



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**pH'IN ZEBRA (*Danino rerio*)
BALIKLARINDA CİNSİYET ORANI,
GONADAL GELİŞİM,
BÜYÜME ve YAŞAMA ORANI
ÜZERİNE ETKİSİ**

Süleyman DEMİRHAN

**SU ÜRÜNLERİ
ANABİLİM DALI**

AĞUSTOS 2023



**pH'IN ZEBRA(*Danino rerio*) BALIKLARINDA
CİNSİYET ORANI, GONADAL GELİŞİM, BÜYÜME ve YAŞAMA ORANI
ÜZERİNE ETKİSİ**

Süleyman DEMİRHAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER
ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2023

Süleyman DEMİRHAN tarafından hazırlanan “pH’İN ZEBRA (*Danio rerio*) BALIKLARINDA CİNSİYET ORANI, GONADAL GELİŞİM, BÜYÜME VE YAŞAMA ORANI ÜZERİNE ETKİSİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Şehriban ÇEK YALNIZ

Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Mahmut Ali GÖKÇE

Su Ürünleri Ana Bilim Dalı, Çukurova Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof. Dr. Yasemin Bircan YILDIRIM

Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 28/08/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülediğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
 - Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Süleyman DEMİRHAN

28/08/2023

pH'IN ZEBRA(*Danino rerio*) BALIKLARINDA CİNSİYET ORANI, GONADAL GELİŞİM,
BÜYÜME ve YAŞAMA ORANI ÜZERİNE ETKİSİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Süleyman DEMİRHAN

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
AĞUSTOS 2023

ÖZET

Bu tezde, suyun farklı pH düzeylerinin Zebra balıklarında (*Danino rerio*) cinsiyet oranı, gonadal gelişme, büyüme ve yaşama oranları üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmanın birincil amacı zebra balıklarında monosex popülasyonlar üretmek amacıyla çevre ile dost bir uygulamanın geliştirilmesidir. Yumurtadan henüz çıkmış larvalar 3 ay süresince farklı pH düzeylerine (6; 6,5; 7; 8; 8,5 ve 9) sahip sulara banyo yöntemine tabii tutulmuşlardır. Deneme boyutları 22x18x9cm olan 18 adet akvaryumyumda üç tekerrür ve 6 grup olarak uygulanmıştır. Su sıcaklığı bütün uygulama gruplarında, $28\pm 0.33^{\circ}\text{C}$ de sabit tutulmuştur. Yeni çalışmada, kullanılan su pH düzeyleri içerisinde erkekleştirmede en etkili olan grubun pH düzeyinin 9 olduğu ve maksimum erkek oranının %100 olarak ($p<0,001$), bu gruptan elde edildiği görülmüştür. Cinsiyet oranının beklenen 1E:1D oranından ($p<0,05$) farklı olduğu ve su pH düzeylerinin 6 ve 8,5 olan gruplarda sırasıyla %25 ve %82,35 olarak kaydedilmiştir. Histolojik incelemeler su pH düzeylerinin düşük olduğu gruplarda, su pH düzeylerinin yüksek olduğu gruplara göre balık gametlerinin daha erken olgunlaşma aşamasına girdiklerini göstermiştir. Düşük pH gruplarının gonadlarında bazı anomaliler kaydedilmiştir. Su pH seviyesinin 8 olduğu gruplarda en iyi büyüme, gonadal gelişme ve yaşama oranı kaydedilmiştir. En düşük yaşama oranı su pH seviyesinin 9 olduğu gruplarda ölçülmüştür. Çalışmada zebra balıklarında monosex popülasyonların üretimi için düşük pH düzeylerinde dişileştirme (dişi üretimi) ve/veya yüksek pH düzeylerinde ise erkekleştirme önerilmiştir (erkek üretimi). Maksimum büyüme, gonadal gelişim ve yaşama oranı için su pH düzeyinin 8 olması gerektiği önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Zebra balığı , Suyun pH düzeyi , cinsiyet oranı, gonadal gelişim, büyüme, yaşam oranı

Sayfa Adedi : 55

Danışman : Prof. Dr. Şehriban ÇEK YALNIZ

The Effect of pH on Sex Ratio, Gonadal Development, Growth and survival Rate in Zebrafish
(*Danio rerio*)
(M.Sc. Thesis)

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES
AUGUST 2023

ABSTRACT

In this thesis, the effects of different water pH levels on zebrafish (*Danino rerio*) sex ratio, gonadal development, growth and survival rate were investigated. The principal goal of the research was to evaluate an environmentally friendly method for mono-sex population in zebrafish. Different concentration of water pH levels (6; 6,5; 7; 8; 8,5, and 9) were tested by immersion of newly hatched larvae for a duration of 3 months. The experiment was performed as six groups with three replications and was carried out in 18 aquariums with the dimensions of 22x18x9cm. The water temperature maintained at $28\pm 0.33^{\circ}\text{C}$ in all treatment groups. Of the water pH levels used in the present study, the water pH level 9 groups were the most effective in terms of masculinization, resulting in a maximum male ratio of 100% ($p<0,001$). Sex ratio of 25 and 82.35% at water pH levels 6 and 8,5, respectively, were also significantly different from the expected 1F:1M ratio ($p<0,05$). Histological examination revealed that the gametes of fish at low water pH levels entered early maturation stage than at higher water pH level groups. Some deformalities in the gonads at low water pH level groups were also detected. The best growth, gonadal development and survival rate were recorded in the water pH level 8 groups. Survival rate were lowest in the water pH level 9 groups. It was suggested that at low pH level feminisation (for female production) and/or at high water pH level masculinisation (for male production) for monosex production of zebrafish can be used. For maximum growth, gonadal development and survival rate water pH level 8 was suggested.

Key Words : Zebra fish, water pH , sex ratio, gonadal development, growth, survival
Page Number : 55
Supervisor : Prof. Dr.Şehriban ÇEK YALNIZ

TEŞEKKÜR

Lisansüstü öğrenimime başladığım ilk günden itibaren hem mesleğe hem de hayata yaklaşımıyla bana örnek olan, bilgisini ve deneyimlerini her zaman cömertçe paylaşan, tez çalışmamın tüm aşamalarında, büyük titizlik, sabır ve özveri ile bana destek veren, akademik görevlerine ve yükümlülüklerine rağmen bana desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, insani ve ahlaki değerleri ile de kendime örnek edindiğim, beraber çalışmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli danışman hocam, Prof. Dr. Şehriban ÇEK YALNIZ' a minnettarlığımı iletmek isterim.

Denemeler sırasında yardımlarını ve desteğini esirgemeyen çalışma arkadaşım Su Ürünleri Yüksek Müh. Koray Umut YARAŞ' a; beni her zaman destekleyen aileme en içten teşekkürlerimi borç bilirim.

Meslek hayatımı ve tez çalışmamı aynı anda devam ettirebilmem için bana her türlü desteği sağlayan ve desteğini esirgemeyen Okul Müdürüm Sayın Abdullah DİNÇ'e ve Lisanüstü eğitimim boyunca her zaman destek veren başta Hüseyin UZEL olmak üzere tüm meslektaşlarıma teşekkür ederim

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1.GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
2.1. pH'ın Cinsiyet Üzerine Etkileri	6
2.2. pH'ın Gonadal Gelişim Üzerine Etkileri	10
2.3. pH'ın Büyüme ve Yaşama oranı Üzerine Etkileri	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal	15
3.1.1. Zebra Materyali.....	15
3.1.2. Araştırma Yeri	15
3.1.3. Yem Materyali	16
3.1.4. Diğer Materyaller.....	16
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Prelarvaların Eldesi.....	17
3.2.2. Deneme Süresince Uygun Su pH'ın Eldesi ve Sürdürülmesi.....	17

3.2.3. Su Kalite Parametreleri	18
3.2.4. Deneme Planı ve Düzenegi	19
3.2.5. Yetiştiricilik Parametreleri	20
3.2.6. Cinsiyetlerin Belirlenmesi	21
3.2.7. Canlı Ağırlık Ortalamalarının Alınması	21
3.2.8. Verilerin İstatistik Analizi	22
3.2.9. Histolojik İnceleme	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	23
4.1. Farklı Düzeylerde Su pH'nın Cinsiyet Oranları Üzerine Etkileri	23
4.2. Farklı Düzeylerde Su pH'nın Gonad Gelişimi Üzerine Etkileri	26
4.2.1. Sudaki pH6 Düzeyinin Gonad Gelişimi Üzerine Etkileri	26
4.2.2. Sudaki pH6,5 Düzeyinin Gonad Gelişimi Üzerine Etkileri	27
4.2.3. Sudaki pH7 Düzeyinin Gonad Gelişimi Üzerine Etkileri	29
4.2.4. Sudaki pH8 Düzeyinin Gonad Gelişimi Üzerine Etkileri	30
4.2.5. Sudaki pH8,5 Düzeyinin Gonad Gelişimi Üzerine Etkileri	31
4.2.6. Sudaki pH9 Düzeyinin Gonad Gelişimi Üzerine Etkileri	32
4.3. Büyüme oranları (BO)	33
4.3.1. Canlı Ağırlık Ortalamaları (CAO)	33
4.3.2. Canlı Boy Ortalamaları (CBO)	35
4.4. Yaşam Oranı Üzerine Etkileri	36
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	37
5.1. pH'nın Cinsiyet Üzerine Etkisi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	37
5.2. Gonadal Gelişimin Değerlendirilmesi	39
5.3. Büyüme ve Yaşama Oranlarının Değerlendirilmesi	42
5.4. Sonuç ve Öneriler	43
KAYNAKLAR	46
DİZİN	55

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.2. Su parametreleri	19
Çizelge 4.1. pH'ın zebra balıklarında cinsiyet dağılımı ve oranı üzerine etkileri.....	24
Çizelge 4.4. Deneme sonunda canlı zebra sayısı ve yaşam oranı	36

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.2. Denemenin kurulduğu ve yürütüldüğü akvaryum ünitesi	19
Şekil 4.1. Farklı düzeylerde su pH'ının cinsiyet oranı üzerine etkileri	25
Şekil 4.2. Deneme sonunda zebra balıklarının ağırlık ortalamaları	34
Şekil 4.3. Deneme sonunda zebra balıklarının boy ortalamaları.....	35

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Zebra balığı larvalarının ortalama başlangıç canlı ağırlık ölçümleri (orijinal).	15
Resim 3.2. Su pH'larının ölçümleri.....	18
Resim 3.3. Denemenin kurulduğu ve yürütüldüğü akvaryum ünitesi (orijinal).....	20
Resim 3.4. Denemede besin materyali olarak kullanılan <i>Artemia salina</i> (orijinal).....	21
Resim 4.1. pH6'nın Zebra Balıklarının 90. Günün sonunda morfolojik ve Histolojik Gelişimi.....	27
Resim 4.2. pH6,5'in Zebra Balıklarının 90. Gün sonunda morfolojik ve Histolojik Gelişimi.....	28
Resim 4.3. pH7'nin Zebra Balıklarının 90. Günün sonunda morfolojik ve Histolojik Gelişimi.....	29
Resim 4.4. pH8'in Zebra Balıklarının 90. Günün sonunda morfolojik ve Histolojik Gelişimi.....	30
Resim 4.5. pH8,5'in Zebra Balıklarının 90. Günün sonunda morfolojik ve Histolojik Gelişimi.....	32
Resim 4.6. pH9'un Zebra Balıklarının 90. Günün sonunda morfolojik ve Histolojik Gelişimi.....	33

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklamalar
°C	Santigrat
Ca	Kalsiyum
Cl ₂	Klorür
CO ₂	Karbondioksit
C ₆ H ₈ O ₇	Sitrik Asit
F	Flor
g	Gram
HCO ₃	Bikarbonat
H ₂ SO ₄	Sülfürik Asit
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
Na	Sodyum
NaOH	Sodyum Hidroksit
%	Yüzde konsantrasyon
pH	Asitlik veya bazlık oranı
µL	Mikro litre
µm	Mikro metre

Kısaltmalar**Açıklamalar**

AO	Atretik Oosit
B	Bağırsak
CAO	Canlı Ağırlık Ortalamaları
CBO	Canlı Boy Ortalamaları
D	Dişi
E	Erkek
GSI	Gonado Somatik İndeks
IB	İntersitial Alan
K	Karaciğer
L	Lümen
OO	Son Gelişim Evresinde Olan Oosit
Ort	Ortalama
OV	Oviduct
PL	Prelarva
BO	Büyüme Oranları
SS	Standart Sapma
T	Testis
VB	Vücut Boşluğu

1. GİRİŞ

Cinsiyet farklılaşması balıklarda eşey tayin genleri tarafından kontrol edilir. Fakat, balıkların cinsiyetinin belirlenmesi sadece cinsiyet kromozomlarına bağlı olmadığı, çevresel koşulların da etki ettiğini gösteren araştırmalar bulunmaktadır (Baroiller ve Cotta, 1999; Devlin ve Nagahama, 2002). Balıkların ayrı eşeyli olmaları gonokorizm olarak tanımlanmış olmasına rağmen, balıklarda cinsiyetlerin belirlenme mekanizması sabit değildir. Cinsiyetlerin farklılaşma ve belirlenme mekanizmasında genler, çevresel faktörler ve epigenetik çevrenin de etkili olduğu gösterilmiştir (Kobayashi, Nagahama, Nakamura, 2013; Baroiller ve D’Cotta, 2016; Holub ve Shackelford, 2021).

Larval dönemde gonadal cinsiyetin farklılaşmasının kontrolünde cinsiyet steroidleri olan androjenler ve östrojenler oldukça önemli bir yere sahip oldukları bildirilmiştir. Aynı zamanda, dış faktörlerin gonokoristik balık türlerinde cinsiyet oranları üzerinde etkisi olduğu gösterilmiştir (Baroiller ve D’Cotta, 2001; Turan, Çek ve Atik, 2006; Çek, Turan ve Atik, 2007a, 2007b, Çek 2006).

Balıkların cinsiyeti erken larval gelişim döneminde özellikle, sıcaklık, pH, sosyal çevre, tuzluluk ve stok yoğunluğu gibi birçok çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Piferrer ve diğerleri, 2005; Kobayashi, Nagahama ve Nakamura, 2013; Holub ve Shackelford, 2021).

Genotipik ile fenotipik cinsiyet mutlaka uyuşmak zorunda değildir ve bazı türlerde genomlar ve çeşitli çevresel faktörlerin yanı sıra içsel faktörler arasındaki etkileşimler de cinsiyete karar verebilmektedir (Shapiro, 1988).

