leung, Y.F., 2010. A convenient dry feed for raising zebrafish larvae. *Zebrafish*. 7:219–231.
- Higashijima, S., Okamoto, H., Ueno, N., Hotta, Y., Eguchi, G., 1997. High-frequency generation of transgenic zebrafish which reliably express GFP in whole muscles or the whole body by using promoters of zebrafish origin. *Developmental Biology*. 192:289-299.
- Hisaoka and Battle 1958). Hisaoka, K.K. and Battle H.I., 1958. The normal developmental stages of the zebrafish, *Brachydanio rerio* (Hamilton- buechanan). *Journal of Morphology*, 102, 311- 327.
- Howells, L. & Betts, T. (2009) ‘A beginner’s guide to the zebrafish (*Danio rerio*)’ *Animal Technology and Welfare* 8(3), p117-120.

- Karataş, M., Başusta, N., Gökçe, M.A., 2005. Balıklarda Üreme. Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 92 s.
- Sperm-mediated gene transfer studies on zebrafish in Singapore. Molecular Reproduction and Development. 56(S2):278-280.
- Kaushik S, Georga I, Koumoundouros G (2011). Growth and body composition of zebrafish (*Danio rerio*) larvae fed a compound feed from first feeding onward toward implications on nutrient requirements. Zebrafish 8: 87-95.
- Khoo, H.W., 2000, Sperm-mediated gene transfer studies on zebrafish in Singapore. Molecular Reproduction and Development, 56(S2), 278-280.
- Kimmel, C.B., Ballard W.W., Kimmel S.R., Ullmann B., Schilling T.F., 1995. Stages of embryonic- development of the zebrafish. Developmental Dynamics. 203:253-310.
- Kucharczyk, D., Stepian, P., Nowosad, J., Kupren, K., Targonska, K. And Kujawa, R., 2018. The optimization of wide-type zebrafish, *Danio rerio* (Hamilton, 1822) reproduction in low temperatures under controlled conditions. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 18:49-55.
- Kurtzman, M.S., Craig, M.P., Grizzle, B.K., Hove, J.R., 2010. Sexually segregated housing results in improved early larval survival in zebrafish. LabAnimal. 39: 183–189.
- Laale, H., 1977 ‘The biology and use of zebrafish *Brachydanio rerio* in fisheries research: a literature review. Journal of Fish Biology.10:121-173.
- Langenau, D.M., Traver, D., Ferrand, A.A., Kutok, J.L., Aster, J.C., Kanki, J.P., Lin, S., Prochownik, E., Trede, N.S., Zon, L.I., Look, A.T., 2003. Myc-induced T cell leukemia in transgenic zebrafish. Science. 299:887-890.
- Lawrence, C., 2007. The husbandry of zebrafish (*Danio rerio*): a review. Aquaculture 269: 1–20.
- Lawrence, C, Ebersole, J.P., Kesseli, R.V., 2008. Rapid growth and out-crossing promote female development in zebrafish (*Danio rerio*). Environmental Biology of Fishes. 81:239–246.

