

**T.C.**  
**FIRAT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**FARKLI TİCARİ YEMLER İLE BESLENEN ZEBRA BALIKLARI  
(DANİO RERİO)' NDA BÜYÜME PERFORMANSI**

**Remzi ERGİN**

Yüksek Lisans Tezi

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİK ANABİLİM DALI

Yetiştiricilik Bilim Dalı

ŞUBAT 2024

T.C.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**FARKLI TİCARİ YEMLER İLE BESLENEN ZEBRA BALIKLARI  
(DANİO RERİO)' NDA BÜYÜME PERFORMANSI**

Tez Yazarı  
**Remzi ERGİN**

Danışman  
Prof.Dr. Mevlüt Şener URAL

ŞUBAT 2024  
ELAZIĞ

**T.C.**  
**FIRAT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

---

Başlığı: Farklı Ticari Yemler ile Beslenen Zebra Balıkları (Danio rerio)' nda  
Büyüme Performansı

Yazarı: Remzi ERGİN

İlk Teslim Tarihi: 15.01.2024

Savunma Tarihi: 15.02.2024

---

**TEZ ONAYI**

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Danışman:	Prof.Dr. Mevlüt Şener URAL Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi	<i>İmza</i> Onayladım
Başkan:	Prof.Dr. Kenan KÖPRÜCÜ Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi	Onayladım
Üye:	Doç.Dr. Engin ŞEKER Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi	Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun ...../...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

*İmza*

Prof. Dr. Burhan ERGEN  
Enstitü Müdürü

## BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım ‘‘Farklı Ticari Yemler ile Beslenen Zebra Balıkları (Danio rerio)’ nda Büyüme Performansı’’ Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

15.02.2024

**Remzi ERGİN**



# ÖNSÖZ

Zebra balıkları model organizma olarak, insan genlerini ve hastalıklarını incelemek amacıyla biyomedikal araştırmalarda yaygın olarak kullanılırlar. Son yıllarda zebra balığı beslenmesiyle ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ancak zebra balığının besin gereksinimleri ile ilgili optimize edilmiş bir beslenme protokolü bulmak oldukça zordur. Laboratuvar şartlarında üretilen ve büyütölen model sucul organizma olarak kabul edilen bu balığın kısa sürede ve dengeli bir şekilde yetişkin bireyler haline getirilmesi amacıyla bu araştırma planlanmıştır.

**Remzi ERGİN**

ELAZIĞ, 2024



# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ .....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ÖZET.....	VI
ABSTRACT .....	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	VIII
TABLolar LİSTESİ .....	IX
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ .....</b>	<b>4</b>
2.1. Zebra Balıklarının Sistematikteki Yeri .....	4
2.2. Zebra Balıklarının Genel Özellikleri .....	4
2.3. Zebra Balığı Türleri .....	7
2.3.1. Brachydaniolar.....	7
<i>Brachydanio albolineatus</i> .....	7
<i>Brachydanio frankei</i> .....	8
<i>Brachydanio nigrofasciatus</i> .....	8
<i>Brachydanio rerio - Danio rerio</i> .....	9
2.3.2. Daniolar .....	9
<i>Danio devario</i> .....	9
<i>Danio malabaricus</i> .....	10
<i>Danio Rerio</i> .....	11
2.4. Zebra Balıklarının Beslenme Özellikleri .....	11
2.5. Zebra Balıklarının Üreme Özellikleri Ve Üretilmeleri .....	12
2.6. Zebra Balığı Besleme Çalışmaları .....	17
<b>3. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>19</b>
3.1. Materyal.....	19
3.1.1. Araştırmanın Uygulama Yeri .....	19
3.1.2. Araştırmada Kullanılan Balık Materyali .....	19
3.1.3. Araştırmada Kullanılan Akvaryumlar ve Yem Materyali .....	19
3.1.4. Balıkları Beslenme Şekli ve Sıklığı.....	22
3.1.5. Su Parametrelerinin Belirlenmesi.....	22
3.1.6. Araştırmada Kullanılan Diğer Materyaller.....	22
3.2. Metod.....	22
3.2.1. Yavru Balık Stokunun Oluşturulması .....	23
3.2.2. Yavru Balıkların Akvaryumlara Alınması ve Yapılan Çalışmalar .....	23
3.2.3. Balık Büyüme ve Yem Değerlendirme Oranlarının Belirlenmesi .....	23
3.2.4. İstatistiksel Hesaplamalar .....	24
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>25</b>
4.1. Su Kalitesi Parametreleri .....	25
4.2. Büyüme Parametreleri Araştırma Bulguları .....	25
<b>5. SONUÇLAR .....</b>	<b>30</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>31</b>
ÖZGEÇMİŞ .....	

## ÖZET

### Farklı Ticari Yemler ile Beslenen Zebra Balıkları (*Danio rerio*)' nda Büyüme Performansı

Remzi ERGİN

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

Şubat 2024, Sayfa: ix + 35

Zebra balıkları model organizma olarak, insan genlerini ve hastalıklarını incelemek amacıyla biyomedikal araştırmalarda yaygın olarak kullanılırlar. Son yıllarda zebra balığı beslenmesiyle ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ancak zebra balığının besin gereksinimleri ile ilgili optimize edilmiş bir beslenme protokolü bulmak oldukça zordur. Laboratuvar şartlarında üretilen ve büyütülen model sucul organizma olarak kabul edilen balığın kısa sürede ve dengeli bir şekilde yetişkin bireyler haline getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca ticari birçok akvaryum balığı yemi ve yem markası bulunmaktadır. Bunların hangisinin daha verimli olduğu da bilinmemektedir. Bu amaçla laboratuvar şartlarında yavru zebra balıkları, besin değerleri farklı 4 ticari yem ile yaklaşık 2 ay gibi bir süre beslenerek büyüme ve gelişme performanslarını ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Çalışma başlangıcında  $0,30\pm 0,04$  g olan yavru dönemini yeni tamamlamış toplam 180 adet zebra balığı  $20\times 30\times 40$  cm boyutlarında 12 adet akvaryuma 15'er adet balık stoku yapılacak şekilde 60 gün süre ile besleme yapılmıştır. Çalışma sonucunda en düşük balık ağırlığı  $0,67\pm 0,05$  g ve en yüksek balık ağırlığı  $0,76\pm 0,04$  g olduğu ölçümlerle tespit edilmiştir.

Araştırmada besin içerikleri ve besin değerleri birbirinden farklı dört ticari yem kullanıldı. Çalışma sonunda gruplar arasında büyüme parametrelerinde istatistiksel açıdan gruplar arsında önemli farklar tespit edildi ( $P<0,05$ ). Yaşama oranları üzerinde etkilerinin de farklı olduğu görüldü ( $P<0,05$ ). Farklı ticari yemlerin içeriğinde bulunan bileşenler ile yemin balıklar üzerindeki büyüme performansını arttırdığı, daha yüksek bir yaşama oranı başarısına ulaşabildiği görüldü. Çalışmamızda özellikle Tetra Min Pul yemi verilen balıklarda anlamlı olarak bir farklılığın olduğu görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Zebra balığı, *Danio rerio*, Ticari yem, Besleme, Büyüme performansı, Yem Değerlendirme.

# ABSTRACT

---

## Growth Performance In Zebra Fish (*Danio rerio*) Feed With Different Commercial Diets

**Remzi ERGİN**

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Aquaculture

February 2024, Pages: ix + 35

---

Zebrafish are widely used in biomedical research as model organisms to study human genes and diseases. In recent years, various studies have been conducted on zebrafish nutrition. However, it is very difficult to provide an optimized feeding regime regarding the nutritional conditions of zebrafish. This fish, which is considered a model aquatic organism produced and grown under laboratory conditions, must be turned into adult individuals in a short time and in a balanced manner. There are also many commercial aquarium fish food and feed brands. It is also possible to determine which of its contents is more efficient. Under these laboratory conditions, zebra fry were fed with 4 commercial feeds with different nutritional values for a period of approximately 2 months to reveal their growth and development performance.

A total of 180 zebra fish, which weighed  $0.30\pm 0.04$  g at the beginning of the study, and had just completed their juvenile period, were fed for 60 days, with 15 fish stocked in 12 aquariums of 20x30x40 cm in size. As a result of the study, it was determined that the lowest fish weight was  $0.67\pm 0.05$  g and the highest fish weight was  $0.76\pm 0.04$  g.

Four commercial feeds with different nutritional contents and nutritional values were used in the research. At the end of the study, statistically significant differences were detected in the growth parameters between the groups ( $P<0.05$ ). Their effects on survival rates were also found to be different ( $P<0.05$ ). It has been observed that the ingredients contained in different commercial feeds increase the growth performance of the fish and a higher survival rate can be achieved. In our study, it is seen that there is a significant difference especially in the fish fed Tetra Min Flake food.

**Keywords:** Zebrafish, *Danio rerio*, Commercial feed, Feeding, Growth performance, Feed Evaluation.

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. <i>Danio rerio</i> .....	6
Şekil 2.2. <i>Brachidanio albolineatus</i> .....	7
Şekil 2.3. <i>Brachidanio frankei</i> .....	8
Şekil 2.4. <i>Brachidanio nigrofasciatus</i> .....	8
Şekil 2.5. <i>Brachydanio rerio</i> .....	9
Şekil 2.6. <i>Danio devario</i> .....	10
Şekil 2.7. <i>Danio malabaricus</i> .....	10
Şekil 2.8. <i>Danio rerio</i> .....	11
Şekil 3.1. Çalışma düzeniği besleme akvaryumları.....	19
Şekil 3.2. Tetra Pro yemi .....	20
Şekil 3.3. Tetra Min pul yemi.....	20
Şekil 3.4. Spirulina Garlic yemi.....	21
Şekil 3.5. Tropical Mix yemi .....	21
Şekil 3.6. Arştırmada kullanılan cihazlar .....	22

## TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

<b>Tablo 4.1.</b> Yavru zebra balıklarında dört farklı ticari yem ile yapılan besleme sonunda büyüme ve yem Parametrelerine ait değerler .....	25
--	----



# 1. GİRİŞ

Sümerler ve Mısırlıların arkeolojik bulgularına göre süs balıklarına olan ilginin M.Ö. 4500 civarında başladığına inanılıyor. Bu da süs balıklarına olan ilginin eski uygarlıklara kadar uzandığını gösteriyor (Schroeder, 1983). Literatürde akvaryumlara özel olarak üretilen ve yetiştirilen ilk balık türünün *Cyprinus carpio* olduğu belgelenmiştir. 1850'li yıllarda akvaryumlara hobi olarak artan ilgi, 20. yüzyılın sonlarında bir endüstriye dönüştü. Bu, akvaryum endüstrisinin zaman içinde önemli bir evrim geçirdiğini göstermektedir (Niven, 2010). Edinilen bilgilere göre deniz akvaryumlarına olan ilginin 1930'lu yıllarda Sri Lanka'da başladığı, teknoloji ve ulaşım ağlarının gelişmesiyle birlikte tüm dünyaya yayıldığı belirtilmektedir. Bu, teknolojinin gelişmesinin ve erişilebilirliğin artmasının, deniz akvaryumlarına olan ilginin küresel çapta yayılmasında önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Wabnitz vd., 2003). Tayland, Singapur, Endonezya, Malezya ve diğer tropik ülkeler akvaryum canlılarının üretimi ve ticareti nedeniyle bu ülkeler akvaryum balıkları ithalatçısı haline geldi. Bu tropikal bölgelerde, uygun iklimleriyle çok çeşitli akvaryum balıkları üretilip bunları küresel pazara sunabilmektedir. Sonuç olarak, diğer ülkelerin kendi pazarlarının taleplerini karşılamak için giderek daha fazla akvaryum balıkları ithalatına yönelmeye başladı.

Türkiye'de akvaryum sektörüne olan ilginin ve ithalatın artmasının 1980'li yıllarda başladığı bildiriliyor. Bu tarihlerde özellikle İstanbul ve Ankara gibi büyük şehirlerde birçok akvaryum işletmesi faaliyete geçti. Bu da o dönemde Türkiye'de özel alanlarda akvaryum sektörünün büyüyen gelişmesini sağladı (Türkmen ve Alpbaz, 2001). Yapılan incelemeye göre akvaryum hobisinin fotoğrafçılığın ardından en popüler ikinci hobinin olduğu belirtiliyor. Bu durum, dünyayı kapsayan akvaryum hobisiyle uğraşan ve bundan keyif alan çok sayıda bireyin öğrendiği ve bunun da akvaryum hobisini öne çıkan bir boş zaman etkinliği haline getirdiğini göstermektedir (Hekimoğlu, 2006; Çelik vd., 2010).

Türkiye' de ve dünya çapında su ürünleri sektörü alternatif balık türleri üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, sektöre kazandırılmak istenen türler hakkında yeterli biyolojik veri olup olmadığı, öncelikle bu türlerin yaşam döngülerinin tam olarak belirlenmesi gerekmektedir. Zebra balığı, tatlı su akvaryumları için dikkat edilmesi gereken ve sıklıkla tercih edilen bir türdür. Üreme, sürü oluşturma yeteneği, canlı renklere sahip olması ve diğer türlerle uyum içinde yaşayabilmesi gibi özellikler nedeniyle ilgi çekmektedir. Ayrıca zebra balığı, akvaryum balığı olarak popülerliğin yanı sıra, birçok karakteristik model organizma olarak da kullanılmıştır. Özellikle genetik ve toksikolojik çalışmalarda tercih edilen bir türdür (Kimmel vd., 1995).

Zebra balığı (*Danio rerio*) (Hamilton, 1822), küçük bir tropikal tatlı su sazan balığı olup ortam şartlarına dayanıklı bir türdür. Bu türün özelliklerinden dolayı akvaryumlarda üretilmeleri ve

yetiştirilmesi oldukça kolaydır. Ovipar üreme özelliği gösterirler ve ergin dişiler bir haftada çok sayıda yumurta bırakır. Bu balıkların yumurtaları ve embriyoları saydam olup, yumurtaları ve larva gelişim süreçleri kolay izlenir. Jenerasyon zamanları kısadır ve embriyo toksik ajanlara duyarlıdır. Mevcut bu özelliklerinden dolayı toksikoloji çalışmalarında çok fazla kullanılırlar (Grunwald ve Eisen, 2002; Muller ve Grossniklaus, 2010; Atasayar, 2011; Nusslein-Volhard, 2012).