Birçok balık türü, tek cinsiyetli üretimi üreticiler için avantajlı hale getiren, eşeyssel gelişim farklılığı ile karakterize edilmektedir. Örneğin, tilapya türlerinde dişiler erken eşeyssel olgunluğa girdiğinden dolayı küçük boy ve ağırlıkta kalmaktadır. Erkek bireyler dişilerle kıyasla daha geç eşeyssel olgunluğa eriştiklerinden dolayı daha iyi büyüme performansı göstermektedir ve yetiştiricilikte tercih edilmektedir (Çek, Turan ve Atik, 2007b). Karabalık (*Clarias gariepinus*)’ta erkekler dişilerle kıyaslandığında yine daha iyi geliştiğinden dolayı bütünüyle erkek popülasyonlar üretmek tercih edilmektedir (Turan ve Çek, 2007; Yılmaz, Çek, Mazlum, 2009). Alabalık türlerinde ise erkekler dişilerden daha erken eşeyssel olgunluğa girmektedirler ve bu nedenle enerjiyi büyüme ve kas yapımı için

değil üremek için harcadıklarından dolayı küçük boylu kalmaktadırlar ve tamamı dişi popülasyonlar tercih edilmektedir (Yılmaz, Çek ve Mazlum, 2013). Bu nedenle üreticiler için kültür sistemlerinde tamamı dişi ya da tamamı erkek balık üretimi oldukça cazip olmaktadır.

Günümüzde mono-sex popülasyonların üretimlerinin yapılabilmesi için çeşitli kromozom manipülasyonlarının yanı sıra hibrit denemeleri ve ayrıca hormonlar da kullanılmaktadır. Son yıllarda oldukça popüler olan cinsiyet hormonlarının kullanımı hem ticari hem de deneysel alanda çok iyi sonuçlar vermekle birlikte etik ve yasal bazı sorunları da meydana getirmektedir.

Bu nedenle çevresel faktörlerin de cinsiyet dönüşümünde araç olarak kullanılması, alternatif bir çözüm yolu olarak karşımıza çıkmaktadır

Zebra balığı, sazan ve minnow familyalarına ait ve tüm dünyaya dağılmış olan balık türüdür. (Lletta ve Kwong, 2018). Doğal ortamında yoğun olarak akarsu, kanal, hendek, gölet gibi yavaş hareket eden veya pirinç tarlaları ile durgun sularda yaygın olarak bulunurlar (Lawrence, 2007). Zebra balıkları doğal ortamlarında besin zincirinde sivrisinek larvalarının yanı sıra diğer böcekler ile de beslenmektedir (Lawrence, 2007).

Üreme mevsimleri, yumurta dökümü küçük akarsu havuzlarında Nisan ile Ağustos ayları arasındadır. Zebra balığı çok çeşitli su kalitesi parametrelerine dayanabilmektedir. (Dede ve Çek Yalnız, 2018; 2019). En iyi büyüme ve gelişme tropikal koşullarda göstermelerine rağmen oldukça geniş aralıklardaki çevresel şartlara da uyum sağlayabilmektedirler (Dede ve Çek Yalnız, 2018).

Model organizma olarak kabul edilen zebra balıkları, biyomedikal araştırmalarda insan genlerini ve insan hastalıklarını incelemek için yaygın olarak kullanılırlar (Çek ve Aydın, 2016; Yaraş ve Çek Yalnız, 2023).

Zebra balıkları fare ve ratlar ile kıyaslandıklarında oldukça önemli derecede üstünlüklere sahiplerdir. Bu özelliklerden biri de Zebra balıklarının insanlar ile %70 oranında ortolok genlere sahip olmalarıdır. Bu nedenden dolayı insanlarda genetik kaynaklı hastalıkların

araştırılmasında en yaygın model organizma olarak kullanılmaktadır (Howe ve diğeri, 2013).

Zebra balığı larvaları toksisite çalışmalarında da yumurtanın ve spermin gelişim evrelerinin incelenmesinde toksik maddelere olan duyarlılığından dolayı zararlı maddelere bu maddeler ile alakalı araştırmalarda önemli bir model haline gelmiştir (Hisaoaka ve Battle, 1958; Kimmel, Ullmann ve Schilling, 1995; Lele ve Krone, 1996; Din, 2002; Yaraş ve Çek-Yalnız, 2023).

Zebra balığının olumsuz koşullara dayanıklı olmasının yanı sıra dünya genelinde yaygın olarak bulunması, kontrollü şartlarda kolay üretilmesi, tek seferde yüzlerce yumurta alınabilmesi, yumurta ve embriyonel aşamaların hepsinde saydam olmaları (yumurta ve larva gelişiminin kolay izlenebilmesine olanak sağlar) ve bu canlıların ucuz olması da önemli avantajlarındandır.

Zebra balıklarının genetik kaynaklı insan hastalıklarında denek olarak kullanılmaları bu balıkları oldukça önemli kılmaktadır.

Fare ve sıçanlardan üstün özelliklerde olmaları da önemlerini daha fazla artırmaktadır. Fare ve sıçanlarda iç döllenme, zebalarda dış döllenme, fare ve sıçanlarda bir batında 5-6 adet yavru zebalarda 1,5-2 gün aralıkla ortalama 100 adet larva elde edilmesi, fare ve sıçanların şeffaf olmaması gibi özellikler zebra balıklarını değerli kılmaktadır.

Zebra balıklarında cinsiyet oranı, belirlenmesi ve farklılaşması bazı yazarlar tarafından araştırılmıştır (Sharma ve Patino, 2013; Liang ve diğeri, 2015; Ye ve diğeri, 2019; Kossack ve diğeri, 2019; Dede ve Çek-Yalnız, 2019). Liang ve diğeri, (2015), zebra balıkları larvalarına yumurta çıkışını izleyen ilk 20 gün süresince progesteron ve norgestrel uygulamışlardır. Deneme sonucunda progesteron uygulanan guruplarda istatistiksel olarak kontrol gurubundan önemli ölçüde dişi cinsiyet le yine bir dönüşüm olduğu sonucunu çıkarmışlardır. Zebra balıklarında wnt4a geninin memelilerde bulunan wnt4a geni ile ortolok olduğu Kossack ve diğeri, (2019) tarafından kaydedilmiştir. Bu gen insan ve zebra balıklarının son ortak atasında mevcut ancak memelilerde kaybolmuştur (Kossack ve diğeri, 2019).

Aynı yazarlar *wnt4a* geni mutasyona uğradığında zebra balıkları erkek cinsiyet olarak farklılaşmakta olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Bu gen aktif olduğunda ise zebra balıkları dişi olarak farklılaşmaktadır (Kossack ve diğerleri, 2019). Dede ve Çek-Yalnız, (2019) stok yoğunluğunun zebra balıklarında cinsiyet oranı üzerine yapmış oldukları çalışmada yüksek stok yoğunluğunda olan larvaların düşük stok yoğunluğunda olan guruba göre önemli ölçüde erkek cinsiyet olduğunu tespit etmişlerdir.

Yazarlar stok yoğunluğunun zebra balıklarında cinsiyet oranı üzerinde etkili olabileceğini ifade etmişlerdir. Aynı yazarlar kullanılan musluk suyunun oldukça kireçli olduğu ve pH'ın yüksek olduğunu saptamışlardır.

Çalışmasında pH'ın zebra balıklarında büyümeye, yaşama oranına, gonadların gelişimine ve cinsiyet oranı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Zebra balıklarında pH'ın cinsiyet oranı üzerine olan etkileri daha önce araştırılmamıştır.

Çalışmada kullanılacak olan keskin asidik ve bazik pH değerler çalışmayı diğer balık türleri üzerinde önceden yapılmış olan çalışmalardan farklı kılmaktadır. Çalışmasında pH'ın cinsiyet oranı üzerine olan etkilerinin araştırılmış olması, bu değerli balığın cinsiyeti ile ilgili dalgalanmalara ışık tutacak olmasından dolayı oldukça önemlidir.

Ayrıca su ürünleri yetiştiriciliğinde monosex popülasyonların üretiminde kullanılan genetik ve hormonal manipülasyonlardan çok daha ekonomik ve çevre ile de dost olan pH'ın kullanılması tezi değerli kılmaktadır.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde hemen her zaman iki cinsiyet arasında büyüme farklılığı vardır ve iyi büyüme gösteren cinsiyet tercih edilmektedir (Örn; Salmonidae familyasında dişiler, Icthyariidae ve Clariidae familyalarında ise erkek cinsiyet tercih edilmektedir.).

Akvaryum balıkları yetiştiricilik sektöründe ise, zebra balıklarında da olduğu gibi erkek cinsiyetin albenisi çok daha yüksektir. Dişiye oranla daha canlı, daha parlak renklere sahip olduğundan dolayı erkek cinsiyet tercih edilmektedir. Tezde pH'ın cinsiyetlerin kontrolündeki etkileri kaydedildiği takdirde, monosex popülasyonların üretilmesi oldukça ucuz ve çevreye hiçbir zarar vermeden gerçekleştirilebilir. Tezin sonuçları, Su ürünleri yetiştiricilik sektörüne oldukça önemli katkılar sağlayacaktır.

Sulardaki farklı pH düzeylerinin zebra balıkların büyüme gelişme ve yaşama oranları üzerine olan etkileri de çalışmada araştırılmıştır. Okyanuslarda ciddi anlamda küresel ısınmadan dolayı asidifikasyon görülmektedir. Tezin ikinci ayağında farklı pH düzeylerinin özellikle gonadal gelişim üzerine olan etkileri de araştırılmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. pH'ın Cinsiyet Oranı Üzerine Etkileri

pH, bir çözeltinin, suyun veya ortamın asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimidir. Asit ve bazlar her biri artı yüklü serbest hidrojen ve eksi yüklü hidroksil iyonlarına sahiptirler. Bu anlamda, pH, tanımsal açıdan hidrojen iyonu aktivitesinin seçici bir ölçümü bitimi omakla birlikte, hem alkalinitik hem de asitliğin bir ölçüsüdür. Sıfırdan'dan 14'e kadar olan bir skalada ölçülmektedir. pH teriminde p; eksi logaritmanın matematiksel sembolünden ve H ise Hidrojenin kimyasal formülünden üretilmişlerdir. pH'ın cinsiyet farklılaşması ve oranı üzerine etkisi ile ilgili insanlar dahil olmak üzere çeşitli canlı türlerinde bazı çalışmalar yapılmıştır. Yahyaoğlu ve Kuzanlı (1999) tarafından yapılan bir araştırmada insan vücudundaki sıvıların asidite ve alkalitelerinin bebeğin cinsiyetinin belirlenmesinde rol oynadığını bildirmiştir.

Cinsiyet oluşumu, embriyonun ilerde üremesi için gerekli olan cinsel özellikler oluşmamış, cinsel farklılaşmanın gerçekleşmesiyle son bulan olaylar zincirinden oluşur. Meydana gelen canlı, yedinci gestasyonel haftasına ulaşınca kadar erkek ya da dişi olarak evrilebilme gücü olan gonad yapılarını barındırdığı bildirilmiştir (Rey, Josso ve Racine, 2016).

Birincil ve ikincil cinsiyet karakterlerinin oluşumu hormon etkilerinin yanı sıra sahip olunan gonadlara bağlıdır. Cinsiyet tespiti ile ilgili karmaşık varsayımlarla birlikte oluşturulan hipotezler vücut kromozomları olan otozomlarla cinsiyet kromozomları arasındaki ilk erkek ve ilk dişi eğiliminde ki dengelerle alakalıdır. Yeni bakış açıları basit sistemleri barındırır ve memelilerdekine benzer temellere göre tek bir genin cinsiyeti farklılaştırdığı şeklindeki bir olayın olduğu varsayımdır. Ancak bu varsayım balıklar sözkonusu olduğunda özellikle de zebra balıkları pek te geçerli olmadığı görülür. Cinsiyet kromozomları balıkların büyük bir kısmında, klasik karyotiple nitelendirildiğinde, morfolojik bakımdan diğer bir ifade ile fenotipinde birbirleri ile örtüşmediği ifade edilir. Dolaylı yaklaşımlar doğal etmenler ile cinsiyetin baskın bir şekilde genotip tarafından farklılaştırıldığına dikkat çekmektedir. Gonokoristik balıklarda hormonlar, dişilerdeki östrojenler ile erkeklerdeki androjenler, gonadal cinsiyet oluşumunun gerçekleşmesinde büyük ihtimalle elzem fizyolojik basamağı meydana getirir. P450 aromatuaz geni, ovaryum oluşunda androjenleri östrojenlere katalize eden en önemli gen sınıfıdır (D'Cotta, , Fostier, Guiguen, Govoroun ve Baroiller, 2001).

Bunlarla birlikte, balıklarda cinsiyet oluşumunda çevresel etmenler, doğada yaşayan populasyonlarda, 1E:1D eşey oranlarının sağlanamadığı ve bazı ayrı eşeyli olan gonokoristik balıkların gonadlarında interseks özelliklerin bulunmasının fark edilmesinden dolayı uzun yılladır çevresel ve sosyal faktörlerin cinsiyet oranı üzerine olan etkileri incelenmektedir (Baroiller ve D’Cotta, 2001).

Balıklarda cinsiyet oluşumu (cinsiyet farklılaşması) özel eşey tayin genleri tarafından yönetilmektedir. Ama başka etmenlerin baskıları ile osteichthyes balıklardaki cinsiyet oluşumu planlanabilir ve istenilen yönde geliştirilebilir.

Cinsiyet belirlenmesi için balıklarda kullanılabilen başlıca 3 model bulunmaktadır. Bunlar kromozomal, poligenik ve genotip-çevre ilişkili eşey belirlenmesidir (Piferrer, 2001). Eşey kromozomal model genetiksel olarak da adlandırılabilir ve cinsiyet kromozomlarının varlığına ihtiyaç duyar. Bu kromozomlar, biri erkek balıktan diğeri dişi balıktan gelen bir çift heterokromozom olup cinsel gelişimi ile ilgili genleri toplar ve biriktirir. Ticari önemi bulunan balık türlerinin çoğu kullanılan anaç stoku ve çevresel etmenlerden etkilenmeden dişi-erkek oranı arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz olup beklenen 1E: 1D oranına eşit olup çok farklı bir oran ortaya çıkmamaktadır.

Çok sayıda genden etkilenen şekilde tanımlanabilecek olan poligenik cinsiyet oluşumu, baskılayıcı cinsiyet tayini genlerinin vücut kromozomları olan otomozal kromozomlarda bulunduğu (heterokromozomlarda olduğu gibi) bir cinsiyet tayin sistemidir. Genetik cinsiyet tayini olarak da bilinen bu model çok sayıda cinsiyetle ilgili genlerin cinsiyeti belirleyen cinsiyet kromozomlarından çok vücut kromozomlarında var olmasıyla bu durum karmaşıklaşır. Bu şekilde cinsiyet tayinine sahip balıklar beklenen 1Erkek:1Dişi oranından farklı cinsiyet oranları ile karakterize edilirler. Smith (1982) gökkuşuğu alabalıklarının (*O. mykiss*) bu iki grubun ortasında olabileceğini, Quillet, Labbe ve Queau (2004) ayrı eşeyli olduklarını bildirmektedir.

pH ‘ın bireylerin cinsiyet farklılaşması ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Monge, 1942; Hewitt, Webb ve Stewart, 1955; Weir, 1956; Huck ve Lisk, 1987). Memeliler (Hewitt, Webb ve Stewart 1955), fareler (Monge 1942; Weir, 1956), hamsterler (Huck ve Lisk, 1987) ve balıklar (Rubin, 1985; Reddon ve Hurd, 2013; Pratt, Moraisa, Reis ve Almeida, 2020) ile

ilgili araştırmalarda pH 'ın cinsiyet farklılaşması üzerine etkilerinin var olduğu bildirilmiştir. Balıkların cinsiyet farklılaşması ile ilgili pH'ın etkisi incelenmiştir, bazı içsu balıklarında pH'ın cinsiyetlerin oluşumu ile ilgili olduğu gözlemlenmiştir (Rubin, 1985; Reddon ve Hurd, 2013; Moraisa, Reis ve Almeida, 2020).