- Lawrence, C., 2011. Advances in Zebrafish Husbandry and management. In: Detrich HW, Westerfield M, Zon LI (eds) *Methods in Cell Biology*, Vol 104: Zebrafish: Genetics, Genomics and Informatics, 3rd edn, pp. 431–451. Academic Press, Oxford.
- Lawrence, C., Adatto, I., Best, J., James, A., Maloney, K., 2012b. Generation time of zebrafish (*Danio rerio*) and medakas (*Oryzias latipes*) housed in the same aquaculture facility. *LabAnimal*. 41:158–165.
- Lawrence, C., Best, J., James, A., Maloney, K., 2012a The effects of feeding frequency on growth and reproduction in zebrafish (*Danio rerio*) *Aquaculture*. 369:103–108
- Ledent, V., 2002. Postembryonic development of the posterior lateral line in zebrafish. *Development*. 129: 597–604.
- Lee, K.W., Webb, S.E., Miller, A.L., 1999. A wave of free cytosolic calcium traverses zebrafish eggs on activation. *Developmental Biology*. 214:168–180.
- Lele, Z. and Krone P.H., 1996. The zebrafish as a model system in developmental toxicological and transgenic research. *Biotechnology Advances*. 14:57-72.
- Lindsay, S.M. and Vogt, R.G., 2004. Behavioural responses of newly hatched zebrafish (*Danio rerio*) to amino acid chemostimulants. *Chem Senses*. 29:93-100.
- Linney, E., Hardison, N.L., Lonze, B.E., Lyons, S., Di Napol, L., 1999. Transgene expression in zebrafish: A comparison of retroviral-vector and DNA injection approaches. *Developmental Biology*. 213(1):207-216.
- Lopez- Olmeda JF, Sanchez- Vazquez FJ (2011) Thermal biology of zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Thermal Biology* 36: 91– 104.
- Mahapatra BK, Vinod K, Mandal BK. Studies on reproductive biology of a native ornamental fish, *Brachydanio rerio*, from NEH region. In Bhattacharya S, Maitra SK, (eds.): *Current Issues in Environmental and Fish Biology: Proceedings of UGC-DSA National Seminar on Environmental and Fish Biology*, February 01-03, 2002. Daya, Dehli, 2004:173–179.
- Matthews, M., Trevarrow, B., Mathhews, J., 2002. A virtual tour of the guide for zebrafish users, *LabAnimal*. 31(3): 34-40.

- McClure, M.M., McIntyre, P.B., McCune, A.R., 2006. Notes on the natural diet and habitat of eight danioin fishes, including the zebrafish *Danio rerio*. *Journal of Fish Biology*. 69:553-570
- Meinken, H., 1963. *Brachydanio frankei* spec. nov., der Leopard danio. *Aquarium und Terrararien* 10, 39–43.
- Morgan, M.T., 2009. A brief overview of the ornamental fish industry and hobby. *Fundamentals of Ornamental Fish Health*. 25s.
- Nagel, R., 2002. DarT: The embryo test with the zebrafish *Danio rerio* – a general model in ecotoxicology and toxicology. *ALTEX: Alternatives to Animal Experiments*. 19:38-48.
- Nasiadka, A. and Clarck, M.D., 2012. Zebrafish breeding in the laboratory environment. *ILAR Journal/National Research Council, Institute of Laboratory Animal Resources*. 53(2):161-168.
- Nelson, J.S., 1994. *Fishes of the world* John Wiley & Sons Inc, New York.
- Niven F. L., 2010. *Learning to Care for Fish*. Enslo Publishers, Inc. 48.
- Öz, M., Bahtiyar, M., Şahin, D., Karşı, Z., Öz, Ü., 2015. Using white form (*Enchytraeus* spp.) as a live feed in aquarium fish culture. *Journal of academic documents for fisheries and aquaculture*. 1:165-168.
- Parichy, D.M. and Turner, J.M., 2003. Zebrafish puma mutant decouples pigment pattern and somatic metamorphosis. *Developmental Biology*. 256:242–257.
- Parichy, D.M. 2006a. Evolution of danio pigment pattern development. *Heredity* 97, 200–210.
- Parichy, D.M., 2006b. Homology and the evolution of novelty during *Danio* adult pigment pattern development. *Journal of Experimental Zoology*. 306B:1–13.
- Parichy, D.M, Elizondo, M.R., Mills, M.G., Gordon, T.N., Engeszer, R.E., 2009. Normal table of postembryonic zebrafish development: staging by externally visible anatomy of the living fish. *Developmental Dynamics*. 238: 2975-3015.