Son yıllarda bu araştırma modelin kullanımı biyolojik bilimlerin çeşitli alanlarında önemli ölçüde yaygınlaşmış olup; ekotoksikoloji çalışmalarında (Richard vd., 2004; Boyle vd., 2010), sinir (nöro) bilimlerinde (Leung vd., 2013; Arrenberg ve Driever, 2013), davranış bilimlerinde (Kermen vd., 2013; Maaswinkel vd, 2013; Morin vd., 2013; Portugues vd., 2014), kanser araştırmalarında (Goessling vd., 2007; Moshal vd., 2010; .Ma vd., 2011), genetik çalışmalarında (Howe vd., 2013), balık beslenme çalışmalarında (Flynn vd., 2009; Ulloa vd., 2011; Maddison ve Chen, 2012; Yokobori vd., 2012; Ulloa vd, 2014), su ürünleri yetiştiriciliğinde (Dahm ve Geisler, 2006; Ulloa vd., 2011; Ulloa. vd, 2014), insan hastalıkları için yapılan çalışmalarda bir model olarak (Lieschke ve Currie, 2007; Meeker ve Trede, 2008; .Willemsen vd., 2008 ), ilaç keşfi çalışmalarında (You ve Jiang, 2007) kullanılmaktadır.

Zebra balıklarının yumurtaları embriyogenez süreçlerini bir gün içerisinde gerçekleştirirler ve yumurtadan çıkan yavruların organ oluşumları beş günde tamamlanır. Bu hızlı süreçlerden dolayı yapılan deneylerde bu balıklara uygulanan maddelerin sonuçları ve gözlemler daha kolaydır.

Ayrıca koryon ve embriyosunun çok şeffaf olması diğer avantajlarıdır. Var olan bu özellikleriyle yumurtadan çıkan ilk larvaların dışarıdan izlenmelerine olanak sağlar. Üreme potansiyellerinin yüksek olmasından dolayı (haftada yaklaşık 180-200 arasında yumurta verir) bu özellikleri nedeni ile diğer model organizmalara göre bilimsel çalışmalarda daha üstün olmasını sağlamaktadır (Song vd., 2016).

Zebra balıklarının yaygın olarak model organizma olarak kullanımının nedeni, insan genine genetik benzerliklerinden kaynaklanmaktadır. Zebra balıklarının; özellikle ortolog (ortak atadan türetilen genler) genetik dizilerinin yaklaşık %70'i insanların gen yapısıyla aynıdır. Bu genetik benzerlik, araştırmacıların zebra balıklarını model organizma olarak kullanarak genetik hastalıklar mekanizmalarını daha etkili bir şekilde incelemelerine ve anlamalarına olanak tanır (Howe vd., 2013).

Zebra balıklarının vücutlarında görülen tüm kanser çeşitleri insan organlarında da görülmektedir. İnsanların ve zebra balıklarının bazı organları çok benzerdir. Bunlara örnek olarak; karaciğer, beyin, böbrek, pankreas, melanoma, ovaryum ve testiste görülen tümörler birbirine benzer yapıda görünürler. Görülen bu benzerlikler canlıların kanser oluşumlarını, yayılmalarını, tedavilerini kıyaslayabilmemiz açısından bize kolaylık sağlar (Dede, 2020). Nitekim zebra balığı üretiminin her aşamasında ayrıntılı bilgiler ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Kapsamlı veriler

sahip olunduğu takdirde, zebra balığının optimal büyümesi ve gelişmeleri için gerekli olan özel koşulların anlaşılmasına yardımcı olur. Buna su kalitesi, sıcaklık, beslenme, üreme teknikleri ve olası ilişkiler gibi faktörler dahildir. Araştırmacılar ve yetiştiriciler, ayrıntılı bilgilere erişerek bir noktada birleşebilirler ve zebra balığı üretimini ve bakımının korunmasını garanti altına almak için etkili stratejiler uygulayabilir.

Zebra balığı üretim ve yetiştiriciliğini yapan amatör ve profesyonel kişi ve tesislerin artan taleplerini de dikkate alarak, beslemede farklı tip ve yem değerlerine sahip kuru yemler kullanarak en iyi büyümenin nasıl elde edileceğini belirlemek üzere bu çalışma planlanmıştır. Son zamanlarda zebra balığı beslenmesiyle ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ancak zebra balığının besin gereksinimleri ile ilgili optimize edilmiş bir beslenme protokolü bulmak oldukça zordur. Laboratuvar şartlarında üretilen ve büyütölen model sucul organizma olarak kabul edilen bu balığın kısa sürede ve dengeli bir şekilde yetişkin bireyler haline getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca ticari birçok akvaryum balığı yemi ve yem markası bulunmaktadır. Bunların hangisinin daha verimli olduğu da bilinmemektedir. Bu amaçla laboratuvar şartlarında yavru zebra balıkları, besin değerleri farklı 4 ticari yem ile yaklaşık 2 ay gibi bir süre beslenerek büyüme ve yem değerlendirme oranlarının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1. Zebra Balıklarının Sistematikteki Yeri

Zebra balıkları (*Danio rerio*, Hamilton, 1822) Cyprinidae ailesinin bir türüdür (Nelson, 1994). Bu aile 275 cins üyeden oluşan 2000 adet balık türü ile temsil edilmekte olup, Kuzey Amerika, Avrupa, Afrika ve Asya'da geniş bir yayılım göstermektedir (Demirsoy, 1998; Fabacher ve Little, 2000). Zebra balıkları (*Danio rerio*), bilimsel adlarıyla ilgili bir revizyondan geçmişlerdir. İlk olarak *Brachydanio* cinsine dahil edilen bu balıklar, daha sonra yapılan taksonomik değişikliklerle *Danio* cinsine taşınmıştır. *Brachydanio rerio* adı, 1981 yılında *Danio rerio* olarak değiştirilmiştir (Chu, 1981).

Zebra balığının (*Danio rerio* H.,1822) sistematikteki yeri aşağıda belirtildiği gibidir (Kuru, 1996).

Alem: Animalia

Alt alaem: Metazoa

Bölüm: Chordata

Alt bölüm: Vertebrata

Üst sınıf: Pisces (Gnathostomata)

Sınıf: Osteichthyes

Alt sınıf: Actinopterygii

Üst takım: Teleostei

Takım: Cypriniformes

Alt takım: Cyprinoidei

Aile: Cyprinidae

Cins: *Danio* (*Branchydanio*)

Tür: *Danio rerio* H.,1822

### 2.2. Zebra Balıklarının Genel Özellikleri

Bu balıklar balığı zebra hayvanının çizgilerine benzeyen hatları olduğu için bu adla anılmaktadır. Süs balığı olarak akvaryumlarda çok yaygın kullanılmakta ve Bengal'deki akarsulardan Hindistan'da bulunan Coromondel sahillerine kadar çok geniş bir alanda yayılım gösterirler (Hisaoka ve Battle, 1958).

Zebra balıklarının (*Danio rerio*) çenesinde dişleri olmaması ve bunun yerine boğazın arkasında bulunan özel bir diş yapısına sahip olmaları dikkate değer bir özelliktir. Bu diş yapısı,

genellikle zebra balıklarının en arka solungaç kemerinin değişime uğramış, boğaz kemiğine kaynaşmasıyla meydana gelir (Schilling, 2002).

Vücut yanlardan basık olup fusiform bir yapıdadır. Ağız üste yakın bir şekilde konumlanmıştır. Zebra balıklarının (*Danio rerio*) alt çeneleri çıkıntılıdır ve gözleri genellikle başın üst kısmında, yukarıda konumlanmıştır. Bu özellik, avlarını daha etkili bir şekilde takip etmelerine yardımcı olabilir. Eksik yanal çizgi, zebra balıklarının en belirgin fiziksel özelliklerinden biridir. Bu çizgi, balığın yan tarafında bulunur ve pelvik yüzgece kadar uzanabilir. Bu çizgi, türün tanımlanmasında önemli bir özelliktir (Şekil 2.1).

Zebra balıkları ayrıca 2 çift bıyığa sahiptir. Bıyıklar, çevrelerini keşfetmelerine, potansiyel tehlikeleri algılamalarına ve besinleri bulmalarına yardımcı olan duyu organlarıdır. Bu özellikler, zebra balıklarının biyolojik adaptasyonları ve davranışsal özellikleri hakkında bilgi sağlar (Barman, 1991). Yetişkin bir zebra balığının laboratuvar koşullarında ağırlığının 0.5-0.9 gram arasında olduğu belirtilmiştir. Bu tür bilgiler genellikle biyolojik araştırmalarda ve akvaryum bakımında kullanılır. Zebra balıkları genellikle küçük boyutlu balıklar olarak bilinir ve bu ağırlık aralığı, yetişkin bireylerin tipik ağırlığıdır (Plaut, 2000).

Zebra balığının erkekleri dişilere oranla daha küçüktür. Erkek zebra balıklarının karın bölgesi düz olduğundan dolayı dişilere oranla daha ince yapılı görünürler. Bu balıkların vücut yapıları genel olarak gümüş rengindedir. Vücutlarının bir ucundan diğer ucuna kadar yedi veya dokuz adet mavi çizgiye sahiptir. Bu mavi çizgiler kuyruğa kadar devam eder. Ergenliğe ulaşmayan erkek ve dişileri birbirinden ayırt etmek belli olmayan eşey karakterlerinden dolayı oldukça zordur. Fakat ergenliğe ulaşmış erkeklerin dişilere göre nispeten daha büyük anal yüzgece sahip olmaları ve diğer taraftan dişilerde bulunan genital papillanın daha belirgin olması nedeniyle erkek dişi ayrımı yapılabilmektedir. Ayrıca dişilerde karın kısmı erkeklere oranla çok şişkin ve tombuldur (Karp ve Berllil, 1976).

Zebra balığı yüksek döl verimine sahip bir canlıdır. Optimal şartlar sağlandığında bir tane dişi haftada yaklaşık 200 adede kadar yumurta verebilir. Laboratuvar şartlarında yılın tamamında yumurta almak mümkündür (Brand vd., 2002).

Bilimsel model organizmada kullanılan Zebra balığı türleri *Brachydanio rerio* ya da *Danio rerio* olarak da bilinirler (Şekil 2.1). Bıraktıkları yumurta sayısı 80 – 180 arasında ve yumurtadan larvalar çıkana kadar korurlar. Bu balıklar dayanıklıdırlar ve kolay bulunurlar. Beslenmeleri laboratuvarlarda kolay sağlanmakta ve çoğaltılmaları yine bu ortamda rahattır. Yüksek fekondite (ergin olan dişilerin her hafta çok sayıda yumurta bırakmaları) gösterirler ve dış dölleme ile ürerler. Yumurta ve embriyoları saydam bir yapıya sahiptir ve larval gelişimleri kolay izlenir. Jenerasyon zamanları kısa bir zaman alır. Zebra balığı (*Danio rerio*) bu özelliklerinden dolayı,

biyolojik ve genetik araştırmalarda model organizma olarak oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu balıkların bir dizi avantajı vardır ve bu özellikler, bilim dünyasında araştırmacılar için çeşitli çalışmalarda kullanılabilirliklerini artırmıştır.

Zebra balıklarının bazı avantajları şunları içerir:

1. **Hızlı Büyüme ve Kısa Üreme Döngüsü:** Zebra balıkları hızlı büyürler ve kısa üreme döngülerine sahiptirler. Bu, genetik ve biyolojik çalışmaların daha hızlı ve verimli bir şekilde yapılabilmesine olanak tanır.
2. **Saydam Embriyolar:** Zebra balığı embriyoları saydamdır, bu da gelişmelerini kolayca gözlemlemeyi sağlar. Embriyolojik gelişim çalışmaları için ideal bir özelliktir.
3. **Genetik eşitlilik:** Zebra balıkları genetik olarak çeşitli olabilir ve genetik manipölasyonlara olanak tanır. Bu, genetik araştırmaların yapılmasında önemli bir avantajdır.
4. **Kolay Bakım:** Zebra balıkları, laboratuvar koşullarında kolayca bakılabilen dayanıklı balıklardır. Bu da onları araştırmacılar için ideal bir model organizma yapar.

Bu özellikler, zebra balıklarının mikrobiyoloji, genetik, embriyoloji, biyomedikal araştırmalar ve ilaç testleri gibi birçok farklı araştırma alanında kullanılmasını sağlamıştır. Bu nedenle, zebra balığı, bilimsel topluluk içinde önemli bir model organizma olarak kabul edilmektedir (Monteiro vd., 2015).



**şekil 2.1.** *Danio rerio* (Alpbaz, 2010).

## 2.3. Zebra Balığı Türleri

### 2.3.1. Brachydaniolar

Bu türlere Hindistan ve Malaya çevrelerinde rastlanılmaktadır. Bu türün bireyleri çok barışçıl ve uysal bir yapıya sahiptir. Bu yapılarından dolayı diğer akvaryum balıklarıyla uyum içerisinde yaşarlar. Hareketli bir türdür ve akvaryumun bir ucundan diğer ucuna kadar hızlı hareket ederler ve gidip gelirler. Bitkilerle beslenmedikleri için bitkilere dokunmazlar. Kuru ve canlı yemlerle beslenirler. Çiftleşmeleri için suyun nötr veya sıcaklığın 24-27 °C gibi sıcaklıklarda olması yeterlidir. En tanınmış üyeleri şunlardır (Hekimoğlu, 2009):

#### *Brachydanio albolineatus*

Doğal yaşam alanları, Güneydoğu Hindistan, Burma ve Malaya' dır. Karma balıklar ile akvaryumlarda yaşamalarında bir sıkıntı yoktur. Boyları yaklaşık 5 cm'ye ulaşabilmektedir. Bu balıkların gövde yanlarını tam ortadan bölen yatay şekilde portakal renginde bir çizgi vardır. Daha çok "İnci danio" adıyla tanınan bir türdür. Bu balığın temel rengi, genellikle yeşille canlı mavi karışımıdır (Şekil 2.2). Bu balıkların su sıcaklık istekleri 22-28 °C'dir. Üretilmeleri için istenilen sıcaklık 28 °C seviyesindedir.



Şekil 2.2. *Brachidanio albolineatus* (Alpbaz, 2010).