Weir (1956) tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek ve düşük kan pH'ı için heterojen bir fare suşunun bireylerini seçmiş ve pH 7,42 ile pH7,46 olmak üzere iki pH düzeyi oluşturmuştur. İki pH değerinde cinsiyet oranının 50: 50'den düşük pH düzeyinde erkek: dişi oranının yaklaşık 40:60 ve yüksek pH düzeyinde ise 60:40 olarak bulmuştur. Kan pH'ının asidik düzeyde olan farelerin daha fazla dişi soy ürettiğini, kan pH'ının alkali düzeyde olan farelerin ise fazla erkek ürettiğini bildirmiştir. Karşılıklı geçişte Weir, cinsiyet oranı farklılığının tamamının erkek farelerin kan pH'ından kaynaklandığını bildirmiştir. Dişi kan pH'nın ise cinsiyetlerin farklılaşmasında hiçbir etkisinin olmadığını kaydetmiştir.

Hamsterlar üzerinde yapılan çalışmada vajinal pH' ın döngü içerisinde zamana bağlı değişiklik gösterdiği için farklı saatlerde farklı pH ortamının olduğu zamanlarda çiftleşmeleri sağlanmıştır. Düşük pH döneminde yavruların daha küçük olduğu ve erkek yavru oranının daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Pratt, Huck ve Lisk, 1987).

Birçok balık türünde cinsiyet farklılaşmaya başlaması, genellikle larva yumurtadan çıktıktan hemen sonra gerçekleşmeye başlamaktadır (ek, 2006). Embriyonun genetik yapısına rağmen, bu sırada oluşturulacak müdahaleler, örneğin çevresel faktörleri değiştirmek, androjen veya östrojen steroidleri uygulamak gonadları arzu edilen cinsiyete dönüştürmek mümkündür. Her türlü uygulama cinsiyetler farklılaşmadan önce yapılmalıdır. Fenotipik cinsiyetin değiştirilebileceği bu süre farklı balık türleri arasından farklılık göstermektedir. Eğer bir larva yumurta kesesi henüz çekilmemiş olduğu dönemlerde anabolik cinsiyet steroidleri absorbe ederse cinsiyet hücrelerinin gelişimi gerçekleşmektedir (Shepherd ve Bromage, 1992; ek, Turan ve Atik, 2007a; Turan ve ek, 2007).

Erken gelişim döneminde Batı Afrika iklit balığı (*Pelvicachromis pulcher*) su pH'ından etkilendiği bildirilmiştir (Reddon ve Hurd, 2013).

Rubin (1985) iklitler ve Poecillidae familyaları üzerine yapmış olduğu çalışmada pH'ın cinsiyet üzerine olan etkilerini araştırmıştır. Çalışmada *Pelvicachromis pulcher*,

Pelvicachromis subocellatus, *Pelvicachromis taeniatus*, *Apistogramma borelli*, *Apistogramma cacatuoides*, *Xiphophorus hellerii* türlerini kullanmıştır. Çalışma sonucunda düşük pH'da erkek oranının fazla olduğu yüksek pH'da ise dişi oranının yüksek olduğu bildirmiştir.

Reddon ve Hurd (2013) Afrika çiklitlerinin cinsiyeti üzerine pH'ın etkisini araştırmıştır. Afrika çiklitlerinin pH 5,5 ve pH 6,5 erkek ve dişi cinsiyet oranı incelenmiş, her iki pH'da dişi oranının yüksek olduğu fakat pH yükseldikçe erkek oranının artma eğilimi gösterdiğini bildirilmiştir. Herk iki pH 'da dişi ve erkek balıkların daha saldırgan davranışlara eğilim gösterdiği de kaydetmiştir.

Moraisa, Reis ve Almeida (2020) *Tambaqui colossoma* türünde farklı pH düzeylerinin cinsiyet oranı üzerindeki etkisi araştırmışlardır. Yazarlar, pH 6,5; pH 7,5 ve pH 8,5 olmak üzere üç farklı pH düzeyini kullanmışlardır. Bunun için *Tambaqui c* larvaları 12. günde (yumurtadan çıkış sonrası), 45 gün boyunca (4 cm'ye ulaşana kadar) pH 6,5; pH 7,5 (kontrol) ve pH 8,5'de tutmuşlardır. Kontrol grubu olan pH 7,5 da erkek oranının dişilere göre daha yüksek olduğu pH6,5 erkek oranının en yüksek olduğu, pH 8,5 'de ise erkek ve dişi oranının birbirine eşit olduğunu bildirilmişlerdir.

McClure, McIntyre ve McCune (2006) sekiz danino türünün Hindistan'da on sekiz bölgede doğal yaşam alanlarını araştırmıştır. Yapılan çalışmada su pH'ını pH6,6-pH8,2 arasında berrak sularda yaşayan zebra balıkları incelenmiştir. Çalışma sonucunda hafif alkali sularda (pH8) zebra balıklarının daha yoğun yaşadığı bildirilmiştir.

Spence ve Smith (2006) Bangladeş'te zebra balığının dağılımı ve habitat tercihlerini araştırmış ve hafif alkali sularda zebra balıklarının daha yoğun yaşadıklarını tespit etmiştir. Yapılan çalışmada Bangladeş'te 26 bölge incelenmiş bu bölgelerden dokuzunda zebra balıklarına rastlandığını bildirmişlerdir. Zebra balıklarının yaşadığı bu bölgelerin su pH'ları incelenmiş ve su pH ları pH7,4 ile pH8 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan çalışmalar göz önüne alındığında pH ın canlıların cinsiyet oranı üzerine etki ettiği görülmektedir. Yapılacak denemeler ile elde edilecek olumlu sonuçlar doğrultusunda uygun pH değerleriyle erken dönemde canlıların cinsiyetine etki edilebilir. Yetiştiricilikte cinsiyet belirlemede kullanılan maliyeti yüksek yöntemlerden kurtularak daha fazla gelir elde

edilebilir. Genetiğe etki edebilecek sentetik hormonlar ın yerine doğal yöntem kullanılarak genetik bozuklukların önüne geçilebilir. pH üzerine yapılacak farklı çalışmalar ile zararlı mikro organizmalara karşıda balık türlerinin korunması sağlanabilir.

pH ın zebra balıklarında cinsiyet oranı üzerine olan etkileri kontrollü labaratuvar koşullarında daha önce araştırılmamıştır. Önceden yapılmış olan çok az sayıdaki çalışmalarda doğal sular örneklenerek gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılacak olan keskin asidik ve bazik pH değerler ve kontrollü koşullar altında yapılacak olması çalışmayı diğer balık türleri üzerinde önceden yapılmış olan çalışmalardan farklı kılmaktadır.

2.2. pH'ın Gonadal Gelişim Üzerine Etkileri

Bazı çalışmalar pH'ın 7 olduğu derecelerde, üremenin %50 oranında arttığını tespit etmiştir (Welch ve Munday, 2016; Faria ve diğerleri, 2018). Diğer bazı çalışmalarda ise düşük pH derecelerinde üremenin azaldığı ve yumurtalarda anomaliler olduğu bildirilmiştir (Miller, Watson, McCormick ve Munday, 2013; Forsgren, Dupont, Jutfelt ve Amundsen, 2013).

Dişi bayrak balığı (*Jordanella floridae*) üzerine yapılmış olan bir araştırmada, su sıcaklığı 25°C de tüm gruplarda sabit tutulmuştur. Balıklar 20 gün süresince aralıksız farklı pH düzeylerine (pH: 6,7; 6; 5,5; 5 ve 4,5) tabii tutularak dişi gonad gelişimi üzerine etkieri araştırılmıştır (Ruby, Aczel ve Craig, 1977). Sayısal histolojik analizler sonucunda pH düzeyi 6.7 olan grup hariç diğer tüm gruplarda oositlerin olgun evreye geçmelerinde önemli ölçüde azalma bildirilmiştir. Düşük pH düzeylerinde lipit ve proteinlerin sitoplazmaya taşınmadıkları histolojik kesitlerde görülmüştür. Özellikle pH'ın 4,5 olduğu grupta oogenezin tüm aşamalarında gelişme bozuklukları kaydedilmiştir.

Ruby, Aczel ve Craig (1978) bu kez erkek bayrak balığı (*Jordanella floridae*) üzerine yapmış oldukları çalışmanın sonuçlarına dayanarak kontrol grubu olan pH 6,7 hariç diğer tüm gruplarda spermden yoksun testisler kaydetmişlerdir. Yazarlar aynı deneme desenini kullanmışlardır. Testis gelişiminin en az olduğu grubu pH'ın 4,5 olduğu grup olarak bildirmişlerdir.

Yassı kafa Golyan (*Pimephales promelas*) balık türü üzerine yapılan bir araştırmada pH8; 6 ve 5 olmak üzere üç farklı pH derecesinde gonadlar histolojik olarak incelenmiştir.

Araştırma doğal ortamda üç farklı kanal içerisinde yer alan sulara yapılmıştır. pH seviyesinin düzenlenmesinde H₂SO₄ kullanılmıştır. Araştırma sonucunda pH'nın 5 olduğu kanaldan örneklenen balıkların ovaryumlarında yoğun oranda atretik oositler bildirilmiştir. Bu grupta ovulasyon gerçekleşmemiştir. pH'nın 8 olduğu grup ile pH'nın 5 ve 6 olduğu gruplar kıyaslandıklarında daha az oranda atretik oosit bildirilmiştir (McCormick, Stokes ve Hermanutz, 1989). Araştırmacılar bu sonucu endokrin sistemin aşırı asiditeden kaynaklanan strese verdiği yanıt olabileceğini ifade etmişlerdir.

Zelennikov, Sabanova ve Mishchenko, (2009) pembe salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) üzerine yapmış oldukları araştırmada asidik olan suların oogenezi üzerini etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar kontrol grubunu pH 7,7 ile 8,2 arasında tutmuş birincil deney gruplarını ise pH 4,21 ile 4,62 arasında ikincil deney gruplarını 4,71 ile 5,15 arasında tutmuşlardır. Yazarlar araştırma sonucunda düşük pH gruplarında previtellogenik oosit sayılarında önemli oranda azalma kaydetmişlerdir. Previtellogenik oositlerin azlığı ise ovaryumların hacimsel olarak küçük kalmalarına neden olmuştur. Özellikle pH'nın 4,21 olduğu grupta oosit düşüklüğü %48,7 oranında olduğu tespit edilmiştir.

Salleh ve diğerleri (2017) Medaka (*Oryzias javanicus*) balık türünde düşük ve yüksek pH derecelerinin ovaryum ve testislerin gelişimleri üzerine etkilerini gonadlardan histolojik kesitler olarak incelemişlerdir. Araştırmacılar pH'nın 9 olduğu gruplarda oositlerde keskin ve yoğun miktarlarda nekroz bildirmişlerdir. pH'nın 7 olduğu gruplarda en fazla altıncı evrede olan oositler görülürken, pH'nın 6 olduğu gruplarda ise en fazla oosit ikinci evrede kaydedilmiştir. pH'nın 5 olduğu gruplarda minimum düzeyde altıncı evrede olan oosit kaydedilmiş iken pH'nın 9 olduğu gruplarda olgun evre olan altıncı evrede hiç oosit saptanmamıştır. Yazarlar dişi gonadlarının optimum gelişimi için pH'nın 7 olması gerektiğini önermişlerdir.

Aynı yazarlar aynı balık türü üzerine, farklı pH' larda testislerin gelişimi histolojik olarak incelemişlerdir. Beş farklı gelişim evresinin belirlendiği testislerde asidik suda (pH'nın 5 olduğu) son evre belirlenmemiştir. Testis gelişimi geri kalmıştır. pH'nın 9 olduğu gruplarda ise canlı sperm içeren testis kalledilmemiş ve yoğun nekroz olduğu bildirilmiştir. Spermiasyon sadece pH'nın 6 ve 7 olduğu gruplarda tespit edilmiştir.

Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) da gonadal gelişimin incelendiği bir araştırmada farklı üç çiftlikten örnekleme yapılmıştır. Farklı üç çiftlikteki suların pH seviyeleri sırası ile 7; 8; 8,3 ve 8,15 olarak kaydedilmiştir. Bu çiftliklerden alınan örneklerin incelenmesi sonucunda en iyi gonadal gelişiminin pH seviyesinin 7,8 olarak ölçüldüğü çiftlik olduğu bildirilmiştir. Yazarlar en iyi oogenezi için sıcaklığın 7°C, çözülmüş oksijen miktarının 10,5mg/L ve pH seviyesinin ise 7,8 olması gerektiğini önermişlerdir (Pilić ve diğerleri, 2018).

Ilıman sularda yaşayan *Gobiusculus flavescens* balık türü üzerinde yapılan araştırmada yüksek sıcaklık ve düşük pH derecelerinde %30 oranında daha az sayıda oocytes kaydedilmiştir. Yazarlar bu durumu yüksek sıcaklık derecesinde CO₂ miktarının arttığını ve sonucunda sularda asidifikasyonun oluştuğunu ve durumun gonadal gelişmeyi olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir (Lopes, Faria ve Dupont, 2020). Aynı yazarlar yüksek sıcaklığın daha fazla negatif etkilerde bulunduğunu, düşük pH 'ın ise minimal düzeyde etkileri olduğunu ifade etmişlerdir.

dos Santos Soares ve Bialetzki, (2020) iki farklı balık türü üzerine beş farklı pH seviyelerinin etkilerini araştırmışlardır. Yazarlar iki balık türünün farklı pH düzeylerine farklı yanıtlar verdiklerini bildirmişlerdir. Kısa mesafe göçler yapan bir balık türü olan *Astyanax lacustris* 'ta yumurtadan çıkış oranı üzerine farklı pH düzeyleri etkide bulunmaması ancak yumurta kesesi çapı üzerine negatif etkiler tespit etmişlerdir. Uzun mesafe göçler yapan *Piaractus mesopotamicus* balık türünde ise farklı pH düzeyleri yumurtadan çıkış oranını negatif etkilediği gibi previtellin boşluk üzerine de negatif etkiler bildirilmiştir. Yazarlar *A. Lacustris* balık türünün asidik olan pH düzeylerine daha dayanıklı olduğunu kaydetmişlerdir. *P. mesopotamicus* balık türünün ise alkali koşullara daha toleranslı olduğu sonucunu çıkarmışlardır.