- Plaut, I., 2000. Effects of fin size on swimming performance, swimming behaviour and routine activity of zebrafish *Danio rerio*. Journal of Experimental Biology. 203:813–820
- Parichy, D.M., 2006a. Evolution of danio pigment pattern development. Heredity. 97:200–210.
- Pyron, M., 2003. Female preferences and male-male interactions in zebrafish (*Danio rerio*) Canadian Journal of Zoology, 2003, 81(1): 122-125.
- Reed, B. and Jennings, M., 2010. Guidance on the housing and care of Zebrafish *Danio rerio*. Research Animals Department, Science Group, RSPCA.
- Reed, B. and Jennings, M., 2011. Guidance on the housing and care of zebrafish *Danio rerio*, www.Rspca.org.uk/researchanimals. Erişim tarihi:25.06. 2018
- Reim, G., 2003. The role of pou2/spiel-ohne-grenzen (spg) in brain and endoderm development of the zebrafish, *Danio rerio*, Thesis (PhD), der Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften der Technischen Universität Dresden, Germany. 127s.
- Ribas, L. And Piferrer, F., 2014. The zebrafish (*Danio rerio*) as a model organism, with emphasis on applications for finfish aquaculture research. Reviews in Aquaculture. 6: 209–240.
- Ruhl, N., McRobert, S.P., Currie, W.J.S., 2009. Shoaling preferences and the effects of sex ratio on spawning and aggression in small laboratory populations of zebrafish (*Danio rerio*). LabAnimal Europe. 9(9):19-30.
- Schaefer J, Ryan A (2006) Developmental plasticity in the thermal tolerance of zebrafish *Danio rerio*. Journal of Fish Biology 69: 722–734.
- Schroeder W.R., 1983. A Public Aquarium for North Padre Island, Divison of Architecture. Texas tech University. 174.
- Schilling, T.F., 2002. The morphology of larval and adult zebrafish' in Nüsslein-Volhard & Dahm (2002) Zebrafish - A Practical Approach ; Oxford University Press, Oxford, UK.
- Sessa, A.K., White, R., Houvras, Y., Burke, C., Pugach, E., Baker, B., Gilbert, R., Thomas Look, A., Zon, L., 2008. The effect of a depth gradient on the mating behavior,

- oviposition site preference, and embryo production in the zebrafish, *Danio rerio*. Zebrafish. 5:335–339.
- Siccardi, A.J., Garriss, H.W., Jones, W.T., Moseley, D.B., D’Abramo, L.R., Watts, S.A., 2009 Growth and survival of zebrafish (*Danio rerio*) fed different commercial and laboratory diets. Zebrafish. 6: 275–280.
- Spence, R. and Smith, C., 2005. Male territoriality mediates density and sex ratio effects on oviposition in the zebrafish, *Danio rerio*. Animal Behaviour. 69:1317-1323.
- Spence, R. and Smith, C., 2006. Mating preference of female zebrafish, *Danio rerio*, in relation to male dominance. Behavioral Ecology. 17:779–783.
- Spence, R., Fatema, M.K., Reichard, M., Huq, K.A., Wahab, M.A., Ahmed, F., Smith, C., 2006a. The distribution and habitat preferences of the zebrafish in Bangladesh. Journal of Fish Biology. 69 (5):1435-1448.
- Spence, R., Jordan, W.C., Smith, C., 2006b. Genetic analysis of male reproductive success in relation to density in the zebrafish, *Danio rerio*. Frontiers in Zoology. 3-5.
- Spence, R., Fatema, M.K., Ellis, S., Ahmed, Z.F., Smith, C., 2007a. Diet, growth and recruitment of wild zebrafish in Bangladesh. Journal of Fish Biology. 71:304–309.
- Spence R., Gerlach G., Lawrence C., Smith C., 2007b. The behaviour and ecology of the zebrafish, *Danio rerio*. Department of Biology, University of Leicester, University Road, Leicester, UK.
- Spence, R., Gerlach, G., Lawrence, C., Smith, C., 2008. The behaviour and ecology of the zebrafish, *Danio rerio*. Biological Reviews. 83:13–34.
- Spirita Sharmili,V. ve Ahila Angelin, J., 2015. Stages of Embrionic Development of the Zebrafish *Danio rerio* (Hamilton). European Journal of Biotechnology and Bioscience, 3(6):6-11.
- Şişman, A., and Geyikoğlu F., 2010. PCB 126’ya maruz kalmış zebra balığı (*Danio rerio*) larvalarındaki sensorimotor hasarlar. Tübav Bilim Dergisi.3(1):61-66.
- Şişman, T., 2007. Poliklorlu bisfenol bileşiklerin *Danio rerio*’ nun (ZEBRA BALIĞI) gelişimi üzerine etkileri, Doktora Tezi . Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Erzurum. 107 s.