### ***Brancydanio frankei***

Hindistan’da bulunan bir tür olup üretimi yaygınlaşmıştır. Üzerinde bulunan renklerden dolayı daha çok “leopar danio” veya “leopar balığı” diye bilinir. Bu balığın gövdesinin ana rengi kirli sarıdır. Bu gövdenin üzerinde balığa leopar deseni özelliği kazandıran lacivert-siyah benekler bulunmaktadır (Şekil 2.3). Bu türün büyüklükleri yaklaşık 5-7,5 cm arasında değişmektedir.



Şekil 2.3. *Brachidanio frankei* (Alpbaz, 2010).

### ***Brachydanio nigrofasciatus***

Bu balıkların doğal yaşam alanı Burma’dır. Büyüklükleri en fazla 5 cm’ye ulaşabilmektedir. Bu balıklar diğer zebra balıkları gibi barışçıl ve hareketli bir yapıya sahiptirler. Gövdelerinin ana rengi kahverengidir. Mevcut bu ana renk üzerinde gövdelerini baştan kuyruğa geçen parlak mavi iki çizgi görülür. Çizginin altında bulunan sarı renk baskındır. Bu bölgede yer alan koyu benekler bu balıklara “benekli danio” adını kazandırmıştır. Bu yapıları ve özelliklerinden dolayı zebra balığı ile leopar balığının meleziymiş gibi bir görünüme sahiptirler (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. *Brachidanio nigrofasciatus* (Alpbaz, 2010).

### ***Brachydanio rerio - Danio rerio***

Bu balık Hindistan orijinlidir. Doğal yaşam alanları Bengal’de bulunmaktadır. Bu balıkların renklerine göre sarı ve gümüşü iki türü ayırt edilir. Bu ana renklerin üzerinde bulunan ve baştan kuyruk sonuna kadar uzanan lacivert yeşil metalik ışıltılı çizgiler bu balığa çok farklı bir görünüm kazandırır. Var olan bu renk deseniyle bilimsel adından çok “zebra balığı” olarak adlandırılır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. *Brachydanio rerio* (*Danio rerio*) (Alpbaz, 2010).

#### **2.3.2. Daniolar**

Bu balıklar “Bracyhdanio” lara çok fazla benzer özellik göstermektedirler. Onlardan daha büyüktürler ve geniş gövdeleri, geniş sırt yüzgeçleri ile ayırt edilirler. Bu balıkların aile bireyleri arasında yer alan *Danio malabaricus* ve *Danio regina*’nın büyüklüğü 11-12 cm, *Danio devario*’nun 10 cm civarındadır. Bu balıklara akvaryumlarda Bracyhdanio’lar kadar sık rastlanmaz. En yaygın türü *Danio malabaricus*’tur. Bu balıklar yaşama, beslenme ve üreme özellikleriyle Bracyhdanio’lardan farklı değiller.

#### ***Danio devario***

Bu balıkların anavatanı Kuzeybatı Hindistan sularıdır. Bengal dolaylarında çok fazla görünürler. Uzunlukları yaklaşık 10 cm’yi bulabilir ve gövdeleri geniş, çok hareketli ve hızlı yüzerler. Gövdelerindeki ana renk, parlak gümüşü renktir. Gövdede bulunan bu parlaklık alta doğru giderek canlılık özelliğini yitirip soluk renkte görünür (Şekil 2.6). Gelişmenin en iyi olduğu ortam, kireçli olmayan nötr su ve 22-27 °C sıcaklıktaki sulardır.



Şekil 2.6. *Danio devario* (Alpbaz, 2010).

### ***Danio malabaricus***

Bu balıkların doğal yaşam alanları, Malabar ve Seylan'ın tatlı sularıdır. Malabaricus adını Malabar kökenli olmaları sebebiyle alırlar. Bu balığın başka bir adı da Dev zebra olarak bilinmektedir. Boyları genellikle 11-12 cm, bazen de 14 cm'ye ulaşanlara rastlanmaktadır. Bununla birlikte akvaryumlarda büyüklükleri nadiren 10 cm'yi aştığı görülmektedir. Bu balığın sırtı gri yeşil renkte ve metaliktir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. *Danio malabaricus* (Alpbaz, 2010)

## ***Danio Rerio***

Bu balıklara Bangladeş ve Hindistan sularında rastlanmakla beraber, bu balığın akvaryumda yetiştirilmesi 1960'lı yıllardan sonra olmuştur. Değişik görünümünden dolayı bazı ülkelerde bu balık "kadın çorabı" diye de adlandırılmıştır. Bu balıklar akvaryum şartlarında nadir olarak 5 cm'ye ulaşabilmektedir. Doğada bulunan türleri ise 6-8 cm boyutlarına ulaşabilmektedir. Dişiler erkek balıklara göre daha büyük ve daha yuvarlak bir karna sahiptirler. Vücut renkleri altın veya gümüş renk tonu ile zeytin mavisidir. 4 adet mavi ve siyah çizgi başlarından kuyruklarına doğru uzanmaktadır (Şekil 2.8). Bu türün bireyleri diğer zebra balıkları gibi sürü halinde yaşamaktadırlar.



Şekil 2.8. *Danio rerio* (Alpbaz, 2010).

### **2.4. Zebra Balıklarının Beslenme Özellikleri**

Zebra balıkları (*Danio rerio*) omnivor beslenme özelliğine sahip bir türdür, yani hem bitki hem de et ağırlıklı besinleri tüketebilirler. Bu özellik, doğada çeşitli besin kaynaklarına adapte olmalarını sağlar. Yetişkin zebra balıklarının dibe çöken yemlere ilgi göstermediği bilgisi, akvaryum bakımı veya laboratuvar koşullarında bu balıkları beslerken önemlidir. Zebra balıkları, genellikle yüzme esnasında su yüzeyine yakın bölgelerde besinleri ararlar. Bu nedenle, akvaryumda veya laboratuvar ortamında sağlanan yiyeceklerin su yüzeyinde durması veya su içinde asılı kalması, balıkların daha kolay erişebilmesini sağlar (Spence vd., 2008). Araştırmalarda, zebra balıkları için uygun besinler arasında siliatlar, rotiferler, *Artemia salina* nauplii (tuzlu su artemia larvaları) ve özel olarak formüle edilmiş mikro parçacıklı balık yemler kullanılmıştır. Bu çeşitli besin kaynakları, zebra balıklarının sağlıklı bir beslenme alışkanlığı geliştirmelerine ve genellikle çeşitli ortamlarda kullanılmalara yardımcı olur (Kaushik vd., 2011).

Su ürünleri yetiştiriciliği açısından zebra balıklarının larva dönemi ve beslenme yöntemleri konusunda önemli öne çıkan noktalar:

1. Larva dönemi beslenme:
  - Yumurtaların döllenmesinden sonra, 6-15 gün içerisinde larvaların besin kesesini tüketmesini takiben, günde birkaç kez besleme yapılmalıdır.
  - Zebra balığı larvaları için bu dönemde rotifer (*Brachionus plicatilis*), *Artemia salina* veya toz kurutulmuş yem gibi uygun besin kaynakları kullanılabilir.
2. Juvenil dönem beslenme:
  - Larva safhasını geçmiş juvenil (genç birey) zebra balıklarına, döllenme sonrası 15-40 gün arası kurutulmuş yem ile birlikte 3-5 gün süreyle *Artemia salina* da verilebilir.
3. Yetişkin Dönem Beslenme:
  - Yetişkin zebra balıklarına kuru yem önerilir. Ayrıca, 1-3 gün arayla *Artemia salina* verilmesi de önerilmektedir.

Bu besleme stratejileri, zebra balıklarının farklı yaşam aşamalarında uygun beslenmelerini sağlamaya yönelik çeşitli kaynakların kullanılmasını içerir. Özellikle larva dönemi, su ürünleri yetiştiriciliği açısından kritik bir dönemdir ve doğru besleme, sağlıklı gelişim için önemlidir (Best vd., 2010).

## 2.5. Zebra Balıklarının Üreme Özellikleri Ve Üretimleri

Zebra balıklarının doğal ortamda üremeleri kolay olmasına rağmen, doğada yumurtanın döllenmesi ve çıkışının düşük oranda olduğu bilgisi ilginç bir durumu ifade etmektedir. Bu durum, doğal ortamda pek çok faktörün üreme başarısını etkileyebileceğini gösterir. Ayrıca, zebra balıklarının çevresel şartlara özellikle su sıcaklığına karşı dayanıklı oldukları belirtilmiştir. Su sıcaklığı, balıkların genel sağlığı, davranışları ve üreme yetenekleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Özellikle, sık aralıklarla üreme için optimum sıcaklığın 28 °C olduğu belirtilmiştir. Bu sıcaklık, zebra balıklarının doğal üreme koşullarını taklit etmek için akvaryum ortamlarında kullanılabilir. (Dede ve Çek-Yalnız, 2018). Ayrıca, pH seviyesinin 6,5-7,5 arasında olması gerektiği ifade edilmiştir. Bu pH aralığı, zebra balıklarının sağlıklı bir şekilde yaşaması ve üremesi için uygun bir çevre sağlamak amacıyla önerilmiştir (Lawrence, 2007; Hekimoğlu, 2009).

Zebra balıklarının doğal ortamlarında genellikle küçük balık sürüleri halinde yaşadığı ve üreme mevsiminin Nisan ile Ağustos ayları arasında olduğu bilinmektedir. Bu tür bilgiler, zebra balıklarının davranışsal özellikleri ve üreme alışkanlıkları hakkında önemli bir anlayış sağlar. Zebra balıklarının sürü halinde yaşaması, doğadaki birçok tatlı su türünde görülen bir davranıştır. Sürü halinde yaşamak, avcılara karşı korunmayı kolaylaştırabilir ve besin kaynaklarını daha etkili bir şekilde kullanmalarına yardımcı olabilir. Üreme mevsiminin Nisan-Ağustos ayları arasında olması, bu dönemde çiftleşme, yumurtlama ve yavruların büyümesi için uygun koşulların bulunduğunu

gösterir. Bu aylar genellikle sıcaklıkların yükseldiği, su koşullarının iyileştiği ve besin kaynaklarının daha fazla olduğu dönemleri içerebilir. Bu, zebra balıklarının üreme stratejilerine uygun bir dönem olarak kabul edilir (Mahapatra vd., 2004). Zebra balıkları (*Danio rerio*) yıllık üreme davranışı sergileyen bir türdür. Bu türün doğal üreme mevsimi, muson yağmurlarının hemen öncesine denk gelen dönemlerde başlar, genellikle Ağustos aylarında su sıcaklığının genellikle yüksek ve besin maddelerinin bol olduğu zamandır. Muson yağmurları, zebra balıklarının doğal yaşam alanlarında su seviyelerinin artmasına, su kalitesinin iyileşmesine ve genel olarak çevresel koşulların uygun hale gelmesine katkıda bulunabilir. Bu durum, üreme koşullarının iyileşmesini ve yavruların hayatta kalma şanslarını artırabilir. Zebra balıklarının doğal üreme davranışları, su koşulları, besin durumu ve mevsimsel faktörler gibi çevresel etmenlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bu tür bilgiler, zebra balıklarının biyolojisi ve üreme alışkanlıkları hakkında daha fazla bilgi sağlamaktadır (Talling ve Lemoalle, 1998).

Zebra balıkları (*Danio rerio*), doğada genellikle yumurtalarını sucul bitki örtüsünün olduğu yerlere, tercihen sığ sulara bırakır. Bu davranış, yumurtaların korunması ve yavruların uygun bir ortamda büyütülmesi için uygun koşulları sağlama amacını taşır. Ancak, zebra balıkları üreme sonrasında yumurta bakımı yapmazlar. Yani, anaçlar yumurtaları koruma davranışı göstermez ve döllenmiş yumurtaları aktif bir şekilde koruma görevini üstlenmezler. Bu, zebra balıklarının yumurtalarını bıraktıktan sonra genellikle bu bölgeleri terk etmeleri anlamına gelir. Bu üreme stratejisi, balıkların doğal yaşam alanlarındaki koşullara uyum sağlamalarına yardımcı olabilir. Sığ sular ve sucul bitki örtüsü, yumurtaların güvenli bir şekilde bırakılmasına ve bu ortamda yavruların hayatta kalma şanslarını artırmaya yöneliktir (Adatto vd., 2011). Zebra balıklarının doğal üreme davranışları ve yumurtlama alışkanlıkları göz önüne alındığında, akvaryum ortamlarında bu tür materyallerin eklenmesi önerilir. Özellikle çakıl ve bitki örtüsü, bu tür yumurtlayan balıklar için uygun üreme alanları sağlamak adına önemli olabilir (Spence vd. 2007). Zebra balığı (*Danio rerio*) bireylerinin döllenmeden sonra yumurtadan çıkış süresinin kısa olduğu ve genellikle 3 gün içinde gerçekleştiği belirtilmiştir. Bu hızlı gelişim süreci, zebra balıklarının yumurta aşamasından larva aşamasına geçişinin hızlı ve etkili olduğunu gösterir. Ayrıca, doğal yaşamlarında zebra balığı bireylerinin üreme olgunluğuna ulaşmalarının 5-6 ay kadar sürebileceği ifade edilmiştir. (Mahapatra vd., 2004). Doğada ve akvaryum ortamlarında zebra balıklarının üreme olgunluğuna erişme süresi üzerine yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Ancak, birçok çalışma, zebra balıklarının genellikle en erken 2 aylıkken üreme olgunluğuna ulaşabileceklerini göstermektedir (Lawrence vd., 2012).

Zebra balıkları, ovipar balıklar kategorisine dâhildir, yani döllenme süreci su içinde gerçekleşir ve yumurtalar suya bırakılır. Ayrıca, zebra balıklarında cinsel dimorfizm (cinsiyetler arasındaki görsel farklılıklar) bulunmaktadır.

Erkek ve dişi zebra balıkları arasındaki cinsel dimorfizm şu şekillerde gözlemlenebilir:

1. **Vücut Büyüklüğü ve Şekli:** Erkek zebra balıkları genellikle daha küçük ve daha ince yapıdadır. Dişiler ise genellikle daha büyük ve yuvarlak bir vücut şekline sahiptir.
2. **Renk ve Desen:** Erkeklerde genellikle daha belirgin renkler ve desenler görülür. Altın ve mavi çizgiler, özellikle eşleşme dönemlerinde daha belirgin hale gelir.
3. **Gövde Yapısı:** Erkeklerin gövdeleri genellikle daha uzun ve ince olup, dişilere göre daha belirgin renk özellikleri içerir.
4. **Anal Yüzgeç ve Genital Papilla:** Dişi zebra balıkları, anal yüzgeç önünde küçük bir genital papillaya sahiptir. Bu özellik, dişilerin cinsiyetini belirlemeye yardımcı olabilir.