Ahammad ve diğerleri (2021) tarafından Bangladeş te Hint balık (*Tenualosa ilisha*) üzerine yapılan araştırmada farklı pH düzeylerine sahip olan farklı nehirlerden alınan balıkların gonadal gelişimleri ve suyun pH değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki saptanmamıştır. Çalışmada pH ile GSI (Gonado Somatik İndeks) arasında bazı bölgelerde hafif pozitif ($R = -0,13$ ve $p > 0,05$) diğer bazı bölgelerde ise hafif negatif ($R = 0,07$ ve $p > 0,05$) bir ilişki olduğu bildirilmiştir.

Afrika kedi balığı (*Clarias gariepinus*) yumurta verimliliği, ovaryum ve testis gelişimi Eyo, Arong Gabriel ve Basse, (2022) tarafından araştırılmıştır. Araştırmaya sonucuna göre farklı pH düzeyleri testis ve ovaryum gelişimini etkilememiştir. pH seviyeleri 6,67 ile 7,2 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yazarlar bu sonucu, her ne kadar pH düzeyleri farklı olsa da optimum seviyelerde olduğundan kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

2.3. pH'ın Büyüme ve Yaşama Oranı Üzerine Etkileri

Craig ve Baskı, (1977) Amerikan bayrak balığı (*J. floridae*) üzerine yapmış oldukları araştırmada dört farklı pH düzeyi (pH; 6; 5,5; 5 ve 4,5) uygulamışlardır. Çalışmalarında kontrol grubu pH düzeyi 6,8 olarak sabit tutulmuştur. Çalışma sonucunda pH düzeyi 4,5 olan gruplarda yaşama oranı %0 olarak bildirilmiştir. Yaşama ve büyüme oranı pH düzeyi 5 ve 5,5 olan gruplarda ise önemli ölçüde düşük ölçülmüştür ($P<0,05$). En iyi fry büyümesi kontrol grubunda kaydedilmiştir. Sonraki büyüme ve gelişme sırasıyla pH düzeyinin 6; 5,5 ve 5 olan gruplarda saptanmıştır. Yazarlar su asiditesi yükseldikçe büyüme gelişme ve yaşama oranının düştüğü sonucuna varmışlardır.

Lopes, Silva ve Baldisserotto, (2001) Gümüş kedi balığı (*Rhamdia quelen*) üzerine beş farklı pH (8,5; 8; 7; 6 ve 5,5) düzeyinde büyüme, gelişme ve yaşama oranını çalışmışlardır. En iyi büyüme gelişme ve yaşama oranını pH düzeyinin 8,5 ve 8 olduğu gruplarda tespit etmişlerdir. Yazarlar bu balık türü için optimum büyüme, gelişme ve yaşama oranının alkali sular ve pH düzeyinin 8,5 ve 8 olması gerektiğini önermişlerdir.

Afrika kedi balığı *C. gariepinus* yemlerine Aloe vera bitkisi ilave edilerek düşük pH düzeylerinden kaynaklanan stresi azaltmak araştırılmıştır. pH'ın 5,2 ve 5,5 olan ve yemlerine Aloe vera katılmayan gruplarda yaşama oranı istatistiksel ($p<0,05$) olarak önemli ölçüde düşük kaydedilmiştir. Araştırmacılar Aloe vera bitkisinin düşük pH tan kaynaklanan stresi azaltmada etkili olduğu sonucunu bildirmişlerdir (Gabriel ve diğerleri, 2019).

P. mesopotamicus ve *A. lacustris* balık türleri üzerine dos Santos ve diğerleri, (2020) tarafından farklı pH seviyelerinin (pH 5; 6; 7; 8 ve 9) büyüme, gelişme ve yaşama oranı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. *A. Lacustris* larval ağırlıkları farklı pH seviyelerinden etkilenmemiştir. En iyi standart boy ve yaşama oranını pH 5 ve 6 seviyelerinde gösterirken *P. mesopotamicus* ise en iyi standart boyu, pH 9 seviyesinde en düşük boyca büyümeyi ise

pH 7 seviyelerinde gösterdiği bildirilmiştir. pH 5 ve 6 seviyelerinde *P. mesopotamicus* larvalarının yaşayamadıkları tespit edilmiştir (Mengistu, Mulder, Benzie ve Komen, 2020).

Zahangir Haque, Mustakim, Khatun ve Islam,2015 yılında zebra balıklarının embriyolarının su pH'ının Ph 2 ile Ph 12 arasında yaşama oranını incelemiş ve pH 7-pH 8 arasında yaşam oranını daha yüksek olduğunu su pH'ının pH 9 ile pH 10 arasında ise yaşam oranının asidik ortama göre çok düşük olduğunu bildirmiştir. Çok düşük pH'da (pH 2) ve çok yüksek pH'da (pH 12) embriyoların yaşamadığı bildirilmiştir.

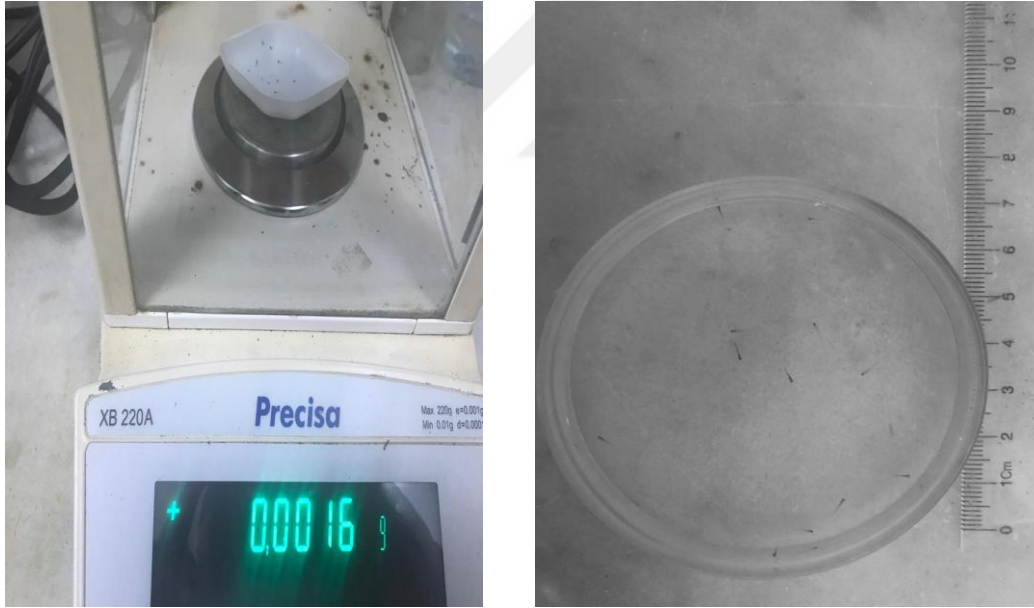


3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Zebra materyali

Denemede canlı materyal olarak zebra balığı prelarvaları kullanılmıştır. Denemede kullanılan prelarvalar, İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi Su Ürünleri Anabilim Dalı Yetiştiricilik Bölümünde yetiştirilen anaçların yumurtlatılması ile elde edilmiş ve denemenin yürütüleceği ortamda yumurtadan çıkan prelarvalar pH'ları düzenlenmiş suların bulunduğu deneme düzeneklerine başlangıç canlı ağırlıkları (Precisa XB 220A, Switzerland) ve boyları ölçüldükten sonra ($\sim 0,16$ mg, $449\mu\text{m}$ (± 33)), alınmışlardır.



Resim 3.1. Prelarvaların başlangıç canlı ağırlık ve boy ölçümleri (orijinal)

3.1.2. Araştırma yeri

Bu çalışma İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi Su Ürünleri Ana Bilim Dalı Yetiştiricilik Bölümü akvaryum ünitesinde yürütülmüştür.

3.1.3. Yem materyali

Deneysel çalışma sürecinde, zebra balıkları Artemia (Subreme Bay Brand, INC. San Francisco, USA) kullanılarak beslenmişlerdir. Besleme doksan gün boyunca günde üç kez yapılmıştır. Balık deneyleri, hayvan etiği komitesi yönergelerine uygun olarak yürütülmüştür. Artemia salina kistleri 28-30°C sıcaklık, %0,25 tuzluluk ve pH 8-8,5 değerleri olan su içerisinde, hava difüzörü kullanılarak ve tam zamanlı aydınlatma uygulanarak inkübe edilmiştir (Dede ve Çek-Yalnız, 2019).

3.1.4. Diğer materyaller

Tuz: İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü akvaryum ünitesinde Artemia salina yumurtalarını açmak için uygun su koşullarını sağlamak amacıyla ticari deniz tuzu (Reeflowers Caledonia Sea Salt) kullanılmıştır.

pH Metre (IKA ETS-D6, Germany): Uygulamalarda günlük olarak sistemin pH oranının ölçümünde kullanılmıştır.

Hava motoru (greengo 2rb 010-7ah06, China): Deneme boyunca akvaryum içerisine asit ve baz eklenerek elde edilen doğal olmayan ortamda yetiştiriciliği yapılan zebralar için, oksijen değeri havalandırma ile yüksek tutulmuştur. Dolayısıyla güçlü hava motoru ve 18 adet hava taşı kullanılmıştır.

Klima (Arçelik, Türkiye): Zebraların gelişimini destekleyecek optimum su sıcaklığını kontrol edebilmek amacıyla 9000 BTU 'luk klima deneme süresince kullanılmıştır.

Sitrik Asit ($C_6H_8O_7$): Asid ortamının oluşturulması ve sürdürülmesinde sitrik asit kullanılmıştır.

Sodyum Hidroksid (NaOH): Bazik ortamının oluşturulması ve sürdürülmesinde sodyum hidroksit kullanılmıştır.

ZEISS (Axio Scope.A.1, Germany): Zebra başlıklarından alınan kesitlerin incelenmesinde kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Prelarvaların elde edilmesi

Erkek ve dişi anaçlar sağımdan önce selpak veya kağıt havlu ile kurutulmuştur. Yumurtlamaya hazır olan dişi anaçlar seçildikten sonra abdomenden kuyruk yüzgeci doğrultusuna yumuşak ve nazik bir şekilde hafifçe basınç yapılarak yumurtalar ortalama boyutlarda (9cm) olan petri kapları içerisine yapılmıştır. Erkeklerde süt alınması ise 25 µL lik kılcal bir tüp ile yapılmıştır. Sağımdan hemen sonra bol oksijenlendirilmiş tanklarına bırakılmıştır. Dölleme işlemi petri kabı içerisinde el ile gerçekleştirilmiş ve döllemeden 5-10 dakika sonra, anaçların alındıkları akvaryumdan alınmış ve otoklavdan geçirilmiş (bakteriyal kontaminasyonu önlemek için) suda döllelenmiş yumurtalar yıkanmıştır. Yumurtalar inkübatöre taşınmadan önce mikroskop altında incelenip ölmüş olan yumurtalar steril ve plastik pipet ile ayıklanmıştır. İncelenen literatürlerde yumurtaların yapışkan olmadıkları kaydedilmiştir. Bu nedenle ilave bir uygulama yapılmamıştır. Döllelenmiş yumurtalar 28°C de olan inkübatöre taşınmış ve bu sıcaklıkta 96 saat içerisinde açılmaları beklenmiştir. İnkübasyon sırasında yumurtalar kontrol edilip ölenler steril plastik pipet ile ayıklanmıştır. Petri kabındaki su, otoklavdan geçirilmiş ve aynı sıcaklıkta olan su ile belirli aralıklarla yenilenmiştir.

3.2.2. Denemede kullanılacak su pH düzeylerinin belirlenmesi ve sürdürülmesi

Denemede su kalite parametreleri belli olan damacana su kullanılmıştır. Hazır sular sitrik asit ($C_6H_8O_7$) kullanılarak pH 6; 6,5 ve pH7 düzeyine indirilerek, sodyum hidroksit (NaOH) kullanımıyla pH8; 8,5 ve pH 9 düzeyine çıkarılarak deneme akvaryumlarına konmuştur. Deneme süresi boyunca günde üç kez pH seviyeleri kontrol edilmiştir. Kontroller düzenli yapılarak değişmeler sitrik asit ve sodyum hidroksit çözeltileri eklenerek tekrar istenilen düzeylere göre ayarlanmıştır.

Deneme boyunca iki günde bir su değişimi yapılmış, su parametleri kontrol edilmiş ve uygunluğu tespit edildikten sonra pH ları sitrik asit ve sodyum hidroksit kullanılarak denemeye uygun hale gelmesi sağlanarak akvaryumlara konmuştur. Başlangıçta su pH larını düzenlerken pH 6 düzeyi için 175 ml, pH 6,5 düzeyi için 186 ml, pH 7 düzeyi için 46 ml sitrik asit çözeltisi, pH 8 düzeyi için 19,2 ml, pH 8,5 düzeyi için 38 ml ve pH 9 düzeyi için

61 ml sodyum hidroksit çözeltisi kullanılmıştır. Deneme süresince günlük ihtiyaca göre sitrik asit ($C_6H_8O_7$) ve sodyum hidroksit ($NaOH$) kullanılarak deneme pH ları dengelenmiştir. Su pH ları pH metre cihazı kullanılarak ölçülmüştür, (IKA ETS-D6), (Resim 3.2).



Resim 3.2 Su pH larının ölçümleri (orijinal)

3.2.3. Su kalitesi parametreleri

Deneme süresince su sıcaklığı tüm gruplarda $28 \pm 0,33^\circ C$ 'de tutulmuştur. Oksijen miktarı ve pH gibi su kalite parametreleri günde üç kez ölçülmüştür. Ayrıca denemede Çizelge 3.2 'de su kalitesi parametreleri verilmiş damacana su kullanılmıştır. Akvaryum suları her iki günde bir deneme boyunca değiştirilmiştir. Akvaryumlardaki oksijen dengesi hava motorları ile sağlanmıştır.