- Şişman, T. ve Yıldırım, Y., 2007. Aflatoksin B1'in Zebra balığının (*Danio rerio* (Hamilton) Embriyo ve Larvaları Üzerine Olan Toksik Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(1):13-17.
- Talling, J.F. and Lemoalle, J., 1998. Ecological dynamics of tropical inland waters. Cambridge University Press, Cambridge.
- Talwar, P.K. and Jhingran, A.G., 1991. Inland fishes of India and adjacent countries. Oxford & I. B. H. Publishing, Calcutta.
- Turnell, E.R., Mann, K.D., Rosenthal, G.G., Gerlack, G., 2003. Mate choice in Zebrafish (*Danio rerio*) Analyzed with Video-Stimulus Techniques. The Biological Bulletin. 205(2):225-226.
- Türkmen, G. And Alpbaz, A., 2001. Studies on aquarium fish imported to Turkey and the results. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 18(3-4):483-493.
- Uusi Heikkilä, S., Wolter, C., Meinelt, T., Arlinghaus, R., 2010. Size Dependent Reproductive Success of Wild Zebrafish *Danio rerio* in the Laboratory. Journal of Fish Biology, 77,552-569.
- Westerfield, M. 1995. The Zebrafish Book. A Guide for the Laboratory Use of Zebrafish (*Danio rerio*). University of Oregon Press, Eugene, 385 s.
- Yanar, M., Yanar, Y., Genç, M.A., 2003. *Tubifex tubifex* Müller, 1774 (Annelidae)'nin besin kompozisyonu. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi. 20(1-2):103-110.
- Yossa, R., Sarker, P.K., Karanth, S., Ekker, M., Vandenberg, G.W., 2011. Effects of dietary biotin and avidin on growth, survival, feed conversion, biotin status and gene expression of zebrafish *Danio rerio*. Comparative Biochemistry and Physiology B-Biochemistry & Molecular Biology. 160:150–158.
- Wabnitz C., Taylor M., Green E., Razak T., 2003. From ocean to aquarium: The global trade in marine ornamental species. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. 61.
- Whitfield, T.T., 2002. Zebrafish as a Model for Hearing and Deafness. Journal of Neurobiology. 53(2):157-171.

Vargesson, N., 2007. Zebrafish in 'Manual of Animal Technology' Chapter: 12, Publisher: Blackwell Publishing, Editors: Stephen W Barnett, pp.78-84

Zon, L.I., 1999. Zebrafish: a new model for human disease. *Genome Research*. 9:99-100.



ÖZGEÇMİŞ

1. Kişisel Bilgiler

Ad Soyad	Selda Taşcı
Doğum Tarihi	24.09.1987
Doğum Yeri	Altındağ
E-posta Adresi	sselda_87@hotmail.com

2. Eğitim Bilgileri

Lisans	Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, 2012
Yüksek Lisans	Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Ana Bilim Dalı, Halen

3. Yayınlar, Çalışmalar

Bildiri **Şahin, D., Öz, M., Aral, O., Bahtiyar, M., Taşcı, S., 2017.** Investigation of Usability Using of Purslane Plant Extract (*Portulaca sp.*) as Vegetative Feed Material in Aquarium Fish Feed., IV. IMCOFE.4. Interantional Multidisciplinary Congress of Eurasia 23-25 Ağustos 2017