Bu cinsel dimorfizm özellikleri, zebra balıklarının doğal üreme davranışlarını ve çiftleşme süreçlerini daha iyi anlamak için kullanılır. Ayrıca, akvaryum ortamında cinsiyetleri ayırt etmek, uygun çiftleşme koşulları sağlamak ve üremeyi takip etmek için de önemlidir (Parichy vd., 2009).

Dişi ve erkek zebra balıklarının cinsiyetini ayırt etmek, bazı fiziksel özelliklere dikkat etmeyi gerektirir. İşte bu ayrımlarda gözlemlenen bazı özellikler:

1. **Boyut ve Renk:** Erkek zebra balıkları genellikle dişilere göre daha ince yapıda ve daha koyu renklidir. Sarı, altın veya mavi renk tonları daha belirgin olabilir.
2. **Anal Yüzgeç:** Erkekler genellikle daha büyük anal yüzgece sahiptir. Anal yüzgeç, erkeklerde dişilere göre daha geniş olabilir.
3. **Karın Bölgesi:** Üreme olgunluğuna erişen dişi zebra balıkları, ovaryumda gelişen yumurtalardan dolayı daha dolu ve şişmiş bir karına sahip olabilir. Bu durum dişilerin karın bölgesinin genellikle daha belirgin olduğunu gösterir.
4. **Renk Tonu:** Üreme döneminde dişilerin renk tonu genellikle daha açık ve daha soluk olabilir. Erkekler ise parlak renklere sahip olabilir.

Genç zebra balıklarının cinsiyet ayrımı yapılması genellikle zordur ve bu durum, balıkların cinsiyetinin daha belirgin hale geldiği olgunluk dönemine kadar beklenmesini gerektirebilir. Cinsiyet belirleme konusundaki gözlemler, balıkların büyüdükçe ve üreme olgunluğuna ulaştıkça daha net hale gelir (Ruhl vd., 2009).

Zebra balıklarının çiftleşme davranışları ve yumurtlama süreciyle ilgili belirli bir takvim gözlemlenebilir. Akvaryum koşullarında zebra balıklarının çiftleşme davranışları, dişi feromonleri tarafından tetiklenen erkek balıkların kur yapma hareketleri ile başlamaktadır.

Çiftleşme süreci şu şekilde gelişebilir:

1. **Dişi Feromenleri ve Kur Yapma Hareketleri:** Dişi balıkların olgunlaşma dönemlerinde salgıladığı feromonlar, erkek balıkları çiftleşme davranışlarına yönlendirir. Erkek balıklar, dişi feromenleri tarafından çekildiklerinde, kur yapma hareketlerine başlarlar.
2. **Erkeklerin Renklenmesi ve Hareketlenmesi:** Erkek zebra balıkları, çiftleşme dönemlerinde daha belirgin renklere bürünebilir ve dişilere yönelik çeşitli görsel ve davranışsal sinyaller gönderirler. Bu, dişilere çiftleşme niyetini belirtmeye yönelik bir stratejidir.
3. **Suda Yüzme ve Çiftleşme:** Dişi ve erkek zebra balıkları, çiftleşme sırasında suda bir araya gelir ve yumurtlama gerçekleşir. Bu süreçte erkek balık, dişiyi takip ederek yumurtlama alanına yönlendirir ve döllenmiş yumurtaları alana bırakır.

Bu çiftleşme davranışları ve yumurtlama süreci, zebra balıklarının doğal üreme alışkanlıklarını yansıtarak akvaryum koşullarında da benzer şekilde gözlemlenebilir. Bu nedenle, akvaryum sahipleri bu davranışları izleyerek ve uygun ortam sağlayarak sağlıklı bir üreme süreci destekleyebilirler (Delaney vd., 2002). Zebra balıkları arasında, özellikle erkek bireyler arasında rekabet ve hiyerarşi olabilir. Bazı durumlarda, erkek zebra balıkları çiftleşme sırasında belirli bir alanı koruyabilirler. Bu alanda kendi döllenmiş yumurtalarını koruyarak rakip erkeklerin ve dişi balıkların bu bölgeye erişimini kısıtlayabilirler (Spence ve Smith, 2005). Zebra balıklarında dişilerin daha büyük ve baskın erkekleri tercih etmeleri, genellikle bu erkeklerin daha sağlıklı genlere, daha iyi üreme başarısına veya daha iyi ebeveynlik becerilerine sahip olmalarından kaynaklanabilir. Bu tür cinsel seçim, bireylerin genetik çeşitliliği artırarak türlerin evrimsel başarısına katkıda bulunabilir (Turnell vd., 2003).

Zebra (*Danio rerio*) dişileri, her yumurtlama olayında farklı sayıda yumurta bırakabilirler. Bu miktar, birçok faktöre bağlı olarak değişebilir, ancak genellikle tek bir yumurtlama olayında 100 ila 1000 yumurta arasında değişebilir. (Lawrence 2011). Zebra balıkları gibi bazı balık türleri, genellikle belirli bir döngüde düzenli aralıklarla yumurtlarlar. Dişi zebra balıkları, tipik olarak her 14 günde bir yumurtlama döngüsü yaşayabilirler. Ancak bu durum, bireyden bireye, çevresel koşullardan ve diğer faktörlerden etkilenebilir. Ayrıca, her yumurtlama olayında dişi zebra balıklarının ürettikleri yumurta sayısı da değişebilir. Belirtildiği gibi, bazen dişi zebra balıkları 200'den az sayıda yumurta üretebilirler. Bu miktar, dişinin genel sağlığı, yaş, beslenme durumu ve çevresel koşullara bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Kurtzman vd., 2010). Zebra balığı (*Danio rerio*) yumurtalarının çapı genellikle 0.7 ile 1.5 mm arasında değişmektedir (Matthews vd., 2002).

Zebra balığı (*Danio rerio*) yumurtaları döllendikten sonra genellikle kısa bir süre içinde çatlar ve yavrular yumurtadan çıkar. Bu süre genellikle 3 günü bulabilir (Kimmel vd., 1995). Zebra balıkları (*Danio rerio*) yumurtadan çıktıktan sonra embriyo oluşumu ve larvaların sert yüzeylere tutunma davranışları genellikle hızlı bir şekilde gözlemlenir. Döllenmeden sonra 0-72 saat içinde

embriyo oluşumu başlar ve bu süreç içinde embriyolar gelişir. Yavrular genellikle yumurtadan çıktıktan hemen sonra kafalarının üst tarafında bulunan küçük salgı hücreleri aracılığıyla sert yüzeylere tutunma eğilimindedirler. Bu davranış, genç balıkların suyun akışına karşı tutunarak kendilerini korumalarına ve belirli bir alanı savunmalarına yardımcı olur (Laale, 1977).

Zebra balıklarında döllenmeden sonra gerçekleşen dönem "pre-larva dönemi" olarak adlandırılmaktadır. Bu dönem genellikle 3 ila 13 gün arasında sürer ve embriyonun yumurtadan çıkmasını takiben gelişimin devam ettiği bir evre olarak kabul edilir. (Lindsay ve Vogt, 2004). Zebra balıkları gibi birçok balık türünde, larvalar yumurtadan çıktıktan sonra bir süre boyunca sabit durabilir ve hareketsiz kalabilirler. Ancak, belirli bir dönemden sonra yüzmeye, beslenme ve aktif kaçınma davranışlarına başlar ve bu tip davranışların genellikle 5. günde başlaması beklenir. Bu dönemde, larvaların kas gelişimi ve yüzmeye yetenekleri artar, beslenmeye başlarlar ve çevreleriyle etkileşimde bulunma yetenekleri gelişir (Reed ve Jennings, 2010).

1. **Döllenme Sonrası 14-29 Günler: Post-Larva Dönemi** Bu aşama genellikle "post-larva dönemi" olarak adlandırılır. Bu süreçte, larvaların vücut şekilleri tamamen oluşmaya başlar. Bu dönemde balıklar, larva aşamasındaki daha küçük ve basit vücut yapılarından daha belirgin hale gelirler.
2. **Döllenme Sonrası 30 Gün: Juvenil Dönemin Başlangıcı** Döllenme sonrasındaki 30 gün içinde, post-larva döneminin sona erdiği ve juvenil dönemin başladığı belirtilmiştir. Bu aşamada, balıklar genellikle daha büyük ve daha gelişmiş hale gelirler. Yavaş yavaş yetişkin bireylere benzer vücut yapılarına ulaşmaya başlarlar.
3. **3 veya 4 Ay Sonrası: Yetişkin Zebra Balıkları** Döllenme sonrasındaki 3 veya 4 ay içinde, balıklar genellikle juvenil dönemi tamamlar ve yetişkin zebra balıkları olarak adlandırılır. Bu dönemde balıklar cinsel olgunluğa ulaşabilir ve üreme davranışları sergileyebilirler (Ribas ve Piferrer, 2014).

Zebra balığı (*Danio rerio*), birçok araştırma ve akvaryum hobisi için popüler olan bir tatlı su balığı türüdür. Bu türün bir dizi avantajı vardır:

- **Çevresel Tolerans:** Zebra balıkları geniş bir sıcaklık aralığında yaşayabilirler ve farklı su kalitesi koşullarına oldukça dayanıklıdır. Bu özellikleri, farklı akvaryum ve laboratuvar koşullarında kullanılmasını kolaylaştırır.
- **Ulaşılabilirlik:** Zebra balıkları, ticari olarak kolayca temin edilebilen bir türdür. Bu, araştırmacılar, akvaryum hobileri ve eğitim kurumları için çeşitli çalışmalarda kullanılmasını kolaylaştırır.
- **Beslenme Adaptasyonu:** Zebra balıkları genellikle çeşitli ticari balık yemleri ve canlı yemleri kolayca kabul ederler. Bu, onların çeşitli beslenme ortamlarında ve rejimlerinde kullanılmasını sağlar.

- **Üreme Kolaylığı:** Zebra balıkları, laboratuvar koşullarında çabuk üreyebilen bir türdür. Bu özellikleri, genetik ve biyolojik çalışmalarda kullanılmalarını kolaylaştırır.

Bu avantajlar, zebra balıklarını genetik araştırmalar, ilaç testleri, çevresel toksikoloji çalışmaları, biyolojik öğrenme ve eğitim amaçları gibi birçok alanda popüler hale getirmiştir (Kimmel vd., 1995; Lele ve Krone 1996). Zebra balıkları (*Danio rerio*), doğal yaşam ortamlarında geniş bir sıcaklık aralığında hayatta kalabilen dayanıklı bir türdür. Yapılan farklı çalışmalarda, zebra balıklarının doğada 6.2 ila 42°C arasındaki geniş bir sıcaklık aralığında yaşayabildikleri gözlemlenmiştir. (Cortemeglia ve Beitinger, 2005). Çoğu laboratuvar ve akvaryum ortamında, zebra balıkları için tercih edilen sıcaklık genellikle 26-29°C arasında olup, özellikle 28°C'de sabit tutulması önerilir (Detrich vd., 2004).

## 2.6. Zebra Balığı Besleme Çalışmaları

Zebra balıklarının akvaryum ortamında optimum yaşam koşulları:

- **Su Koşulları:**  
Su sıcaklığı: 27 °C  
pH seviyesi: 7
- **Işık ve Dönemsel Aydınlatma:** Günde 14 saat ışık süresi ve 10 saat karanlık süresi uygulanması. Bu, zebra balıklarının doğal yaşam döngüsüne benzer bir ışık rejimini taklit etmeyi amaçlar.
- **Beslenme:** Günde 2-3 kez canlı yem destekli beslenme. Bu, zebra balıklarının sağlıklı bir şekilde büyümesini ve üremesini desteklemek için uygun bir beslenme rejimi olabilir. Canlı yemler arasında artemia, daphnia veya türlere uygun diğer canlı organizmalar bulunabilir.
- **Üreme Gözlemleri:** Üreme davranışlarının gözlemlenmesi ve bu davranışların fark edildiğinde yumurtlama akvaryumlarına alınması. Bu, yumurta bırakma sürecini daha iyi kontrol etmeyi ve yumurtaların korunmasını sağlamayı amaçlar.
- **Yumurtlama Akvaryumları:** Yumurtlama akvaryumlarına alındığında, yumurtaların korunması için tül kafeslerin yerleştirilmesi. Bu, yumurtaların diğer balıklar veya dış etkenlerden korunmasına yardımcı olur (Şişman ve Yıldırım, 2007).

Kucharczyk vd. (2018), 19-27 °C farklı su sıcaklıklarında zebra balıklarının üreme performansını değerlendirmişlerdir. Araştırmasında zebra balığının 19 °C'de, 20-40 günlük aralıklarla yüksek kalitede yumurtaların elde edilebileceğini öne sürmüşlerdir.

Zebra balığının (*Danio rerio*) genetik ve gelişimsel biyoloji araştırmalarında kullanımı dünya çapında artmaktadır (Schier vd.,1996; Stemple vd., 1996; Liu ve Cordes, 2004; Kondo, 2007; Craig ve Moon, 2011).

Bugüne kadar, zebra balığı yemiyle ilgili araştırmaların çoğu larvalar üzerinde yürütülmüş olup, (Onal ve Langdon, 2000; Carvalho, 2006; Spence ve Smith, 2006) genç ve cinsel açıdan olgun zebra balıklarına çok az ilgi gösterilmiştir (Markovich, 2007).