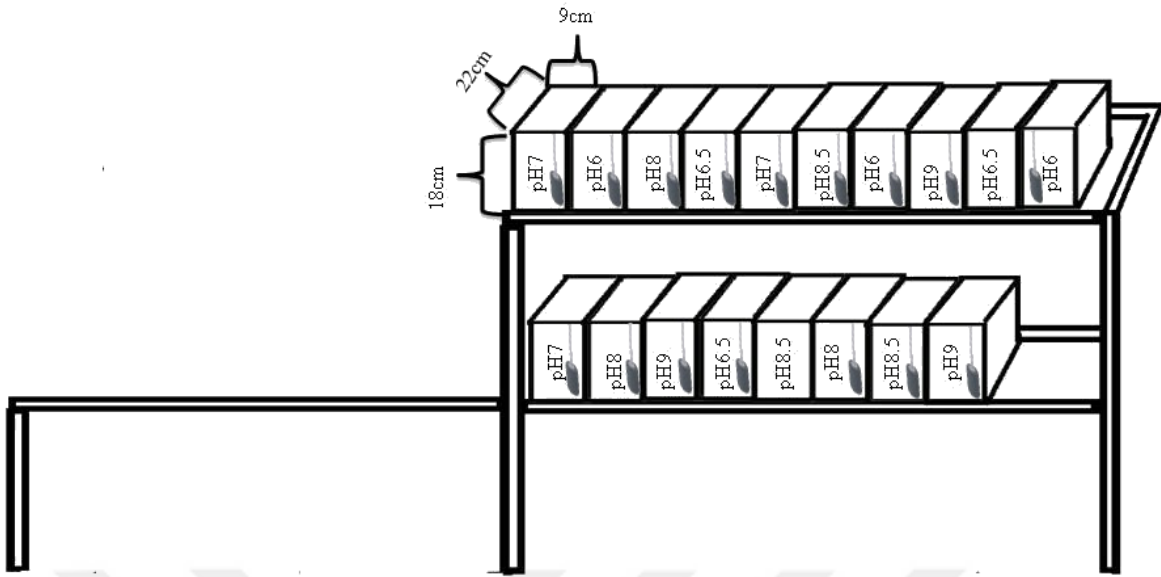
Çizelge 3.2 Su kalitesi parametreleri (orijinal)

Minerals	Mg/L
F	0,096
HCO ₃	86,9
Cl ₂	4,1
Ca	19,33
K	<0,2
Mg	4,02
Na	2,2

3.2.4. Deneme planı ve düzeneği

Denemede 22x18x9cm ebatlarında her bir pH için üç tekerrür olmak üzere toplamda altı pH grubu için 18 adet akvaryum kullanılmıştır.

Akvaryumlar üniteye şekil 3.2'deki gibi yerleştirilmiştir. Başlangıç ortalama ağırlıkları ve boyları belirlenen prelarvalar 20'şer adet olarak akvaryumlara yerleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Denemenin kurulduğu ve yürütüldüğü akvaryum ünitesi tasarımı (orijinal)



Resim 3.3. Denemenin kurulduğu ve yürütüldüğü akvaryum ünitesi (orijinal)

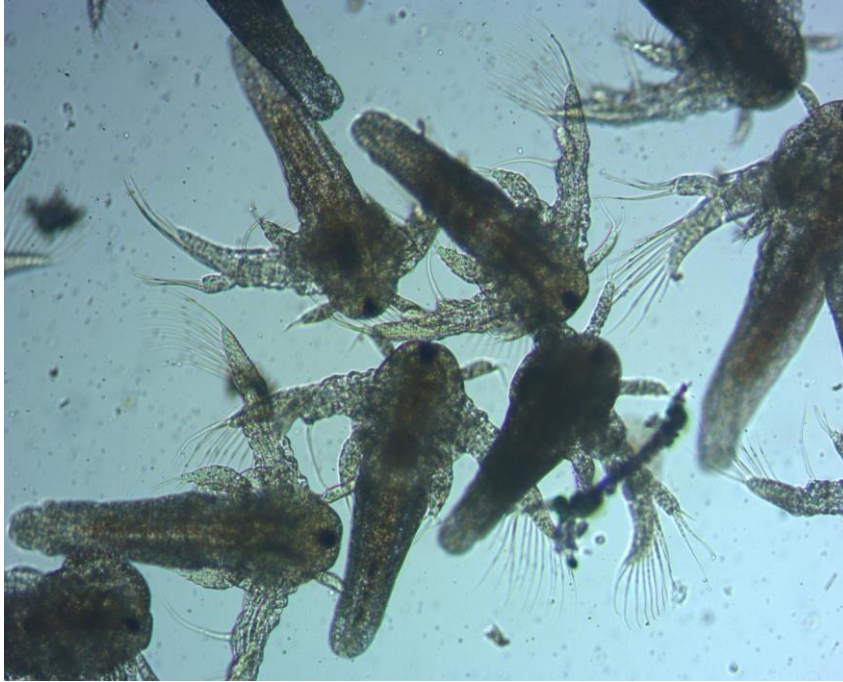
3.2.5. Yetiştiricilik parametreleri

Altı ayrı ortamın (pH 6; 6,5; 7; 8; 8,5 ve 9) yetiştiricilik parametrelerine gonadların gelişimine ve cinsiyet oranına etkisinin karşılaştırılmasına dayanan deneme 6 grup ve 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Deneme başlangıcında zebra balıklarının ağırlıkları ve boyları ölçülmüştür. Deneme sonunda (90. gün) bütün zebra balıklarının ağırlıkları ile boyları ölçülmüş ve kalan zebra

sayıları belirlenerek grupların yaşama oranları hesaplanmıştır. Akvaryumlarda yetiştirilen balıklar ad libitum beslenme şekli ile beslenmiştir. Denemede pırelarvalar ilk dört gün rotifer ile beslenmiştir. Daha sonra 4 ile 12 gün arası rotifer ve artemiya ile beslenmeye devam edilmiştir. Prelarvalar 12. günden itibaren deneme sonuna kadar (90.gün) artemiya ile beslenmiştir.

Denemenin sonlandırıldığı 90. günde balıkların ağırlıkları ve boyları ölçülmüş, yaşam oranları tespit edilmiş ve ardından %0,04 2-fenoksietanol solüsyonuna alınarak balıklara ötenazi işlemi uygulanmıştır. Ötenazi uygulanan balıklar düşük pH 'dan başlanılarak dış bakısal olarak ve kesitler alınarak mikroskop altında incelenmiştir.



Resim 3.4. Denemede besin materyali olarak kullanılan *Artemia salina* (orijinal)

3.2.6. Cinsiyetlerin belirlenmesi

Deneme sonunda (Yumurta çıkışını takiben 90. günün sonunda), öncelikle erkek ve dişi cinsiyetler arasındaki morfolojik farklılıklar dikkate alınmıştır. Erkek *D. rerio*, daha uzun daha ince boylu ve renkleri dişi ile kıyaslandığında daha parlak ve turuncu rengin hakim olduğu iddiasına dayanarak yapılmıştır. Dişi *D. rerio* ise daha kısa, daha küt ve ventral bölge daha yuvarlak ve şişkince görünümlü vücut rengi ise gümüş rengi daha fazla olması ile ayırt

edilebilmiştir. Diğer ayırt edici ikincil cinsiyet karakterleri ise erkeklerin dorsal, pektoral, pelvik, anal ve kuyruk yüzgeçleri dişilerden daha uzun olarak belirlenmiştir.

3.2.7. Canlı ağırlık ortalamalarının alınması

Ağırlık ortalamalarını elde etmek için zebra balıklarının deneme başlangıcında ve 90. günün sonunda canlı ağırlıklarının tartımı yapılmıştır. Tartım işlemi gerçekleştirilmeden önce yaşama oranını belirlemek için akvaryumlardaki tüm balıklar sayılmıştır. Deneme sonunda, var olan balıkların toplam vücut uzunlukları ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Deneme tartımları düşük pH grublarından başlayarak yüksek pH grupları ile tamamlanmıştır. Tartım hassas teraziyle (0,001 hassasiyet) gerçekleştirilmiştir.

3.2.8. Verilerin istatistiksel analizi

Denemede elde edilen bütün veriler sigma plot 14 istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir. Her pH grubun yaşama oranı, boy ve ağırlıkları verileri ve yetiştiricilik parametreleri T testi ile %94 güven aralığında istatistiki açıdan karşılaştırılmıştır ($P < 0,05$). Tüm veriler ortalama \pm standart sapma (ss) olarak sunulmuştur. Farklı akvaryumlardaki farklı pH değerleri uygulanan ergin *D. rerio* cinsiyet oranı arasındaki farklılıklar ki-kare (χ^2) testi uygulanarak hesaplanmıştır.

3.2.9. Histolojik inceleme

Çalışmanın sonlandırıldığı 90. günde balıkların ağırlıkları ve boyları ölçülmüş, yaşam oranları tespit edilmiş ve ardından %0,04 2-fenoksietanol solüsyonuna alınarak balıklara ötenazi işlemi uygulanmıştır. Balıklardan alınan gonadlar %10 nötr tamponlu formalin solüsyonuna konuldu. Daha sonra parafine gömülen gonadlardan 5 mm'lik kesitler alınarak hematoksilen ve eozin kullanılarak boyandı. Alınan kesitler ışık mikroskobu (ZEISS Axio Scope.A.1, Germany) ile histolojik olarak incelendi.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışmasında asidik ve bazik ortamın zebra balıklarının cinsiyet oranı, gonadal gelişimleri büyüme ve yaşama oranı üzerine etkisi karşılaştırmalı olarak 90 gün boyunca araştırılmıştır. Araştırma sonucu elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

4.1 Farklı Düzeylerdeki pH Düzeyinin Cinsiyet Oranı Üzerine Etkileri

Farklı pH düzeylerinin *D. rerio* 'da cinsiyet dağılımı ve oranı üzerine etkileri Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1 de verilmiştir. Sonuçlara göre yüksek pH düzeylerinde erkek, düşük pH düzeylerinde ise dişi balıklar elde edilmiştir. pH düzeyinin 9 olduğu grupta balıkların morfolojik yapılarında dişi gibi görünen balıkların diseksiyon sonucunda gonadlarının testis olduğu ve bu sonucun histolojik veriler ile de desteklendiği görülmüştür. Bu grupta hiç dişi balık görülmemiştir. Ayrıca dış bakılarına bakıldığında erkek gibi görünen balıkların düşük pH'da dişi oldukları kaydedilmiştir.

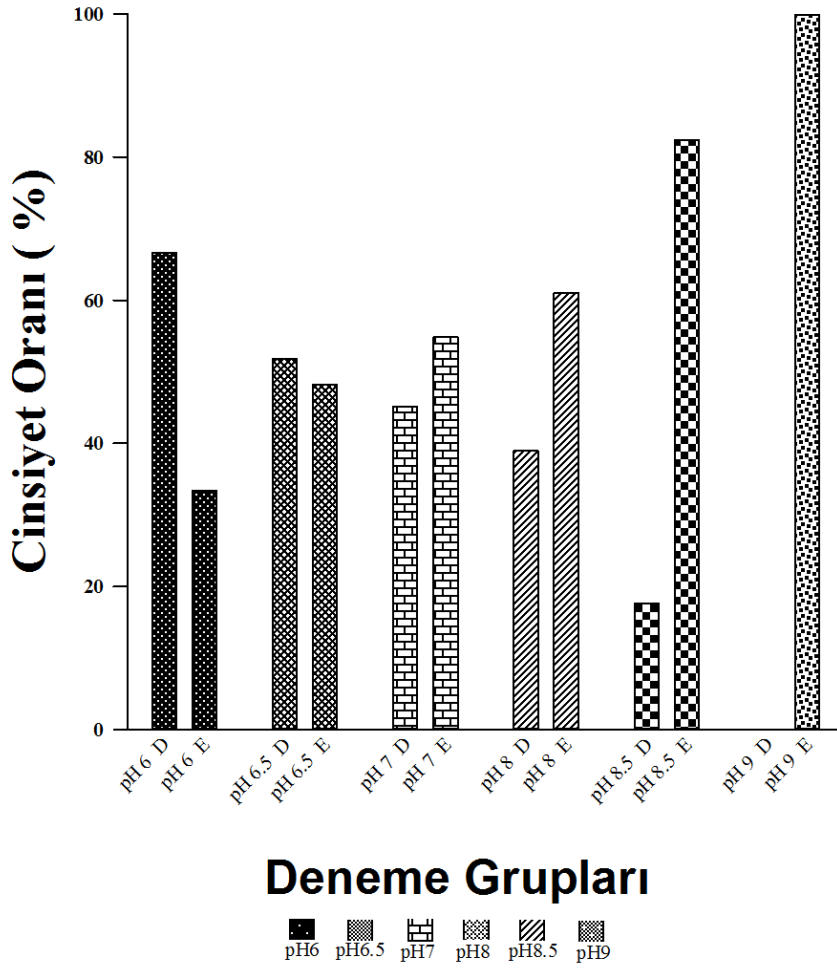
pH seviyesinin 8,5 ve 9 olan gruplarda uygulanan Ki-kare testi sonucuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde daha fazla sayıda erkek balık kaydedilmiştir ($P < 0,05$). pH düzeyinin 6 olduğu grupta ise daha fazla sayıda dişi balık kaydedilmiştir. Bu grupta erkek ve dişi cinsiyet arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

pH seviyesinin 6,5; 7 ve 8 olduğu gruplarda ise erkek ve dişi cinsiyet arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P > 0,05$).

Çizelge 4.1 pH'nın Zebra (*Danio rerio*) Balıklarında Cinsiyet Dağılımı ve Oranı (%) Üzerine Etkileri (orijinal)

Farklı pH Değerleri	Uygulama Süresi (Gün)	Cinsiyet Dağılımı		Cinsiyet Oranı (%)	
		Erkek: Dişi (E:D:G)	E:D	(χ^2)	
I (pH, 6)	90	7:21 (n=28; n=60)	25;75	7,000**	
II (pH, 6,5)	90	11:18 (n=29;n=60)	37,93; 62,07	----	
III (pH, 7)	90	17:14 (n=31;n=60)	54,83; 45,17	-----	
IV (pH, 8)	90	25:18 (n=41;n=60)	60,97; 39,03	-----	
V (pH, 8,5)	90	28:6 (n=34; n=60)	82,35; 17,65	14,235***	
VI (pH, 9)	90	10:0 (n=10; n=60)	100	8,333** do ask to yavuz	
Toplam		98:77(n=175;n=360)	56;44	----	

pH seviyelerinin 6; 8,5 ve 9 olduğu gruplarda cinsiyet oranı beklenen 1E;1D oranından önemli derecede farklı bulunmuştur, ($P<0,05$). Diğer gruplardaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır, ($P>0,05$). χ^2 değerleri ile erkek ve dişi cinsiyet oranları kıyaslanmıştır. *, $P<0,005$ **, $P<0,01$ *** $P<0,001$



Şekil.4.1. Farklı düzeylerdeki pH'ının Zebra (*Danio rerio*) balıklarının cinsiyet oranı üzerine etkileri (orijinal)

Şekil.4.1 de görüldüğü gibi pH grupları arasında dişi ve erkek sayısında görünür şekilde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Dişi zebra oranının en fazla pH6 'da olduğu, erkek oranının ise tamamının erkek zebreaların olduğu pH9'da olduğu görülmüştür. Düşük pH'larda dişi oranın yüksek olduğu, yüksek pH'da ise erkek oranının yüksek olduğu histolojik olarak ta tespit edilmiştir. Deneme sonunda pH6'da toplam 28 balıktan 19 adedinin dişi ve 9 tanesinin erkek olduğu, görülmüştür. Çalışma neticesinde pH6,5 de 29 balıktan 18 tanesinin dişi olduğu 11 tanesinin erkek saptanmıştır. pH7'de 31 balıktan 14 tanesinin dişi ve 17 tanesinin erkek olduğu belirlenmiştir. pH8'de 41 balıktan 16 tanesinin dişi 25 tanesinin ise erkek olduğu bulunmuştur. pH8,5'de 34 balıktan 6 tanesinin dişi ve 27 balığın ise erkek olduğu saptanmıştır. pH9'da 10 balığın tamamının erkek olduğu saptanmıştır. Balıkların tamamının sağlıklı olduğu görülmüştür. Deneme sonunda pH6 'da