Taşcı, S., Öz, M., 2013. Zebra Balığı Biyolojik Yapısı, FABA 2013 (sözlü bildiri, poster), 30 Mayıs- 1 Haziran 2013, Erzurum

Taşcı, S., Öz, M., 2015. Zebra Balığı (*Danio rerio*, Hamilton 1822) Yumurta ve Larvalarının Gelişimine Farklı Su Sıcaklıklarının Etkisi. 18. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu 1-4 Eylül 2015, İzmir

Taşcı, S., Öz, M., Bahtiyar, M., Ertaş, E., 2013. Hidrojen Peroksitin (H_2O_2) Zebra Balığı (*Danio rerio*) Yumurtalarının Açılma Oranı Üzerine Etkileri, 17.Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 3-6 Eylül 2013, İstanbul

Proje Karadeniz Bölgesi Sinop İlinde Kara Salyangozu Yetiştiriciliği'nin Araştırılması 2015 (bursiyer), TÜBİTAK Proje no: 114O106
Akvaryum Balıkları Çiklit ve Japon Balığı Yeminde Semizotu *Portulaca sp.* Bitkisinin Bitkisel Yem Maddesi Olarak Kullanılabilme Olanığının Araştırılması, Sinop Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (SÜBAP), 2018.

EKLER



T.C.
SINOP ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu

Sayı : 61345445-605.99- 71
Konu : Araştırma Projeniz Hk.

15.10.2014

Sayın Yrd. Doç. Dr. Meryem ÖZ
Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü

“Zebra Balığı (*Danio rerio* Hamilton, 1822) Üretimi” isimli araştırma projeniz, Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu’nun 13.10.2014 tarihli toplantısında görüşülmüş olup Hayvan Hakları ve Hayvan Etiği açısından uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü süreç içerisinde etik kurallar ve hayvan haklarına uygunluk yönünden sorumluluk araştırmacılara ait olmak kaydıyla ve proje başlangıcından itibaren 6 aylık aralarla rapor verilmesi şartıyla çalışmanıza başlamanız uygun görülmüş olup HADYEK Onay Belgesinin bir nüshası ekte (EK 1) gönderilmiştir.

Çalışmalarınızda başarılar dilerim.

Prof. Dr. Recep BİRCAN
Rektör

EK 1:
HADYEK Onay Belgesi (1 sf)

HADYEK Başk.: Serdar BEKTAŞ
Genel Sekreter : M. ATLI



T.C.
SINOP ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu
Onay Belgesi

PROJENİN ADI : Zebra Balığı (*Danio rerio* Hamilton, 1822) Üretimi
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ : Yrd. Doç. Dr. Meryem ÖZ
PROJEDEKİ ARAŞTIRMACILAR : Yüksek Lisans Öğrencisi, Selda TAŞÇI
PROJENİN YÜRÜTÜLECEĞİ YER : Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Akvaryum
Balıkları Yetiştiricilik Ünitesi
ONAY TARİHİ ve KARAR NO : 13.10.2014- 2014/ 28

Sayın Yrd. Doç. Dr. Meryem ÖZ

“Zebra Balığı (*Danio rerio* Hamilton, 1822) Üretimi” isimli araştırma projeniz, Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulunun 13.10.2014 tarihli toplantısında görüşülmüş olup Hayvan Hakları ve Hayvan Etiği açısından uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü süreç içerisinde etik kurallar ve hayvan haklarına uygunluk yönünden sorumluluk araştırmacılara ait olmak kaydıyla ve proje başlangıcından itibaren 6 aylık aralarla rapor verilmesi şartıyla, çalışmanızda başarılar dileriz.


Doç.Dr. Serdar BEKTAŞ
Başkan


Yrd.Doç.Dr. Hülya SİPAHİ
Başkan Vekili


Vet.Hek. Ahmet ŞİŞMAN
Üye


Nazım ÇAKI
Üye


Seyhan ÜSTÜN
Üye