Zebra balığının çeşitli gelişim aşamalarındaki beslenme gereksinimleri hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak ve bu balıkları yetiştirmek için hangi yem veya yem kombinasyonunun en iyi olduğunu belirlemeye yardımcı olacaktır. Zebra balığının beslenme ihtiyaçlarının anlaşılması için, zebra balığı kültürünün beslenme uygulamalarında ticari olarak temin edilebilen çeşitli ürünler uygulanmaktadır (Westerfield, 2000). Bunlar arasında *Artemia*, balık pulu, çeşitli formüle edilmiş yavru yemleri ve rotiferlerin kullanımı yer alır, ancak bunlarla sınırlı değildir (Lawrence, 2007). Bazı durumlarda, bunların dâhil edilmesini gerektirecek kanıt olmamasına rağmen, beslenme programlarında benzer besin değerlerine sahip farklı yemler kullanılmaktadır. Ulusal Çocuk Sağlığı ve İnsan Gelişimi Enstitüsü (Bethesda, MD), yavru zebra balığı için *Artemia*, Hatchfry Encapsulon (AP Hatch 300 Ziegler Brothers, Gardners, PA) ve kril-balık pul karışımı dahil olmak üzere 2 karışımli bir diyet kullanılmıştır. Zebra balığı yetiştiriciliğinde bir yem veya besleme rejiminin faydalı olup olmadığını veya yetiştirici personele aşırı yük getirip getirmediğini belirlemek zordur. Balık yetiştiriciliğine yönelik herhangi bir diyetin analizinin önemli bir kısmı, üreme performansı üzerindeki etkilerin değerlendirilmesidir (Kaushik vd., 2011).

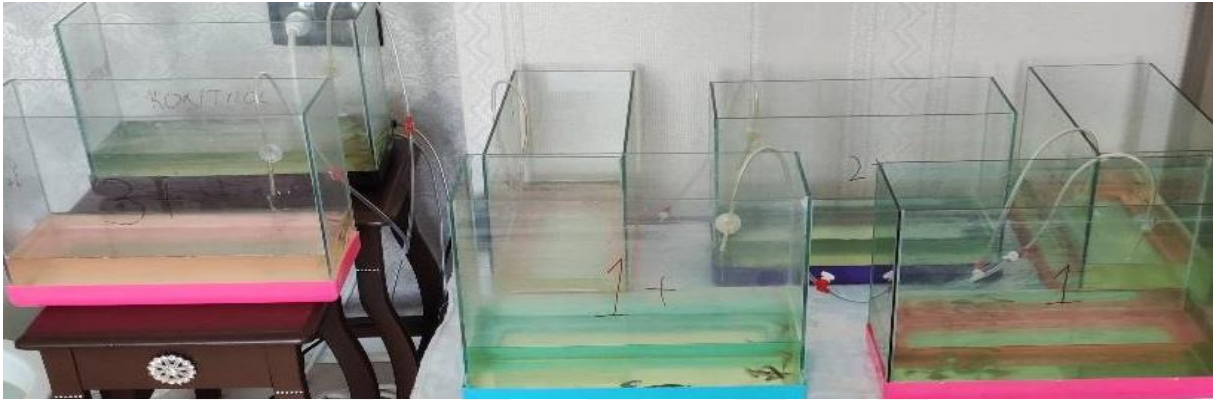
Zebra balığının protein gereksinimlerini spesifik olarak değerlendiren çok az çalışma vardır (Zhu vd., 2009). Protein gereksinimlerine ilişkin bilgilerde, önerilen %30-53 protein seviyeleridir (Ulloa vd., 2011). Protein (amino asit) gereksinimleri gelecekteki araştırmaların önemli bir alanı olmalıdır. Karbonhidrat gereksinimleri belirlenmemiştir; ancak Robison vd. (2008) diyetle karbonhidrat eksikliğinin büyüme oranlarını düşürdüğünü ve transkriptomu etkilediğini belirtmiştir. Ayrıca zebra balığının büyüme oranlarının, yüksek düzeydeki diyet karbonhidratlarından (%35'e kadar nişasta) etkilenmediğini, ancak vücut kompozisyonunun değiştiğini belirtmiştir. Zebra balığında lipit gereksinimleri minimum düzeyde değerlendirilmiştir. Meinelt vd (1999; 2000) büyüme, yumurta üretimi ve döllenme başarısı için hem n3 hem de n6 yağ asitlerinin gerekli olduğunu belirtmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırmanın Uygulama Yeri

Tez çalışması Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Akvaryum Laboratuvarında yapılmıştır (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. Çalışma düzeni besleme akvaryumları.

##### 3.1.2. Araştırmada Kullanılan Balık Materyali

Araştırmada yerel bir akvaryumcudan temin edilen ve ortalama ağırlıkları  $0,30 \pm 0,04$  gr olan 180 adet yavru zebra balığı (*Danio rerio*) kullanıldı. Denemede kullanılacak balıklar akvaryumlara stoklanıp, optimum yaşam koşullarında (havalandırma-filtrasyon) 2 hafta boyunca adaptasyonu sağlandı. Bu sürede yavru balıklar sabah-akşam olmak üzere günde 2 defa balıkların 5dk içinde yiyip bitirecekleri (*ad-libitum*) şekilde beslenme yapıldı.

##### 3.1.3. Araştırmada Kullanılan Akvaryumlar ve Yem Materyali

Araştırma için boyutları 20x30x40 cm olan 12 adet akvaryum kullanıldı. Her bir akvaryuma 15'er adet balık stoklandı. Çalışmada 4 farklı ticari yem için 4 grup oluşturuldu ve her grup için 3 tekrar yapıldı. Piyasada en çok kullanılan, besin değeri yüksek ve en çok tercih edilen yemler araştırılarak bunlardan 4 tanesi yem gruplarımızı oluşturdu. Araştırmada kullanılan yemlerin besin bileşenleri ve besin değerleri ticari yemlerin etiketlerinde belirtilenlere göre verilmiştir. Bunlar;

## 1. Grup: Tetra Pro Yemi (Pul-yem) ve Yem İçerik Bileşenleri

Bu yemin bileşiminde; balık ve balık yan ürünleri, tahıllar (buğday, mısır), mayalar, bitkisel albümin ekstraktı, yumuşakçalar ve kabuklu hayvanlar, sıvı ve katı yağlar, yosun (spirulina maxima 1,1%). Çeşitli şekerler (oligofruktoz 1,0%) bulunmaktadır. Analitik Bileşenlerinde ise Ham protein %46,0, sıvı ve katı ham yağlar %12,0, ham selüloz %3, nem oranı %9,0 oranında bulunmaktadır.

Ayrıca yemin içeriğinde katkı maddeleri olarak; vitaminler, provitaminler ve benzer etkiye sahip D3 vitamini 1860 IE/kg bulunmaktadır. Mikrobesein bağlantıları olarak da; E5 manganiz 68 mg/kg., E6 Çinko 40mg/kg., E1 demir 26 mg/kg., renklendiriciler, koruyucular, antioksidan maddeler bulunmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Tetra Pro yemi.

## 2. Grup: Tetra Min Pul Yemi ve Yem İçerik Bileşenleri

Bu yemin bileşiminde; balık ve balık yan ürünleri, tahıllar (buğday, mısır), mayalar, bitkisel protein ekstraktı, yumuşakçalar ve kabuklu hayvanlar, sıvı ve katı yağlar, yosunlar, Şekerler (Oligofruktoz%1.0), mineraller bulunmaktadır. Analitik bileşenlerinde ise ham protein % 46.0, sıvı ve katı ham yağlar % 11.0, ham selüloz %3.0, Nem oranı % 6.0 olarak belirtilmiştir.

Katkı maddeler olarak; vitaminler, pro vitaminler ve benzer etkiye sahip maddeler bulunmaktadır. İçeriğindeki kimyasal maddelerden D3 vitamini 1990 IE/kg bulunmaktadır. Yem içeriğindeki mikro besin bağlantıları E5 manganiz 96 mg/kg., E6 çinko 57 mg/kg., E1 demir 37 mg/kg., E3 kobalt 0,7 mg/kg. olup, ayrıca renklendiriciler, antioksidan maddeler bulunmaktadır (Şekil 3.3)



Şekil 3.3. Tetra Min pul yemi.

### 3. Grup: *Spirulina garlic* Yemi ve Yem İçerik Bileşenleri

Bu yemin bileşiminde kullanılan hammaddeler, LT balık unu, omega 3 balık yağı, deniz algi, spirulina, lestine, taurine, (A2704-12/ACS-GM005-3), MON403-2(MON-04032-6) ve MON89788(MON89788-) ayırt edici kimlik kodlu genleri ihtiva etmektedir. Buğday unu, vitaminler, mineraller, fosfolipidler, karbonhidratlar, bağışıklık ve sindirim sistemi düzenleyici, toksin bağlayıcılar (MOS&beta-Glucan) ve doğal antioksidanlar yem içerik bileşeninde bulunmaktadır. Ayrıca temel besin değerlerinde; ham protein %44.0, sıvı ve katı ham yağlar %4.0, ham selüloz %3.0, ham kül oranı %7.0 oranlarında bulunmaktadır (Şekil 3.4).

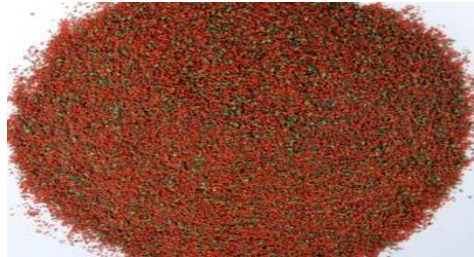


Şekil 3.4. *Spirulina Garlic* yemi.

### 4. Grup: Tropical mix Yemi ve Yem İçerik Bileşenleri

Bu yemin bileşiminde kullanılan hammaddeler, Balık ve balık ürünleri (premium balık unu), tahıllar, bitkisel protein kaynakları, soya proteini, bitkisel yağlar, balık yağı, yumuşakçalar ve kabuklular (krill unu, gammarus unu, kalamar unu), algler (*Schizochytrium sp.*, *Chlorella sp.*, *Spirulina sp.*), Sebzeler (sarımsak), vitamin premiksi, mineral premiksi, küf önleyici, kolin klorit, carophyl pink bulunmaktadır.

Ayrıca temel besin değerleri olarak; ham protein %50.0, sıvı ve katı ham yağlar %9.0, lif %3.0, Nem %7.0, ham kül oranı % 6.0 oranında bulunmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Tropical Mix yemi.

### 3.1.4. Balıkları Beslenme Şekli ve Sıklığı

Deneme süresince (2 ay) Zebra balıkları (*Danio rerio*) oluşturulan yem grupları ile günde 2 kez (sabah-akşam) balıkların 5 dk içinde yiyip bitirecekleri şekilde ad-libitum olarak besleme yapıldı. Doyma, 5 dakikalık bir süre içinde balığın artık aktif olarak yiyecek aramadığı nokta olarak tanımlandı. Tanklar en az her 2 günde bir katı atıklardan sifonlandı. Büyüme değerlendirme süresi 60 gün sürdü. Bu balıkların beslenmesi ile oluşan akvaryum kirliliğine karşı bütün akvaryumlar her hafta olarak haftada 2 defa akvaryum suyunun 3/2 si alınarak yerine dinlendirilmiş çeşme suyu ile değiştirilerek akvaryumun temiz kalması sağlandı (Gonzales, 2012).

### 3.1.5. Su Parametrelerinin Belirlenmesi

Deneme boyunca sıcaklığı 25°C ile 27°C olan dinlendirilmiş çeşme suyu kullanıldı. Suyun sıcaklığı, pH ve sudaki çözülmüş oksijen değerleri yemlemeden önce ve sonra günlük ölçülerek, uygun parametreler sağlandı.

### 3.1.6. Araştırmada Kullanılan Diğer Materyaller

Yapılan deneme analizlerinde kullanılan cihazlar Şekil 3.6'da listelenmiştir.

Cihazlar	Firma
Akvaryum hava motoru(çift giriş), RS-390	RS Electrical
Akvaryum hava motoru(tek giriş), SB-248	SOBO Electrical
Akvaryum su Filtre motoru, RS-605	RS Electrical
Hassas digital terazi(duyarlılık 500 gr/0,01 gr.), I-2000	P.R.C
Sıcaklık ve pH	YSI pH metre
Çözülmüş O <sub>2</sub>	YSI O <sub>2</sub> metre

Şekil 3.6. Araştırmada kullanılan cihazlar.

## 3.2. Metod

Araştırmaya başlamadan önce her akvaryumdaki balıkların başlangıç vücut ağırlıkları ölçüldü. Denemede kullanılan balıkların her ay sonunda boy-ağırlık ölçümleri yapıldı. 30 gün ara ile deneme sonunda her akvaryumdaki balıklar (yaklaşık  $n = 15$ ) dışarı çıkarıldı ve canlı ağırlıkları tespit edildi. Ortalama canlı ağırlık (g), deney balıklarının toplam ağırlığının, her bir akvaryum

tankındaki toplam balık sayısına bölünmesiyle hesaplandı. Örnekleme sabah saatlerinde yapıp, örneklemeden önceki akşam balıklara yem verilmedi.

Kullanılan ticari yemlerin zebra balıklarında büyüme, yaşama oranı ve kondüsyon faktörüne etkileri belirlendi. Araştırmada, balıkların ağırlık ölçümleri, 0.01 g hassasiyetli dijital teraziyle, toplam boy ölçümleri ise ölçüm cetveli ile yapıldı. Ölçüm uygulamalarında her akvaryumdan rastgele 5 balık numunesi alınarak balıkların ilk boyları ve 2 ayın sonunda ulaştıkları son boyları ölçülerek ortalamaları alındı. Tartım işleminde denemede kullanılan her akvaryum 0.01 g hassasiyetli dijital teraziyle ayrı ayrı tartılarak veriler elde edildi.

### **3.2.1. Yavru Balık Stokunun Oluşturulması**

Araştırma denemesinde kullanılan 180 adet zebra balıkları (*Danio rerio*) Elazığ ili Merkez ilçesinde bulunan ticari bir akvaryumcudan tedarik edildi. Yavru balıklar fiziksel olarak gözlemlenerek kontrol edilerek, vücutlarında hastalık belirtilerine (yara, pul atması vb.) rastlanmadı. Tedarik edilen yavru balıklar içerisine 1/3 oranında su/oksijen basılmış plastik taşıma torbalara konularak ağız sıkıca bağlanarak, denemenin yapılacağı laboratuvara götürüldü.

### **3.2.2. Yavru Balıkların Akvaryumlara Alınması ve Yapılan Çalışmalar**

Denemede kullanılan yavru balıklar adaptasyon sürecinden sonra, önceden hazırlanan ve dinlendirilmiş su bulunan 12 adet akvaryuma her bir akvaryuma 15'er adet balık olacak şekilde stoklandı. Araştırma için kullanılan 4 farklı ticari yemler ile sabah-akşam yemleme yapılarak su sıcaklıkları her gün kontrol edildi ve balık hareketleri gözlemlendi. Deneme çalışmasına 60 gün devam edilerek veriler kayıt altına alındı.