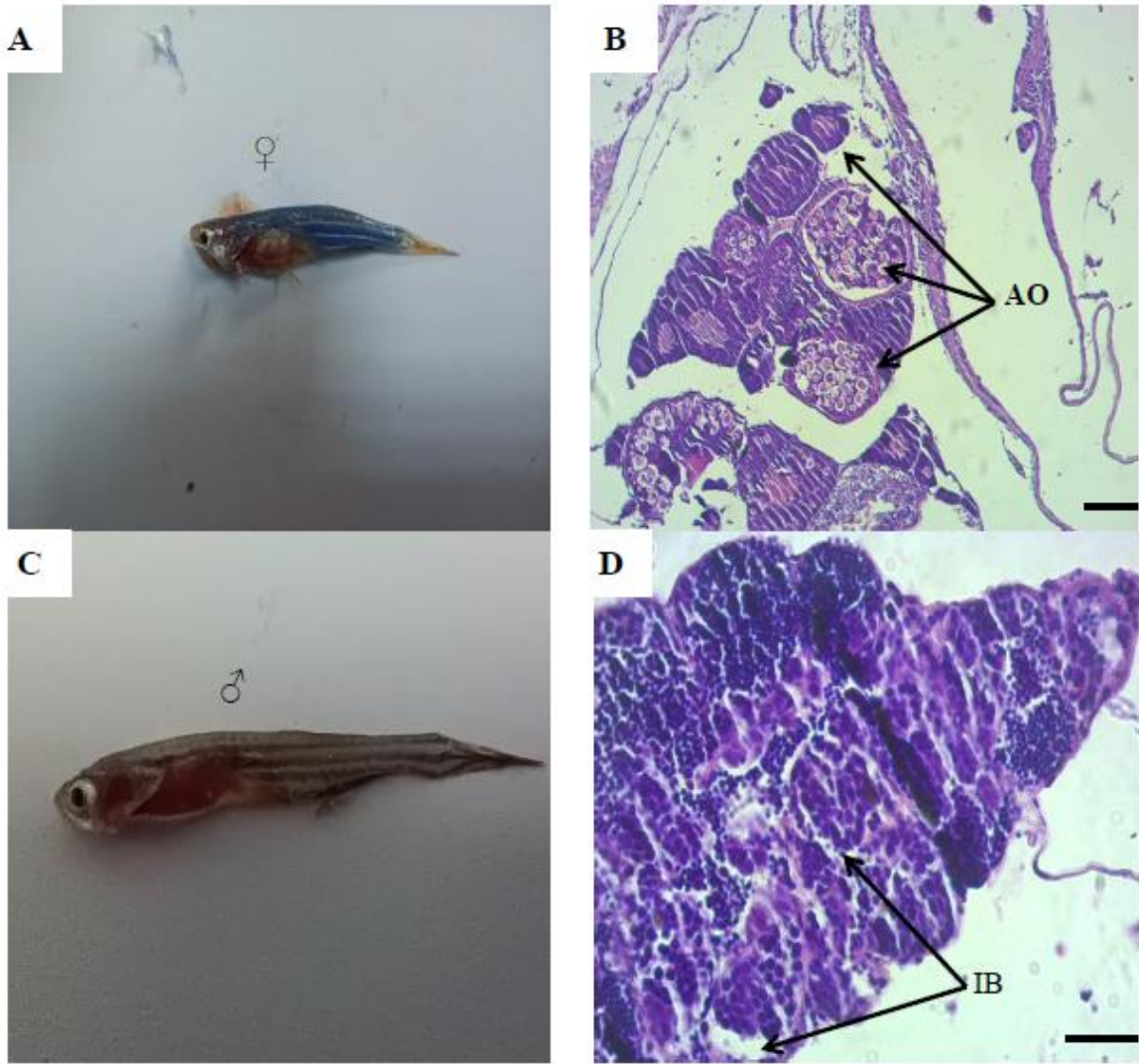
dişi oranının %66,670 erkek oranının ise %33,330, pH6,5’de dişi oranının%51,740 erkek oranının %48,260, pH7’de dişi oranının %45,160 erkek oranının % 54,840 pH8’de dişi oranının %39 erkek oranının %61, pH8,5’de dişi oranının %17,650 erkek oranının %82,350, pH9’da ise erkek oranının %100 olduğu görülmüştür.

Denemenin tamamlandığı 90. günde bütün gruplara ait tekerrürlerde kalan Zebra balılarının gonadlarının gelişimleri morfolojik ve histolojik olarak incelenmiştir.

4. 2 Farklı Düzeylerde Su pH’nın Gonad Gelişimi Üzerine Etkileri

4.2.1 Sudaki pH6 düzeyinin gonad gelişimi üzerine etkileri

Deneme sonucunda pH6 ‘da dişi zebraların yumurtalıklarının erkek zebralarının testislerine göre biraz daha belirgin olduğu ancak olgun olan yumurtaların bulunmadığı tespit edilmiştir (Resim 4.1A ve 4.1B). Erkek zebraların testistlerinin ise oldukça küçük olduğu kaydedilmiştir (Resim 4.1C). Dış bakıya bakıldığında erkek gibi görülen zebra balıklarının gelişmiş yumurtalıklara sahip dişiler olduğu görülmüştür. Dişi ovaryumlarına vitellüs taşınımının olmadığı ve oositlerin incelenen hiçbir örnekte son gelişim aşamasına gelmediği tespit edilmiştir. İkinci. 3. 4, 5, ve 6. gelişim aşamalarında olan tüm oositlerin atretik oldukları kaydedilmiştir (Resim 4.1A). Testislerin histolojik incelemelerinde tübüllerin boşalmadığı, spermiasyonun olmadığı belirlenmiştir (Resim 4.1C).

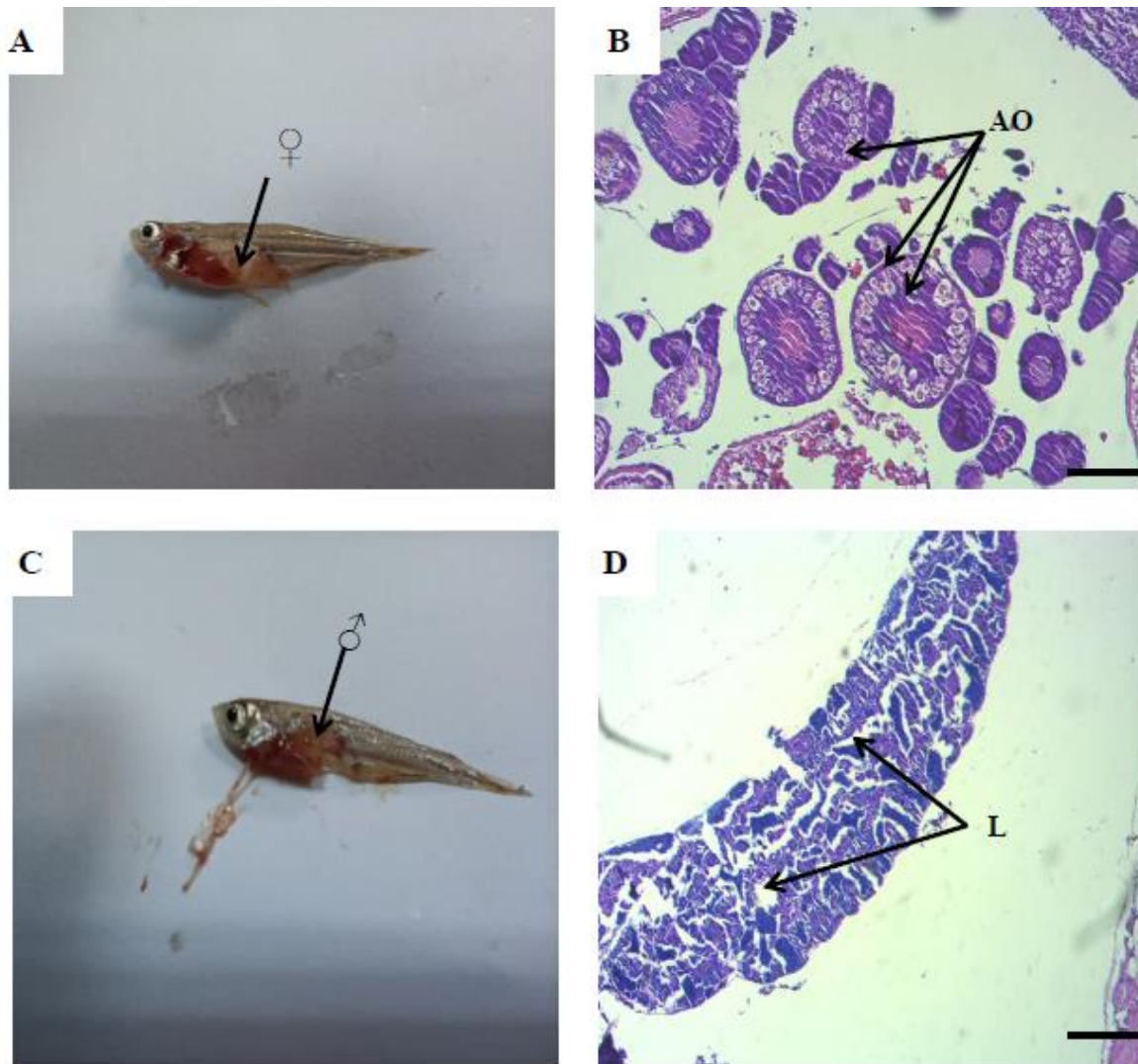


Resim 4.1. pH6'nın zebra balıklarının 90. günün sonunda testisler ile yumurtalıkların morfolojik ve histolojik gelişimi görülmektedir. A) Gelişmemiş dişi gonadları B) Atretik oositler gösterilmiştir, Ölçek= 100 μ m, (10X/0,25) C) Boşalmış tetislerD) Testislerden bir bölüm gösterilmiştir. Ölçek=50 μ m. (40X/ 0,65)AO, Atretik oosit; IB, İntersital Alan. (orijinal)

4.2.2. Sudaki pH6,5 düzeyinin gonad gelişimi üzerine etkileri

Deneme sonucunda pH6,5 'da erkek zebrealarının testistlerinin pH6'ya göre daha gelişmiş olduğu görülmüştür. Dişi zebrealarının yumurtalıklarının ise erkek zebrealarının testislerine göre biraz daha iyi gelişmiş olduğu görülmüştür. Morfooljik olarak erkek gibi görünen zebreaların bazılarının gelişmiş yumurtalıklara sahip dişiler olduğu belirlenmiştir.

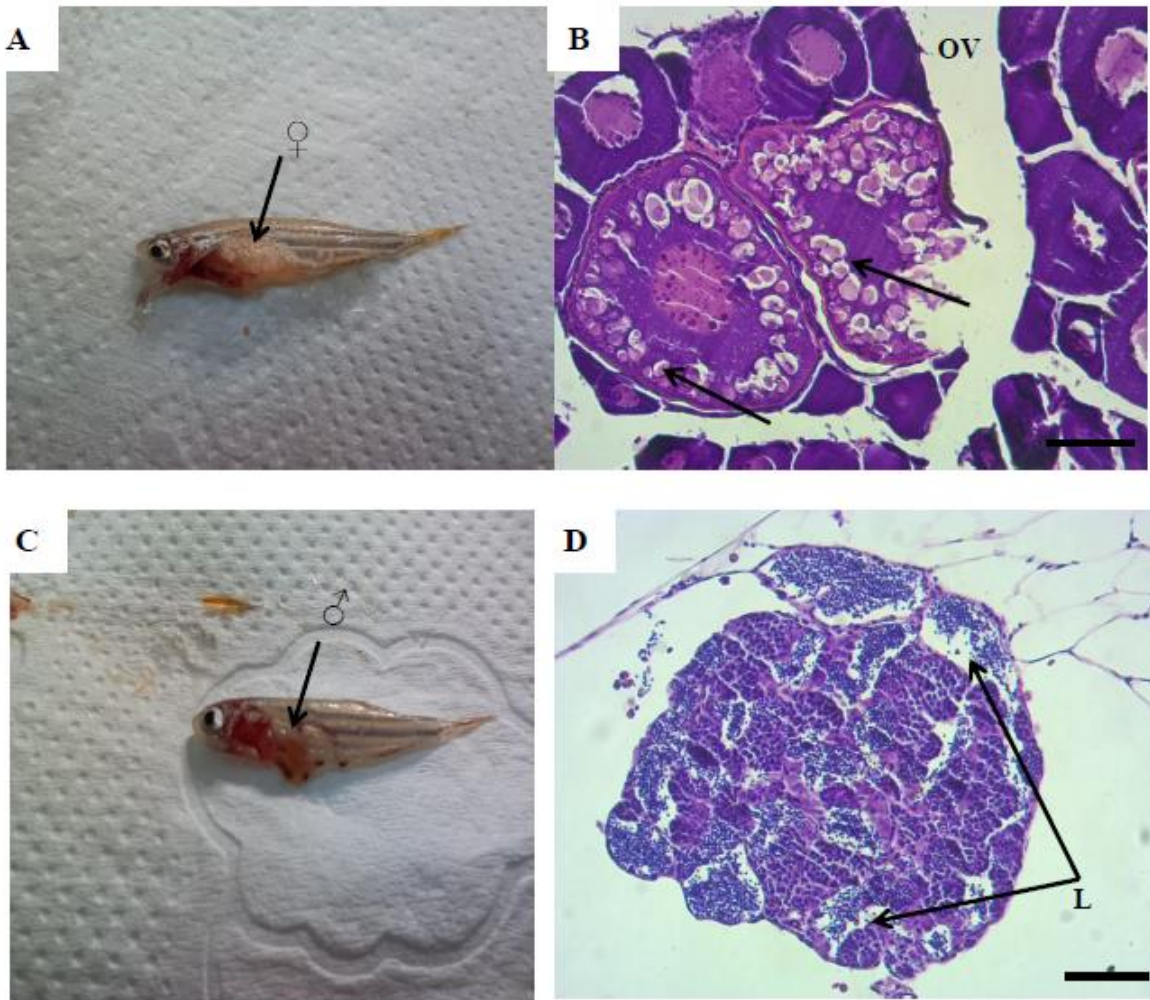
Resim 4.2. de zebra balıklarının deneme sonunda testisler ile yumurtalıklarının gelişimi görülmektedir. pH6 düzeyinde olduğu gibi yine oositlerde gelişme geriliği kaydedilmiştir. Testisler de tüm gelişim aşamaları mevcut olduğu halde oldukça küçük oldukları kaydedilmiştir. Yoğun miktarda atretik oositler görülmüştür. Bu grupta erkek ve dişiler erken eşeyssel olgunluğa girdikleri, testis ve yumurtalıklarını erken boşaltmış olabilecekleri görülmüştür. Histolojik kesitlerde çok sayıda gelişim son evresinde olan oositler kaydedilmiştir.