### **3.2.3. Balık Büyüme ve Yem Değerlendirme Oranlarının Belirlenmesi**

Yapılan araştırmada canlı ağırlık artışı ile başlangıç boyu ve çalışma sonu boyu ölçülerek; mutlak, oransal ve spesifik büyüme hesaplandı. Büyüme parametrelerinin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanıldı (Çetinkaya, 2005). Gelişmenin biyometrik olarak değerlendirilmesinde aşağıdaki parametreler ilgili formüller hesaplanarak belirlendi.

#### ***Ortalama Ağırlık Artışı(OAA)***

Zebra balıkları (*Danio rerio*)'nın canlı ağırlık artışı; balıkların çalışma sonu ortalama ağırlığından çalışma başı ortalama ağırlığının çıkarılmasıyla bulunmuş ve ortalama canlı ağırlık, toplam ağırlığının birey sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir.

OAA = Son Ortalama Ağırlık (g) – Başlangıç Ortalama Ağırlık (g)

### ***Oransal Büyüme (Relatif büyüme, OB)***

Zebra balıkları (*Danio rerio*)'nın oransal büyümelerinin belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanıldı. Bu yöntemle göre, oransal büyüme; çalışma sonu ortalama ağırlığın çalışma başı ortalama ağırlığına oranlanması ve yüze çarpımı ile belirlendi.

$$OB = \frac{\text{Son ortalama vücut ağırlığı} - \text{Başlangıç ortalama vücut ağırlığı}}{\text{İlk ortalama vücut ağırlığı}} \times 100$$

### ***Spesifik Büyüme Oranı (SBO)***

$$SBO (\% \text{ gün}) = \frac{\text{Son vücut ağırlığı} - \text{Başlangıç ortalama vücut ağırlığı}}{\text{Deneme gün sayısı}} \times 100$$

### ***Kondisyon Faktörü (KF)***

$$\text{Kondisyon faktörü (K)} = \frac{W \times 100}{L^3}$$

(W: Vücut ağırlığı (g), L: Total boy (cm))

### ***Yem Değerlendirme Oranı (YDO)***

$$YDO = \frac{\text{Ağırlık artışı (g)}}{\text{Yem Tüketimi (g)}}$$

### ***Yaşama Oranı (YO)***

$$\text{Yaşama Oranı (YO, \%)} = \frac{N_s \times 100}{N_b}$$

Formülüne göre yaşama oranı (YO), deneme sonunda tankta kalan balık sayısının (Ns) deneme başındaki balık sayısına (Nb) oranlanmasıyla hesaplandı (Arıman ve Aras 2003).

### **3.2.3. İstatistiksel Hesaplamalar**

Denemede elde edilen veriler SPSS 26.0 paket programında One-Way ANOVA testi ile değerlendirildi (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). Araştırmada incelenen parametrelerin önem derecelerini karşılaştırırken sonuçlar ortalama değer olarak verilmiş ve varyans analizi ile belirlenmiştir. Gruplar arasındaki önem derecesi ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiş ve düzeyi P<0.05 olarak seçilmiştir (Özdamar, 2001).

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.2. Su Kalitesi Parametreleri

DeneySEL çalışmalar sırasında su kalitesi parametreleri ölçülmüştür. Deneme boyunca sıcaklığı 25°C ile 27°C olan dinlendirilmiş kaynak suyu kullanıldı. Deney süresince pH 8,06 -8,38, arasında olduğu kaydedildi. Sudaki çözünmüş oksijen seviyesi akvaryumlarda 5,8 ila 7,2 mg/l arasında değişmiştir.

### 4.3. Büyüme Parametreleri Araştırma Bulguları

Çalışma sonucunda 4 farklı yemin zebra balıklarındaki büyüme parametreleri Tablo 4.1' de verilmiştir.

**Tablo: 4.1.** Yavru zebra balıklarında dört farklı ticari yem ile yapılan besleme sonunda büyüme ve yem parametrelerine ait değerler.

Parametreler*	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup
Başlangıç Ağırlığı (g)	0,3±0,04 <sup>a</sup>	0,3±0,04 <sup>a</sup>	0,3±0,04 <sup>a</sup>	0,3±0,04 <sup>a</sup>
Son Ağırlık (g)	0,69±0,03 <sup>a</sup>	0,76±0,04 <sup>b</sup>	0,67±0,05 <sup>a</sup>	0,68±0,03 <sup>a</sup>
Ortalama Ağırlık Artışı (g)	0,39±0,05 <sup>b</sup>	0,45±0,06 <sup>c</sup>	0,37±0,04 <sup>a</sup>	0,38±0,04 <sup>ab</sup>
Oransal Büyüme (OB) (%)	130±0,15 <sup>b</sup>	150±0,18 <sup>c</sup>	123,3±0,17 <sup>a</sup>	126,7±0,13 <sup>ab</sup>
Spesifik Büyüme Oranı (% gün)	0,65±0,04 <sup>a</sup>	0,75±0,05 <sup>b</sup>	0,62±0,04 <sup>a</sup>	0,63±0,03 <sup>a</sup>
Kondisyon Faktörü (%)	1,08±0,05 <sup>c</sup>	0,95±0,07 <sup>b</sup>	0,84±0,06 <sup>a</sup>	0,91±0,04 <sup>b</sup>
Yem Tüketimi (g/gün/balık)	0,47±0,03 <sup>b</sup>	0,39±0,05 <sup>a</sup>	0,45±0,04 <sup>b</sup>	0,46±0,02 <sup>b</sup>
Yem Değerlendirme Oranı				
Yaşama Oranı (%)	71±0,18 <sup>a</sup>	87±0,15 <sup>c</sup>	82±0,09 <sup>b</sup>	78±0,08 <sup>b</sup>

\*Aynı satırdaki farklı harflerle (a, b, c) belirtilen ortalama değerler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (N= 3, P<0,05).

Başlangıç ağırlığı olarak gruplar arasında (1. Grup: Tetra Pro Yemi, 2. Grup: Tetra Min Pul Yemi 3. Grup: *Spirulina garlic* Yemi ve 4. Grup: Tropical mix Yemi) bir fark görülmemiştir.

Besleme çalışması sonunda son ağırlık değeri olarak gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuştur (P<0,05), Tetra Min Pul yemi ile beslenen 2. deneme grubu ortalama olarak 0,76 g ile diğer gruplara göre daha fazla ağırlık artışı sağlamıştır. Çalışmada son ağırlıklarda 1, 3 ve 4. Gruplarda fark birbirine yakındır. Bunları sırasıyla; 0,69 g ortalama ağırlık ile 1. Grup: Tetra Pro yemi, 0,68 g ortalama ağırlık ile 4. Grup: Tropical mix yemi ve 0,67 g ortalama ağırlık ile 3. Grup: *Spirulina garlic* yemi takip etmiştir. Son ağırlık ortalaması en yüksek 0,76 g ile

Tetra Min Pul yemi ile beslenen 2. deneme grubu oluştururken, en düşük ortalama son ağırlığı 0,67g olan *Spirulina garlic* yemi ile beslenen üçüncü gruptaki balıklar oluşturmuştur.

Ortalama canlı ağırlık artışı olarak; gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Tetra Min Pul yemi ile beslenen 2. deneme grubu ortalama olarak 0,45 g ile diğer gruplara göre daha fazla ortalama canlı ağırlık artışı sağlamıştır. Bunları sırasıyla; 0,39 g ortalama ağırlık ile 1. Grup: Tetra Pro yemi, 0,38 g ortalama ağırlık ile 4. Grup: Tropical mix yemi ve 0,37 g ortalama ağırlık ile 3. Grup: *Spirulina garlic* yemi takip etmiştir. Ortalama canlı ağırlık artışı en yüksek  $0,45\pm 0,06$  g ile Tetra Min Pul Yemi ile beslenen 2. deneme grubu oluştururken, en düşük ortalama son ağırlığı  $0,37\pm 0,04$  g olan *Spirulina garlic* yemi ile beslenen üçüncü gruptaki balıklar oluşturmuştur.

Oransal büyüme olarak; gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Tetra Min Pul yemi ile beslenen 2. deneme grubu balıklarında oransal büyüme oranı %150 ile diğer gruplara göre daha yüksektir. Bunları sırasıyla; %130 oransal büyüme oranı ile 1. Grup: Tetra Pro yemi, %126,7 oransal büyüme oranı ile 4. Grup: Tropical mix yemi ve %123,3 oransal büyüme oranı ile 3. Grup: *Spirulina garlic* yemi takip etmiştir. Oransal büyüme en yüksek %150 ile Tetra Min Pul Yemi ile beslenen 2. deneme grubu balıklar oluştururken, en düşük oransal büyüme %123,3 *Spirulina garlic* yemi ile beslenen üçüncü gruptaki balıklar oluşturmuştur.

Spesifik Büyüme Oranı (% gün) parametresine göre; gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunup ( $P<0,05$ ), Tetra Min Pul yemi ile beslenen 2. deneme grubu %0,75 gün ile diğer gruplara göre daha yüksektir. Bunları sırasıyla; %0,65 gün spesifik büyüme oranı ile 1. Grup: Tetra Pro yemi, %0,63 spesifik büyüme ile 4. Grup: Tropical mix yemi ve %0,62 spesifik büyüme ile 3. Grup: *Spirulina garlic* yemi takip etmiştir. Spesifik büyüme oranı en yüksek %0,75 ile Tetra Min Pul yemi ile beslenen 2. deneme grubu balıklar oluştururken, en düşük spesifik büyüme oranı %0,62 *Spirulina garlic* yemi ile beslenen üçüncü gruptaki balıklar oluşturmuştur.

Kondisyon faktörü bakımından (%); gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilip ( $P<0,05$ ), Tetra Pro yemi ile beslenen 1. deneme grubunda %1,08 kondisyon faktörü ile diğer gruplara göre daha yüksektir. Bunları sırasıyla; %0,95 kondisyon faktörü ile 2. Grup: Tetra Min Pul yemi, %0,91 kondisyon faktörü ile 4. Grup: Tropical mix yemi ve %0,84 spesifik büyüme ile 3. Grup: *Spirulina garlic* yemi takip etmiştir. Kondisyon faktörü en yüksek %1,08 ile Tetra Pro yemi ile beslenen 1. deneme grubu balıklar oluştururken, en düşük kondisyon faktörü %0,84 *Spirulina garlic* yemi ile beslenen üçüncü gruptaki balıklar oluşturmuştur.

Yem Değerlendirme Oranı bakımından; gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ( $P<0,05$ ), Tetra Min Pul yemi ile beslenen 2. deneme grubunda  $0,39\pm 0,05$  Yem Değerlendirme Oranı ile diğer gruplara göre daha anlamlı bulunmuştur. Bunları sırasıyla;

0,45±0,04 Yem Değerlendirme Oranı ile *Spirulina garlic* yemi ile beslenen 3. Grup, 0,46±0,02 Yem Değerlendirme Oranı ile Tropical mix yemi 4. Grup ve 0,47±0,04 Yem Değerlendirme Oranı Tetra Pro yemi ile beslenen 1. Grup takip etmiştir. Yem Değerlendirme Oranı bakımından diğer 3 grup arasındaki fark önemsizdir. Yem Değerlendirme Oranı en yüksek 0,39±0,05 ile Tetra Min Pul yemi verilen 2. deneme grubu balıklar oluştururken, en düşük 0,47±0,04 Tetra Pro yemi ile beslenen 1. Grup gruptaki balıklar oluşturmuştur. Sonuç olarak, Yem Değerlendirme Oranı olarak 2. deneme grubu balıklarına verilen Tetra Min Pul yemi olduğu görülmektedir

Çalışma sonunda yaşama oranı (%) gruplar arasında istatistiksel olarak farklar önemlidir (P<0,05). Tetra Min Pul yemi ile beslenen 2. deneme grubunda %87 ile diğer gruplara göre yaşama oranı daha fazladır. Bunları sırasıyla; %82 yaşama oranı ile 3. Grup: *Spirulina garlic* yemi, %78 yaşama oranı ile 4. Grup: Tropical mix yemi ve %71 yaşama oranı ile 1. Grup: Tetra Pro yemi takip etmiştir. Yaşama oranı en yüksek %87 ile Tetra Min Pul yemi ile beslenen 2. deneme grubu oluştururken, en düşük yaşama oranı %71 ile Tetra Pro yemi ile beslenen birinci gruptaki balıklar oluşturmuştur.

Araştırmada kullanılan ticari yemlerin besin içerikleri ve besin değerleri birbirinden farklı özelliklere sahiptir. Bu nedenle büyüme parametrelerinde istatistiksel açıdan gruplar arasında (P<0,05) önemli farklar bulunmuştur. Ayrıca yaşama oranları üzerinde etkilerinin de farklı olduğu anlaşılmaktadır. Farklı ticari yemlerin içeriğinde bulunan bileşenler ile yemin balıklar üzerindeki büyüme performansını arttırdığı, daha yüksek bir yaşama oranı başarısına ulaşılabildiği ortaya çıkmaktadır. Çalışmamızda özellikle Tetra Min Pul yemi verilen balıklarda istatistiksel açıdan tüm parametrelerde önemli farkların olduğu görülmektedir. Zebra balığının farklı ticari yemlerle yapılan besleme çalışmasında her yemin kendine has özellikleri olduğu tespit edilmiştir. Bu yemlerden;

Tetra Pro yemi sert bir özelliğe sahip olduğu, suda geç yumuşadığından ve akvaryuma bütün olarak atıldığında direkt su dibine çöktüğünden dolayı zamanla su kirliliğine sebep olduğu tespit edilmiştir. Yemlerin ufalanıp akvaryuma atılması sonucu ise yenmeyen yemlerin akvaryum kirliliğine sebep olduğu gözlemlenmiştir.

Tetra Min Pul yemi ile beslenen zebra balıklarında akvaryum kirliliği çok az tespit edilmiş olup, balıkların verilen bu yemlerin maksimum seviyede değerlendirdiği tespit edilmiştir. Besleme çalışmasında akvaryuma verilen bu yemin su yüzeyinde belirli bir sürede askıda kaldığı, askıda kalan yemin balıklar tarafından sevilerek yenildiği ve kalan yemler ise yavaş yavaş su yüzeyinden aşağıya doğru indiği gözlemlenmiştir. Bu sırada dibe doğru inen yemlerinde balıklar tarafından alındığı tespit edilmiştir. Bu da Tetra Min Pul yeminin diğer yemler göre daha avantajlı kılmasının nedenlerinden biri olduğu düşünülmektedir.

*Spirulina garlic* yemi ile beslenen zebra balıklarının yemi almasında zorlandığı çalışmamızda tespit edilmiştir. Akvaryuma atılan bu yemin dağılarak su yüzeyine yayılması ve suda hemen çözünerek toz haline gelmesinden dolayı balıkların bu yemi almasının zor olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca yapısında bulunan alglerden dolayı, suda çözünerek askıda kalmakta ve akvaryumdaki su kirliliğine sebep olduğu gözlemlenmiştir.

Tropical mix yemi ile beslenen zebra balıklarında, akvaryuma atılan yemlerin ağırlığından dolayı hemen suyun dibine çöktüğü ve balıkların tabana çöken yemleri daha zor aldıkları tespit edilmiştir.

Bu çalışmada ham protein oranları % 46-50 arasında değişen dört farklı ticari yem kullanılarak zebra balığının büyüme performansları değerlendirilmiştir. Literatürde zebra balığı üzerine yapılan bir çalışmada (Jaya-Ram vd, 2008) ham protein oranı %33,6-34,5 arasında değişen üç farklı yem kullanılmış ve 120 gün süre ile besleme yapılmasına rağmen bu çalışmaya göre daha düşük ağırlık artışları elde edilmiştir. Literatür çalışması ile yaptığımız çalışma karşılaştırıldığında, literatürdeki büyüme oranları ve nihai ortalama boyutlar oldukça azdır. Bunun nedeni çalışmamızda kullanılan yemlerin protein oranlarının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Diogo vd. (2015) yaptıkları çalışmada, 210 günlük deney süresinden sonra diyetdeki protein düzeylerinin artmasıyla zebra balıklarında anlamlı olmayan bir artış olmuştur ki bunun nedeni protein kullanımının artması değil, diyetlerdeki düşük lipit düzeylerine bağlı olabileceği öngörülmüştür. Gonzales (2012), yaptığı çalışmada canlı ve kuru farklı 8 yem kombinasyonu kullanmış ve zebra balığının büyüme performansının belirli bir yem veya yem kombinasyonundan etkilenmediğini bildirmiştir.

Balıklarda beslenme, balık yetiştiriciliğinin gelişmesinde önemli bir faktör olarak belirlenmiştir (Izquierdo vd., 2001; Kaushik vd., 2011). Hangi tür yemlerin ve beslenme kombinasyonlarının zebra balığı için en iyi büyüme ve üreme performansını sağladığı tartışma konusu olmuştur. Laboratuvar koşullarında, zebra balığının diyeti, yavrudan yetişkine doğru büyüdükçe değişecektir ve diyetdeki değişiklik, besin maddelerindeki farklılıklar nedeniyle büyük olasılıkla gelişim ve üreme performanslarında da değişecektir (Paull vd., 2010; Kaushik vd., 2011). Diyetdeki yüksek protein seviyesinin, tatlı su süs balıkları mavi çizgili hap (*Labidochromis caeruleus*)' ta daha düşük diyet proteini ile beslenen balıklara göre daha yüksek ortalama ağırlık artışı ve spesifik büyüme oranı ile sonuçlandığını göstermiştir. Diğer taraftan balıkların düşük proteinli yemlerle beslenmesi durumunda canlı ağırlıkta azalma meydana geldiği rapor edilmiştir (Dabrowski, 1977). Gonzales ve Law (2013), diyetdeki protein düzeyinin artmasıyla büyümenin önemli ölçüde arttığını bildirmiştir. Aynı çalışmada günlük olarak üç kez ticari diyetle ve bir kez Artemia ile beslenen zebra balıklarının, yalnızca Artemia ve bir kez ticari diyetle karşılaştırıldığında önemli ölçüde ( $P < 0.05$ ) daha fazla ağırlık artışına ve spesifik büyüme oranına sahip olduğunu bulmuştur.

Bu çalışmada yaşama oranı (%) olarak gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Tetra Min Pul yemi ile beslenen 2. deneme grubunda %87 ile diğer gruplara göre yaşama oranı daha fazladır. Bunları sırasıyla; %82 yaşama oranı ile 3. Grup: *Spirulina garlic* yemi, %78 yaşama oranı ile 4. Grup: Tropical mix yemi ve %71 yaşama oranı ile 1. Grup: Tetra Pro yemi takip etmiştir. Yaşama oranı en yüksek %87 ile Tetra Min Pul yemi ile beslenen 2. deneme grubu oluştururken, en düşük yaşama oranı %71 ile Tetra Pro yemi ile beslenen birinci gruptaki balıklar oluşturmuştur. Benzer bir çalışmada (Olvera-Novoa vd., 1996) canlı yem ve farklı protein oranlarına sahip kuru yemlerle yapılan beslemede hayatta kalma oranı olarak gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir, bu da mevcut bulguları desteklememektedir. Başka bir çalışmada ise Sotolu (2010), 300, 350 ve 400 g kg<sup>-1</sup> ham protein içeren üç diyet arasında, en yüksek protein düzeyine (400 g kg<sup>-1</sup> CP) sahip olan diyetlerin, *Clarias gariepinus*'ta daha yüksek hayatta kalma oranıyla sonuçlandığını göstermiştir.

Balığın gerçek diyet protein ihtiyacı aynı zamanda protein kalitesi, protein/enerji oranı, lipid seviyeleri, diyet proteininin sindirilebilirliği ve protein dışı enerji kaynaklarının miktarı gibi faktörlerden de etkilendiğinden, bu faktörlerin dikkate alındığı ileri çalışmalara ihtiyaç duyulacaktır. Daha kesin bir tespit ile yüksek proteinli yemlerin daha iyi büyüme ve hayatta kalma oranı gösterdiği sonucuna varılabilir. Çalışmada kullanılan ticari yemlerin ham protein oranları %46-50 olup, bu da diğer çalışmalarla kıyaslandığında büyüme performansı açısından olumlu sonuçlar alınmıştır.

Zebra balığı yetiştiricileri, zaman zaman yaş yemlerden oluşan diyetlerle balıklarını beslemektedirler. Ancak yaş yemin üretilmesi kolay olmamakla birlikte saklaması ve uygulaması son derece zor olmakta ve balıkların sağlıklarını olumsuz yönde etkileyip akvaryum ya da tank ortamının daha hızlı bir şekilde kirlenmesini neden olup iş yükünü arttırmaktadır. Bu çalışmada hem kullanım açısından hem de maliyeti olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde farklı ticari yemlerin kullanılabilirliği ve piyasada ticari olarak bulunan zebra akvaryum yemlerine karşı büyüme performansları incelenmiştir. Çalışmada temel olarak büyüme performansı yem dönüşüm oranı değerlendirilirken renklenme göz ardı edilmiştir. Çalışma sonunda farklı ticari akvaryum yemleri ile beslenen grupların büyüme ve yem değerlendirme performanslarının farklılık gösterdiği istatistiksel olarak tespit edilmiştir.

Yemler; balık sağlığını, balık üreme performansını, işgücü ve tesis işletme maliyetlerini, hatta araştırma sonuçlarını etkileyen önemli bir faktördür. Zebra balığının popülaritesi arttıkça, bu amaca yönelik araştırmalarda bir artış olmasına rağmen, besinlerin temel önemine ilişkin temel anlayışımız hala belirsizliğini korumaktadır. Bu çalışmada, besleme uygulamalarını optimize etmek amacıyla ticari olarak temin edilebilen çeşitli yemlerin zebra balıklarında büyüme ve yem değerlendirme performanslarını açıklamaya çalışılmıştır.

## 5. SONUÇLAR

Sonuç olarak; araştırmada besin içerikleri ve besin değerleri birbirlerinden farklı dört ticari yem kullanıldı. Bu da büyüme parametrelerinde istatistiksel açıdan gruplar arsında anlamlı farkların tespit edilmesini sağlamıştır. Yaşama oranları üzerinde etkilerinin de farklı olduğu görülmektedir. Farklı ticari yemlerin içeriğinde bulunan bileşenler ile yemin balıklar üzerindeki büyüme performansını arttırdığı, daha yüksek bir yaşama oranı başarisına ulaştırabildiği ortaya konulmaktadır. Çalışmamızda zellikle Tetra Min Pul yemi verilen balıklarda anlamlı olarak hem büyüme parametrelerinde hem de yem değerlendirme oranlarında anlamlı farklılığın ( $P<0,05$ ) olduğu görülmektedir. Zebra balıklarında farklı ticari yemler ile yapılan bu besleme çalışmasında; yetiştiricilere, araştırmacılara ve bundan sonra yapılacak araştırmalarda Tetra Min Pul yemi diğer yemler göre daha verimli olduğundan önerilebilir.

Zebra balığı araştırmacıları, besleme konusunda açık formülasyonlu bir diyetin geliştirilmesi ve ortak kullanımı konusunda standart bir uzlaşmaya varmalıdırlar. Deneysel sonuçlar değişik marka ticari yemlerde büyüme ve yem değerlendirme performanslarında farklılıklar olduğunu göstermiştir.

Bu değişkenliği ortadan kaldırmak, zebra balıklarının kültür ve laboratuvar ortamlarında verimli ve hızlı bir Şekilde büyümesini sağlamak amacıyla belirli bir beslenme rejiminin oluşturulması gerekmektedir. Son yıllarda zebra balığı ile ilgili çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ancak zebra balığının besin gereksinimleri ile ilgili optimize edilmiş bir beslenme protokolü bulmak oldukça zordur. Laboratuvar Şartlarında üretilen ve bytlen model sucul organizma olarak kabul edilen bu balığın kısa sürede ve dengeli bir Şekilde yetişkin bireyler haline getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca ticari birçok akvaryum balığı yemi ve yem markası bulunmaktadır. Bunların hangisinin daha verimli olduğu da bilinmemektedir. Bu amaçla yapılan bu çalışma hem yetiştiricilere hem de araştırmacılara ve bundan sonra yapılacak olan çalışmalara bir referans niteliğindedir.

## KAYNAKLAR

- Adatto, I., Lawrence, C., Thompson, M., Zon, L.I. (2011). A new system for the rapid collection of large numbers of developmentally staged zebrafish embryos. *Plos One* 6(6):e21715,1-7
- Alpaz, A., (2010). Akvaryum Balıkları Ansiklopedisi, Alp Yayınevi, İzmir, 214 s.
- Arıman, H. ve Aras, M.N. (2003). Çeşitli Yem Gruplarının Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) Yavrularının Büyüme Performansına ve Et Verimi Özelliklerine Etkileri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*. 20, 3-4 : 405-411.
- Arrenberg, A.B., Driever, W. (2013) Integrating anatomy and function for zebrafish circuit analysis. *Front Neural Circuits*, 7:74. doi: 10.3389/fncir.2013.000748.
- Atasayar, Z., (2011). Zebra Balığı'nda (*Danio rerio*) Peroksiredoksin 6 genleri 41055489 Polimorfizminin Antioksidatif Göstergeler Ve Ağır Metal Düzeyleriyle İlişkisi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü Yüksek Lisans Tezi. 123s.
- 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: 289-295.4
- Boyle, D., Amlund, H., Lundebye, A.K., Hogstrand, C., Bury, N.R. (2010). Bioavailability of a natural lead-contaminated invertebrate diet to zebrafish *Environ Toxicol Chem*. 29(3):708-714. doi: 10.1002/etc.61.
- Brand, M., Granato, M., Nusslein-Volhard, C. (2002). "Keeping and raising zebrafish ". In: *Zebrafish: A Practical Approach*, Nusslein-Volhard C, Dahm R, (eds.). Oxford: Oxford University Press, p: 7-37.
- Carvalho, A., Araujo, L., Santos, M. (2006). Rearing zebrafish (*Danio rerio*) larvae without live food: evaluation of a commercial, a practical, and a purified starter diet on larval performance. *Aquacult Res* 37:1107-1111 doi:10.1111/j.1365-2109.2006.01534.x
- Chu, XL. (1981) A preliminary revision of fishes of the genus *Danio* from China. *Zoology Research* 2: 145-156.
- Cortemeglia, C. and Beitinger, T.L., (2005). Temperature tolerances of wild-type and red transgenic zebrafish. *Transactions of the American Fisheries Society*. 134:1431-1437.
- Craig, P.M., Moon, T. (2011). Fasted zebrafish mimic genetic and physiological responses in mammals: a model for obesity and diabetes. *Zebrafish* 8:109-117
- 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.
- Çetinkaya, O. (2005). *Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri*. Ankara, (pp. 239-276). Nobel Kitap.
- Dahm, R., Geisler, R. (2006). Learning from small fry: the zebrafish as a genetic model organism for aquaculture fish species. *Mar Biotechnol. (NY)*, 8(4):329-345.
- Dede, K. and Çek-Yalnız, S. (2018). Artificial Reproduction of Zebrafish *Danio rerio* Under Controlled Laboratory Condition. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*. 2(1); 1-8.
- Dede, K., (2020). Kontrollü laboratuvar koşullarında zebra balığı (*Danio rerio*, hamilton 1822) yapay üretimi ve cinsiyet oranı: İskenderun Teknik Üniversitesi, Su ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 43:1.
- 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, H.W., Zon, I.L., Westerfield, M., (2004). *The Zebrafish: Genetics, Genomics and Informatics*, 2nd

edn. Academic Press, San Diego.