Resim 4.2. pH6,5'in zebra balıklarının 90. günün sonunda testisler ile yumurtalıkların morfolojik ve histolojik gelişimi görülmektedir. A) Yumurtalarını dökmüş dişi ovaryumları. B) Atretik oositler gösterilmiştir, Ölçek= 50 μ m, (10X/0,25) C) Boşalmış testisler D) Testislerden bir bölüm gösterilmiştir. Ölçek=100 μ m. (5X/0,13) AO, Atretik oosit; L, Lümen. (orijinal)

4.2.3. Sudaki pH 7 düzeyinin gonad gelişimi üzerine etkileri

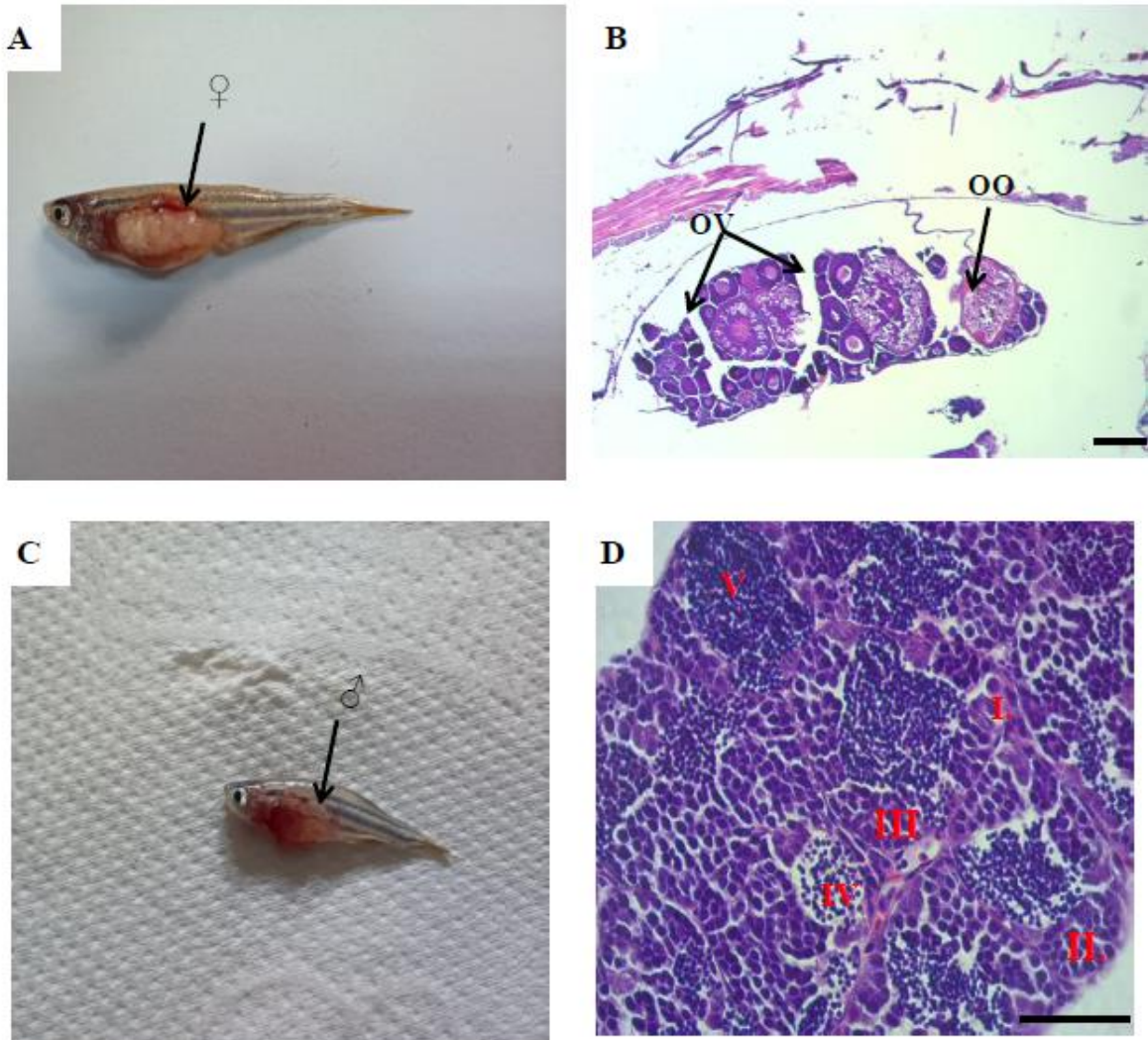
Deneme sonucunda pH7 'da erkek zebralarının testistlerinin daha belirgin olduğu görülmüştür. Dişi zebralarının yumurtalıklarının ise gelişmiş olduğu görülmüştür. Resim 4.3 de zebra balıklarının testisler ile yumurtalıkların morfolojik ve histolojik olarak gelişimi görülmektedir. Dişi ovaryumlarında ovidukt kanalının çok iyi gelişmiş olduğu belirlenmiş, ayrıca son evrede olan oositler de kaydedilmiştir.



Resim 4.3. pH7 'nin zebra balıklarının 90. günün sonunda testisler ile yumurtalıkların morfolojik ve histolojik gelişimi görülmektedir. B) Yumurta kanalı gösterilmiştir, Ölçek=50µm, (20X/0,40) D) Testislerden bir bölüm gösterilmiştir. Ölçek=50 µm. (40X/0,65) OV, Oviduct, AO, Atretik oosit; L, Lümen. (orijinal)

4.2.4. Sudaki pH 8 düzeyinin gonad gelişimi üzerine etkileri

Deneme sonucunda pH8 'de erkek zebra balıklarının testistlerinin daha belirgin olduğu görülmüştür. Dişi zebra balıklarının yumurtalıklarının da bariz normal büyük oldukları görülmüştür. Rersim 4.4 de zebra balıklarının testisler ile yumurtalıkları görülmektedir. Testislerde tüm gelişim aşamaları belirgin olarak kaydedilmesine rağmen, henüz spermiyasyonun olmadığı görülmüştür. Aynı şekilde yumurtalıklar da testisler de olduğu gibi oldukça gelişmiş oldukları kaydedilmiştir. Morfolojik ve histolojik incelemelerde en iyi gonad büyüme ve gelişmesi bu grupta kaydedilmiştir.

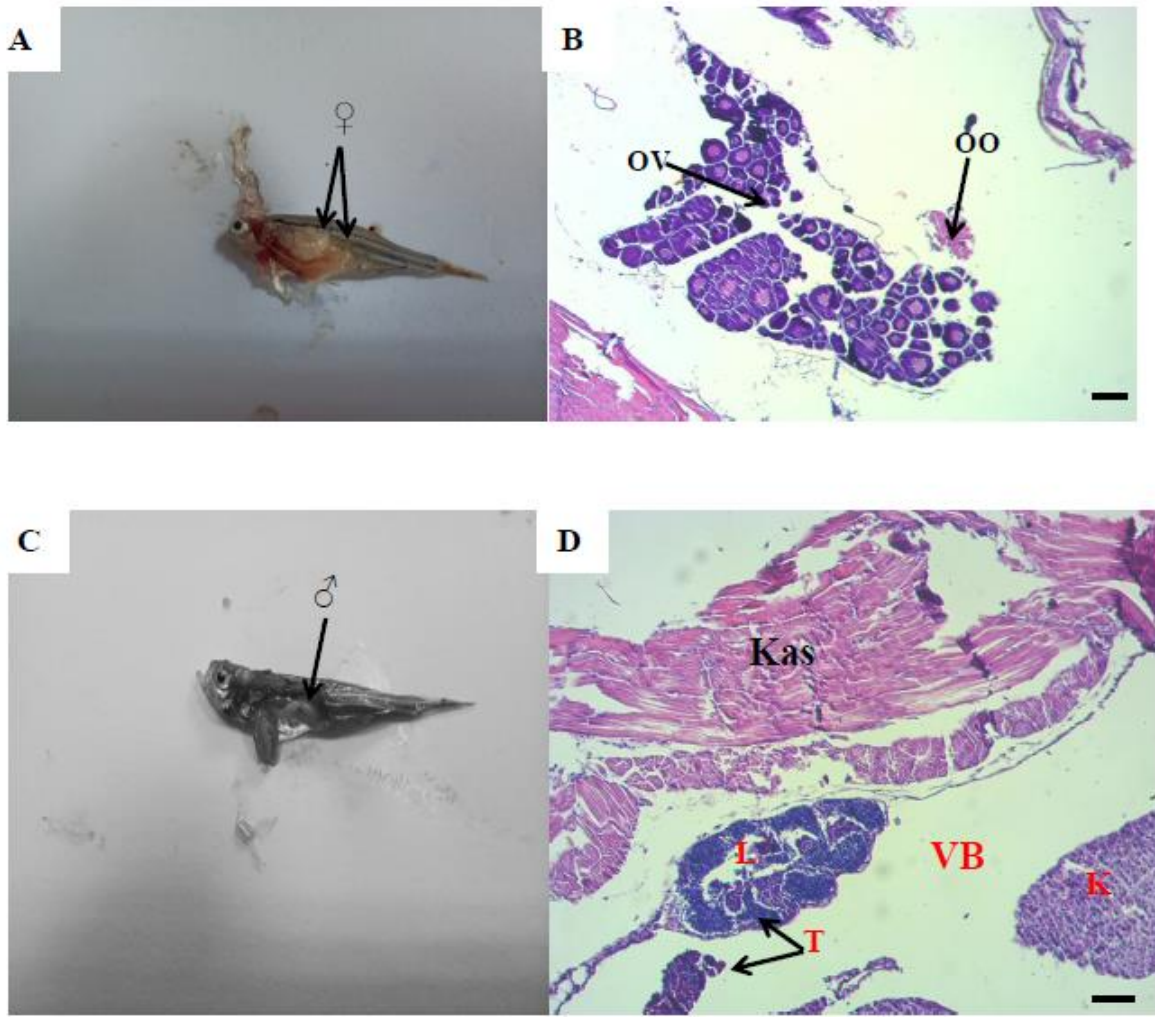


Resim 4.4. pH8'in zebra balıklarının 90. günün sonunda testisler ile yumurtalıkların morfolojik ve histolojik gelişimi görülmektedir. B) Yumurta kanalı gösterilmiştir, Ölçek= 100µm(5X/0,13) C) İyi gelişmiş çift testis lobları gösterilmiştir. D) Testislerden bir bölüm

gösterilmiştir. Tüm gelişim aşamaları kaydedilmiştir. Ölçek=20 µm(40X/0,65) OV, Oviduct, OO; son gelişim evresinde olan oosit. (orijinal)

4.2.5. Sudaki pH: 8,5 düzeyinin gonad gelişimi üzerine etkileri

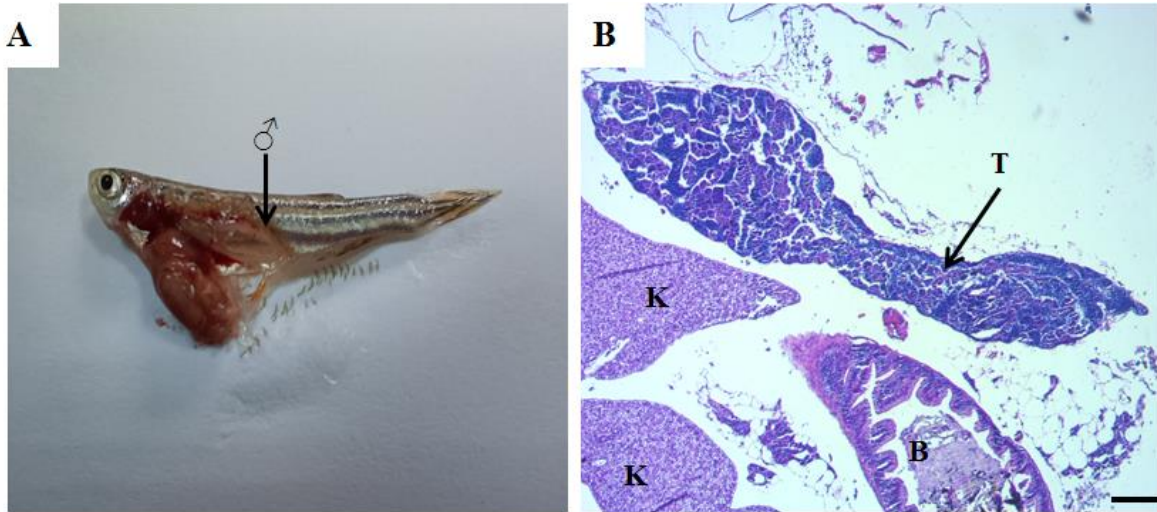
Deneme sonucunda pH8,5 'da erkek zebralarının testistlerinin belirgin olduğu görülmüştür. Bariz az sayıda kaydedilen dişilerin gonadlarının normal oldukları saptanmıştır. Resim 4.5 de zebra balıklarının testisler ile yumurtalıkların gelişimi görülmektedir. Bu grupta testislerin dikkat çekici ölçüde gelişmiş oldukları kaydedilmiştir. Boşalmış olan testisler de bile testisin hala belli büyüklüğünü koruduğu saptanmıştır. Resim 4.5D de spermiasyon 'nun gerçekleştiği testis görülmektedir.



Resim 4.5. pH8,5'in zebra balıklarının 90. günün sonunda testisler ile yumurtalıkların morfolojik ve histolojik gelişimi görülmektedir. A) Oldukça gelişmiş ovaryumlar, B) Yumurta kanalı gösterilmiştir, Ölçek= 150 μ m, (5X/0,13) C) Testislerden hafif basınç ile süt akımı kaydedilmiştir. D) Testislerden bir bölüm gösterilmiştir. Ölçek=150 μ m. (10X/0,25) OV, Oviduct, OO, tam gelişmiş yumurta, T, Testisler; VB, Vücut boşluğu, K, Karaciğer. (orijinal)

4.2.6. Sudaki pH9 düzeyinin gonad gelişimi üzerine etkileri

Deneme sonucunda pH9 'da zebra balıklarının tamamının erkek olduğu görülmüştür. Erkek zebrealarının testislerinin en büyük olduğu pH grubu olduğu görülmüştür. Dişi zebra pH9 da tespit edilemediğinden yumurtalıklarının gelişimi ile ilgili herhangi bir veri elde edilememiştir. Resim 4.6 erkek balıklarının testisler ile yumurtalıklarının morfolojik ve histolojik olarak gelişimi görülmektedir.