- Diogo, P., Martins, G., Gavaia, P., Pinto, W., Dias, J., Cancela, L. & Martinez-Paramo, S. (2015) Assessment of nutritional supplementation in phospholipids on the reproductive performance of zebrafish, *Danio rerio* (Hamilton 1822). *J. Appl. Ichthyol.*, **31**(Suppl. 1), 3–9. Doi: 10.1111/jai.12733
- Dabrowski, K. (1977). Protein requirements of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella* Val.). *Aquaculture*, **12**, 63–67. Doi:10.1016/0044-8486(77)90047-3.
- 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.
- Flynn, E.J, Trent, C.M., Rawls, J.F. (2009). Ontogeny and nutritional control of adipogenesis in zebrafish (*Danio rerio*). *J. Lipid Res.* **50**(8):1641– 1652. doi: 10.1194/jlr.M800590-JLR200.
- Goessling, W., North, T.E., Zon, L.I. (2007). New waves of discovery: modeling cancer in zebrafish. *J. Clin Oncol.* **25**(17):2473–2479.
- Gonzales, J.M.Jr. (2012). Preliminary evaluation on the effects of feeds on the growth and early reproductive performance of zebrafish (*Danio rerio*). *J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci.*, **51**(4), 412–417.
- Gonzales, J.M. Jr & Law, S.H.L. (2013). Feed and feeding regime affect growth rate and Gonadosomatic Index of adult zebrafish (*Danio rerio*). *Zebrafish*, **10**, 532–540. doi: 10.1089/zeb.2013.0891
- Grunwald, D.J., Eisen J.S. (2002). Headwaters of the zebrafish - emergence of a new model vertebrate. *3*(9):717-724.
- Hekimoğlu, M.A. (2009). Akvaryum teknolojisi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, **78**, 38, 176-177.
- Hekimoğlu, M.A., (2006). Akvaryum sektörünün dünyadaki ve Türkiye’deki genel durumu. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi.* **23**(1-2): 237-241.
- Hisaoka, K.K. and Battle, H.I. (1958). The normal developmental stages of the zebrafish, *Brachydanio rerio* (Hamilton-buchanan). *Journal of Morphology*, **102**, 311-327.
- Howe, K., Clark, M. D., Torroja, C. F., Turrance, J., Berthelot, C., Muffato, M., McLaren, S. (2013). The zebrafish reference genome sequence and its relationship to the human genome. *Nature*, **496**(7446), 498–503. doi: 10.1038/nature12111.
- Izquierdo, M., Fernandez-Palacios, H. and Tacon, A. (2001). Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, **197**, 25–42. doi:10.1016/S0044-8486(01)00581-6
- Jaya-Ram, A., Kuah, M.K., Lim, P.S., Kolkovski, S. & Shu-Chien, A.C. (2008) Influence of dietary HUFA levels on reproductive performance, tissue fatty acid profile and desaturase and elongase mRNAs expression in female zebrafish *Danio rerio*. *Aquaculture*, **277**, 275–281. Doi:10.1016/j.aquaculture.2008.02.027
- Karp, G. and Berlil N.T., (1976). *Development*. Mc Graw-Hill Company, United States of America. **4**, 92-130, **11**, 245-246.
- 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. doi: 10.1089/zeb.2011.0696
- Kermen, F., Franco, L.M., Wyatt, C., Yaksi, E. (2013). Neural circuits mediating olfactory-driven behavior in fish. *Front Neural Circuits.* **7**:62. doi: 10.3389/fncir.2013.00062.
- Kimmel, C.B., Ballard W.W., Kimmel S.R., Ullmann B., Schilling T.F. (1995). Stages of embryonic-development of the zebrafish. *Developmental Dynamycs.* **203**:253-310.
- Kondo, M. (2007). Bone morphogenetic proteins in the early development of zebrafish. *FEBS J* **274**:2960–2967
- 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.
- Kuru, M., (1996). Omurgalı Hayvanlar Sistematığı. Gazi Üniveristesi İletişim Fakültesi Yayınları, 841 s, Ankara.
- Laale, H.W., (1977). The biology and use of zebrafish, *Brachydanio rerio*, in fisheries research: A literature review. *J. Fish. Biol.* 10, 121-173. Doi:10.1111/j.1095-8649.1977.tb04049.x
- Lawrence, C. (2007). The husbandry of zebrafish (*Danio rerio*): A review. *Aquaculture*, 1-20.
- 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. (2012). Generation time of zebrafish (*Danio rerio*) and medakas (*Oryzias latipes*) housed in the same aquaculture facility. *LabAnimal*. 41:158–165.
- Lele, Z. and Krone, P.H. (1996). The zebrafish as a model system in developmental toxicological and transgenic research. *Biotechnology Advances*. 14:57-72.
- Leung, L.C., Wang, G.X., Mourrain, P. (2013). Imaging zebrafish neural circuitry from whole brain to synapse. *Front. Neural Circuits*. 7:76. doi: 10.3389/fncir.2013.00076.
- Lieschke, G.J., Currie, P.D. (2007). Animal models of human disease: zebrafish swim into view. *Nature Reviews Genetics*. 8(5):353-367.
- Lindsay S.M. and Vogt, R.G. (2004). Behavioral Responses of Newly Hatched Zebrafish (*Danio rerio*) to Amino Acid Chemostimulants. *Chemical Senses*, Volume 29, Issue 2, February 2004, Pages 93-100, doi:10.1093/chemse/bjh009
- Liu, Z. and Cordes, J. (2004). DNA marker technology and their applications in aquaculture genetics. *Aquaculture* 238:1–37
- Ma, A.C.H., Guo, Y., He, A.B.L., Leung, A.Y.H. (2011). Modeling Tumor Angiogenesis with Zebrafish. In *Vasculogenesis and Angiogenesis - from Embryonic Development to Regenerative Medicine*. Chapter 7. Dan T. Simionescu and Agneta Simionescu Eds. 133-144. DOI: 10.5772/28763
- Maaswinkel, H., Le, N., He, L., Zhu, L., Weng, W. (2013). Dissociating the effects of habituation, black walls, buspirone and ethanol on anxiety-like behavioral responses in shoaling zebrafish. A 3D approach to social behavior. *Pharmacol Biochem Behav*. 108:16-27. doi:10.1016/j.pbb.2013.04.009
- Maddison, L.A., Chen, W. (2012). Nutrient Excess Stimulates Cell Neogenesis in Zebrafish. *Diabetes*. 61(10):2517–2524.
- Mahapatra, B.K., Vinod, K., Mandal, B.K. (2004). Studies on reproductive biology of a native ornamental fish, *Brachydanio rerio*, from NEH region. In Bhattacharya
- Maitra, S.K.(2002). Current Issues in Environmental and Fish Biology: Proceedings of UGCDSA National Seminar on Environmental and Fish Biology, February 01-03, Daya, Dehli 173–179.
- Markovich, M.L., Rizzuto, N., Brown, P. (2007). Diet affects spawning in zebrafish. *Zebrafish* 4:69–74 doi:10.1089/zeb.2006.9993
- Matthews, M., Trevarrow, B., Mathews, J. (2002). A virtual tour of the guide for zebrafish users, *Lab.Animal*. 31(3): 34-40.
- Meeker, N.D., Trede, N.S. (2008). Immunology and zebrafish: spawning new models of human disease. *Dev Comp Immunol*. 32(7):745– 757. doi: 10.1016/j.dci.2007.11.011.
- Meinelt, T., Schulz, C., Wirth, M., Kürzinger, H., Steinberg, C. (2000). Correlation of diets high in n-6 polyunsaturated fatty acids with high growth rate in zebrafish (*Danio rerio*) *Comp Med*. 50:43–45.
- Meinelt, T., Schulz, C., Wirth, M., Kürzinger, H., Steinberg, C. (1999). Dietary fatty acid composition influences the fertilization rate of zebrafish (*Danio rerio*, Hamilton-Buchanan) *J. Appl. Ichthyol.* ;15:19–23. doi:10.1046/j.1439-0426.1999.00121.x
- Monteiro, M.S., Pavlaki, M., Faustino, A., Rema, A., Franchi, M., Gediel, L., Loureiro, S., Domingues, I., Von Osten, J.R., Soares, A.M.V.M. (2015). Endocrine disruption effects of p, p'-DDE on juvenile

- zebrafish. *Journal Of Applied Toxicology*, 35: 253-260.
- Morin, C., de Souza Silva, M.A., Muller, C.P., Hardigan, P., Spieler, R.E. (2013). Active avoidance learning in zebrafish (*Danio rerio*) - the role of sensory modality and inter-stimulus interval. *Behav Brain Res.* 248:141- 143. doi:10.1016/j.bbr.2013.04.009
- Moshal, K.S., Ferri Lagneau, K.F., Leung, T. (2010). Zebrafish model: worth considering in defining tumor angiogenesis. *Trends Cardiovasc Med.* 20(4):114–119. doi: 10.1016/j.tcm.2010.10.001.
- Muller, B., Grossniklaus, U. (2010). Model organisms - A historical perspective. *J. Proteomics.* 73(11):2054–2063. doi: 10.1016/j.jprot.2010.08.002.
- Nelson, J.S. (1994). *Fishes of the world* John Wiley & Sons Inc, New York.
- Niven, F. L. (2010). *Learning to Care for Fish.* Enslow Publishers, Inc. 48.
- Nusslein-Volhard, C. (2012). The zebrafish issue of *Development*. *Development.* 139(22):4099-4103. doi: 10.1242/dev.085217.
- Onal, U., Langdon, C. (2000). Characterization of 2 microparticle types for delivery of food to altricial fish larvae. *Aquacult Nutr* 6:159–170 doi:10.1046/j.1365-2095.2000.00115.x
- Özdamar, K. (2001) *Paket Programlar ve İstatistiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler)*. (4. Baskı), Kaan Yayınları, Eskişehir.
- 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.
- Paull, G.C., Filby, A., Giddins, H., Coe, T., Hamilton, P. & Tyler, C. (2010). Dominance hierarchies in zebrafish (*Danio rerio*) and their relationship with reproductive success. *Zebrafish*, 7, 109–117 doi:10.1089/zeb.2009.0618
- 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
- Portugues, R., Feierstein, C.E., Engert, F., Orger, M.B. (2014). Whole-Brain Activity Maps Reveal Stereotyped, Distributed Networks for Visuomotor Behavior. *Neuron.* 81(6):1328-1343 doi: 10.1016/j.neuron.2014.01.019.
- Reed, B. And Jennings, M. (2010). *Guidance on the housing and care of zebrafish *Danio rerio**. West Sussex (UK): Research Animals Department, Science Group, RSPCA.
- 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(4): 209-240, doi: 10.1111/raq.12041
- Richard, J., Njiwa, K., Muller, P., Klein, R. (2004). Life Cycle Stages and Length of Zebrafish (*Danio rerio*) Exposed to DDT Introduction. 50(3):220–225.
- Robison, B.D., Drew, R.E., Murdoch, G.K., Powell, M., Rodnick, K., Settles, M., Stone, D., Churchill, E., Hill, R.A., Papasani, M.R., Lewis, S.S., Hardy, R.W. (2008). Sexual dimorphism in hepatic gene expression and the response to dietary carbohydrate manipulation in the zebrafish (*Danio rerio*) *Comp Biochem Physiol D Genomics Proteomics.* 3:141–154. doi: 10.1016/j.cbd.2008.01.001
- 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.
- Schier, A.F., Neuhauss, S., Harvey, M., Malicki, J., Solnica-Krezel, L., Stainier, D., Zwartkruis, F., Abdelilah, S., Stemple, D., Rangini, Z., Yang, H., Driever, W. (1996). Mutations affecting the development of the embryonic zebrafish brain. *Development* 123:165–178
- Schilling, T.F. (2002). The morphology of larval and adult zebrafish' in Nüsslein-Volhard & Dahm *Zebrafish - A Practical Approach* ; Oxford University Press, Oxford, UK.
- Schroeder, W.R. (1983). *A Public Aquarium for North Padre Island, Division of Architecture.* Texas tech University. 174.

- Song, Z., Zhang, X., Jia, S., Yelick, P.C. ve Zhao, C. (2016). Zebrafish as a model for humanciliopathies. *Journal of Genetics and Genomics*, doi.org/10.1016/j.jgg.2016.02.001.
- Sotolu, A.O. (2010). Effects of varying dietary protein levels on the breeding performance of *Clarias gariepinus* broodstocks and fry growth rate. *Livest. Res. Rur. Dev.*, 22, Article #6. Retrieved May 13, 2013, from <http://www.lrrd.org/lrrd22/4/soto22067.htm>.
- Spence, R., Smith, C. (2006). Mating preference of female zebrafish, *Danio rerio*, in relation to male dominance. *Behav Ecol* 17:779–783 doi:10.1093/beheco/arl016
- Spence, R., Gerlach, G., Lawrence, C., Smith, C. (2007). The behaviour and ecology of the zebrafish, *Danio rerio*. Department of Biology, University of Leicester, University Road, Leicester, UK.
- 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., Gerlach, G., Lawrence, C., Smith, C. (2008). The behaviour and ecology of the zebrafish, *Danio rerio*. *Biological Reviews*. 83:13–34.
- Stemple, D.L., Solnica-Krezel, L., Zwartkruis, F., Neuhauss, S., Schier, A., Malicki, J., Stainier, D., Abdelilah, S., Rangini, Z., Mountcastle-Shah, E., Driever, W. (1996). Mutations affecting development of the notochord in zebrafish. *Development* 123:117–128
- Şişman, T. ve Yıldırım, Y. (2007). Aflatoxin 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.
- 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. ve 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.
- Ulloa, P.E., Iturra, P., Neira, R., Araneda, C. (2011). Zebrafish as a model organism for nutrition and growth: towards comparative studies of nutritional genomics applied to aquacultured fishes. *Rev Fish Biol Fish*. 21:649–666.
- Ulloa, P.E., Medrano, J.F., Feijoo, C.J. (2014). Zebrafish as animal model for aquaculture nutrition research. *Front. Genet*. 5:313. doi: 10.3389/fgene.2014.00313
- 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. 1.
- Westerfield, M. (2000). The zebrafish book. A guide for the laboratory use of zebrafish (*Danio rerio*), 4th ed. Eugene (OR): University of Oregon Press.
- Willemsen, R., Hasselaar, W, Linde, H. Van Der & Bonifati, V. (2008). Zebrafish as a new model organism for Parkinson's disease. In *Proceedings of Measuring Behavior*. Spink AJ, Ballintijn MR, Bogers ND, et al. Eds. 50–51.
- Yokobori, E., Azuma, M., Nishiguchi, R., Kang, K.S., Kamijo, M., Uchiyama, M., Matsuda, K. (2012). Neuropeptide Y stimulates food intake in the Zebrafish, *Danio rerio*. *J. Neuroendocrinol*. 24(5):766–73. doi: 10.1111/j.1365-2826.2012.02281.x.
- You, M.S., Jiang, Y.J. (2007). Drug Discovery Using Zebrafish. *Drug Discov.*;1–2.
- Zhu, M., Wang, T., Zhang, C., Gao, C., Mu, Y., Sun, D. (2009). Nutritional requirements and current status of diets of laboratory zebrafish and swordtails. *Chinese J Comp Med*. 12:64–68. doi:10.1093/ilar.53.2.144