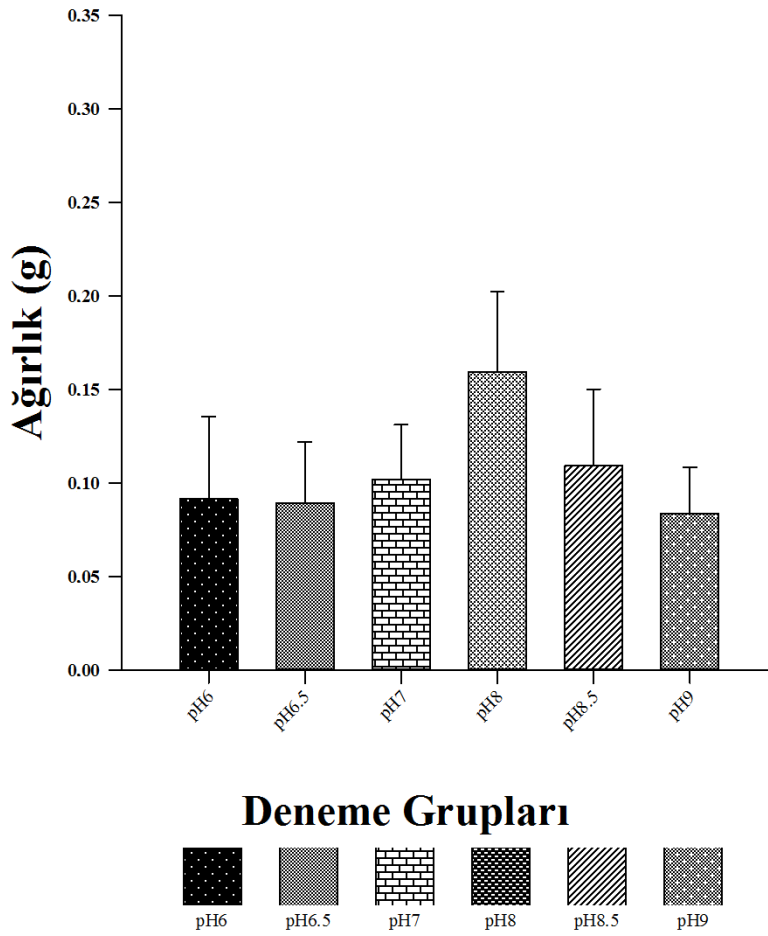
Resim 4.6. pH9'un zebra balıklarının 90. günün sonunda testisler ile yumurtalıkların morfolojik ve histolojik gelişimi görülmektedir. A) Testislerden hafif basınç ile süt akımı kaydedilmiştir. B) Testislerden bir bölüm gösterilmiştir, Ölçek= 150 μ m, (5X/0,13) T, Testisler; VB, Vücut boşluğu, K, Kraciğer; B, Bağırsaklar. (orijinal)

4.3. Büyüme Oranları (SBO)

Deneme sonunda zebra balıklarının belirlenen büyüme ortalamaları arasında farklılık olduğu gözlemlenmiştir. Büyümenin en iyi pH 8 de olduğu saptanmıştır.

4.3.1. Canlı ağırlık ortalamaları (CAO)

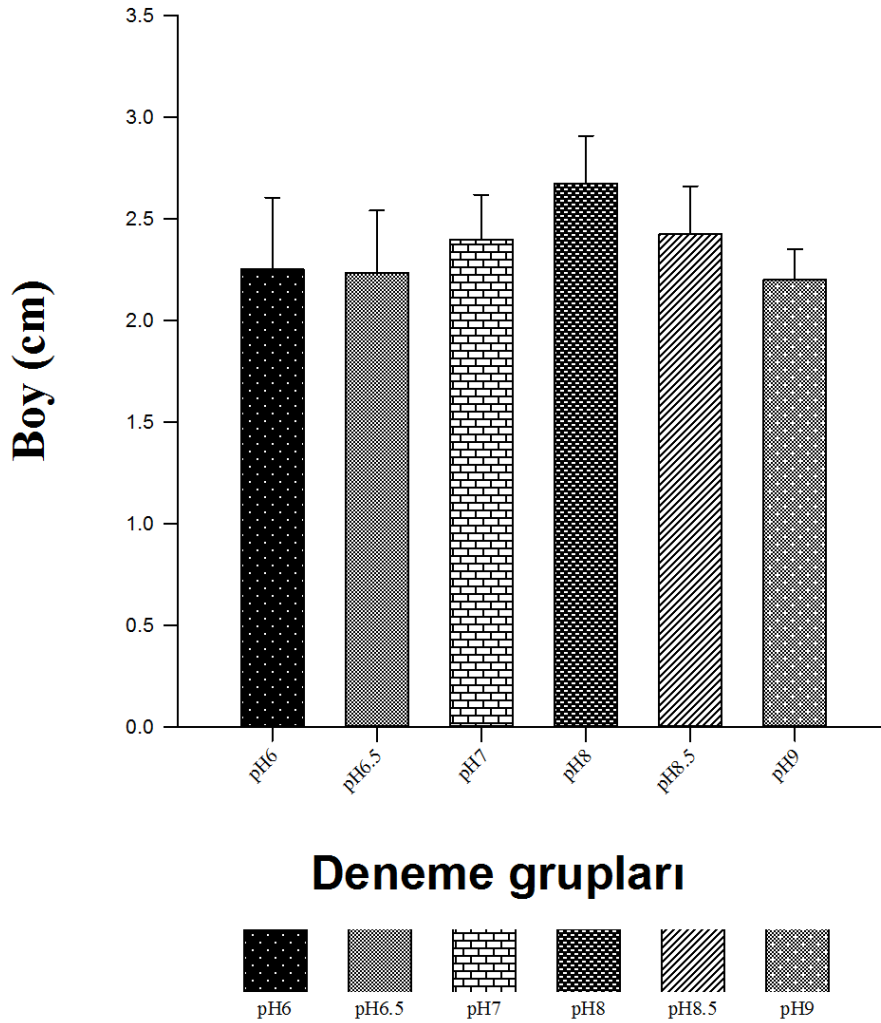
Zebra balıklarının ağırlıklarına su pH'ının etkisinin gözlemlenmiştir. Deneme gruplarından ölçüm zamanlarına göre belirlenen canlı ağırlık ortalamaları Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Deneme sonunda zebra balıklarının canlı ağırlık ortalamaları ($\text{ort} \pm \text{ss}$) (orijinal)

Şekil 4.3.1’de görüldüğü üzere zebra balıkları en fazla gelişim ($0,159 \pm 0,0431$) pH8 de gözlemlenmiştir. Zebra balıklarının gelişiminin pH düştükçe azaldığı görülmüştür. Ayrıca pH 8,5’den sonraki yüksek pH’ ta gelişimin azaldığı gözlemlenmiştir. Asidik ortamda gelişimin çok düşük olduğu görülmüştür belirlenmiştir. Düşük pH ‘ın gelişime etki ettiği saptanmıştır.

4.3.2. Canlı boy ortalamaları (CBO)



Şekil 4.3. Deneme sonunda zebra balıklarının ölçülen boy oranları (ort±ss) (orijinal)

Deneme sonunda zebra balıklarının belirlenen boy ortalamaları, Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Zebra balıklarının deneme sonunda yapılan ölçümlerinde büyüme oranlarında pH grupları karşılaştırıldığında önemli düzeyde farklılıklar belirlenmiştir. ($p < 0,05$). Ölçümün yapıldığı 90. günde pH8 Zebra balığı boy oranı $2,673 \pm 0,235$ cm olarak belirlenirken bu oran pH7’de daha düşük ($2,399 \pm 0,219$ cm) olarak tespit edilmiştir. Ölçümün yapıldığı 90. günde en düşük değer ise pH9 gruplarında kayıt edilmiştir ($2,200 \pm 0,152$ cm). Denemenin tamamlandığı 90. günde pH8 den sonra ise en iyi boy oranı pH8 grubunda ($2,424 \pm 0,237$ cm) kayıt edilirken, pH6’da boy oranı ($2,253 \pm 0,352$ cm) tespit edilmiştir.

4.4 pH' ın Yaşam Oranı Üzerine Etkileri

Çizelge 4.4 Denemede sonunda canlı zebra sayısı ve yaşam oranı. (orijinal)

Deneme Grupları (pH)	Deneme süresi	Canlı Zebra Sayıları	Yaşam Oranı (%)
pH6	90	27 (n=60)	45
pH6,5	90	29(n=60)	48,33
pH7	90	31(n=60)	51,66
pH8	90	41(n=60)	68,33
pH8,5	90	33 (n=60)	55
pH9	90	10 (n=60)	16,66

Çizelge 4.4 de görüldüğü gibi en fazla hayatta kalan balık sayısı ve oranı pH8 de gerçekleşmiştir. En düşük yaşam oranı ise pH9 da gerçekleşmiştir. pH düzeyi 8'den yukarıya doğru çıktıkça veya aşağıya doğru düştükçe yaşam oranı düşürüğü görülmüştür. Zebra balıklarında yaşama oranının en ideal olarak pH 8-8,5 aralığında olduğu belirlenmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Cinsiyet Oranlarının Değerlendirilmesi

Tezde kaydedilen cinsiyet oranları beklenen 1E:1D cinsiyet oranlarından farklılık göstermiştir. Cinsiyetlerin farklılaşmasını kontrol eden mekanizma bu balıklarda tam olarak aydınlatılamamıştır. Daha önce aynı tür üzerinde yapılan farklı çalışmalar incelendiğinde genetik, çevresel ve sosyal faktörlerin cinsiyetlerin farklılaşmasında etkili oldukları görülmüştür (Liew ve diğerleri, 2012; Lawrence, Best, James ve Maloney, 2012; Ribas,

Valdivieso, Diaz ve Piferrer, 2017; Kossack, High, Hopton, Yan ve Postlethwait, 2019; Dede ve Çek-Yalnız, 2019).

Liew ve diğerleri (2012) zebra balıklarında cinsiyetlerin farklılaşmasının çoklu genler tarafından kontrol edildiğini iddia etmişlerdir. Yazarlar cinsiyeti kontrol eden belirli bir kromozomu saptayamamışlardır. Buna karşılık Kossack, High, Hopton, Yan, Postlethwait ve diğerleri (2019) insanlarda cinsiyetlerin belirlenmesinde etkili olan Wnt4 geninin (Bu gen insanlarda erkek cinsiyeti baskılayıp bireyin dişi olmasını kontrol etmektedir) zebra balıklarında fonksiyonunu kaybetmesi ile balığın erkek olarak cinsiyetinin belirlenmesine neden olduğu bildirilmiştir.

Çevresel faktörlerin cinsiyetlerin kontrolü üzerine olan etkileri insanlarda, farelerde, hamsterlerde ve balıklarda çok sayıda yazar tarafından araştırılmıştır. Yahyaoğlu ve Kuzanlı (1999) yapmış oldukları araştırmada İnsan vücudundaki sıvıların asidite ve alkalitelerinin bebeğin cinsiyetinin belirlenmesinde rol oynadığını bildirmiştir. Weir (1956) fareler üzerinde yapmış olduğu çalışmada Asidik ve bazik iki pH grubu oluşturmuş ve asidik ortamda dişi fare oranının erkek fare oranından bazik ortamda ise erkek fare oranının dişi fare oranından daha fazla olduğunu bildirmiştir. Prat ve diğerleri (1987) hamsterlar üzerinde yapmış olduğu çalışmada dişi hamster oranının asidik ortamda, erkek hamster oranının ise alkali ortamda daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Su pH'ının *Tambaqui colossoma macropomum* balık türünün cinsiyet oranı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda düşük pH'düzeylerinde erkek oranının fazla olduğunu, pH yükseldikçe dişi oranının arttığı ve pH8,5 düzeyinde dişi erkek oranının eşit olduğunu bildirmişlerdir (de Moraes, Reis ve de Almeida., 2020). Batı Afrika çiklit balığı (*Pelvicachromis pulcher*)'da su pH'ının cinsiyet oranı ve erkek vücut morfolojisi üzerine olan etkileri Reddon ve Hurd (2013) tarafından araştırılmıştır. Araştırmacılar, pH5,5 ile pH7 arasında yaşayan bu türün pH5,5 'de dişi oranının pH6,5 'de ise erkek oranının yüksek olduğunu kaydetmişlerdir. Çiklit ve canlı doğuran balık familyalarında bulunan iki farklı balık türü üzerine yapılan bir çalışmada su pH'ın her iki familyadaki balıklarda düşük pH'da erkek yüksek pH'da ise dişi oranının yüksek olduğunu bildirmiştir (Rubin, 1985).

Çevresel faktörlerin zebra balıklarında cinsiyetlerin kontrolü üzerinde etkili olduğu da çok sayıda araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Abozaid, Wessels, Hörstgen-Schwark, 2011;

Lawrence ve diğeri., 2012; Ribas, Valdivieso, Diaz ve Piferrer, 2017; Dede ve Çek-Yalnız, 2019).

Abozaid, Wessels, Hörstgen-Schwark, (2011) farklı sıcaklık derecelerinin zebra balıklarının cinsiyet oranı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yüksek sıcaklık derecelerinde dişi cinsiyet ile kıyaslandığında, daha fazla sayıda erkek balık elde etmişlerdir. Besin yokluğunun zebra balıklarında cinsiyet oranı üzerine olan etkileri Lawrence, Ebersole, Kesseli, (2008) tarafından araştırılmıştır ve zayıf beslenen zebra balıklarda daha fazla sayıda erkek kaydedilmiştir. İzleyen çalışmalarında aynı yazarlar aynı balık türü üzerinde beslemenin cinsiyet oranında bir etki yaratmadığını ve etkili olmadığını bildirmişlerdir.

Sosyal çevrenin zebra balıklarında cinsiyetin belirlenmesi üzerine etkileri Ribas, Valdivieso, Diaz, Piferrer, (2017) tarafından çalışılmıştır. Yüksek stoklama yoğunluğunda erkek oranının daha fazla olduğunu, düşük stoklama yoğunluğunda ise dişi oranının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir ve bu araştırmacılar sosyal çevrenin oldukça etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Benzer olarak Dede ve Çek-Yalnız, (2019) zebra balıklarında yüksek stoklama yoğunluğunda dişiler ile kıyaslandığında önemli ölçüde erkek oranının olduğunu bildirmişlerdir.

Tezin sonuçları değerlendirildiğinde, Zebra balığının farklı su pH'larında cinsiyet oranları incelenmiş benzer çalışmalar ile kıyaslandığında memeliler ile yaklaşık değerlerde olduğu, ciklet türleri ile farklı değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar zebra balığının erken dönemde düşük pH gruplarında dişileştiğini, yüksek pH'ta ise erkekleştiğini göstermektedir. Su pH'ının zebra yetiştiriciliğinde cinsiyet değişikliğine neden olduğunu göstermektedir.

5.2. Gonad Gelişiminin Değerlendirilmesi

Tezin sonuçlarına göre her pH grubunda bulunan erkek ve dişi zebra balıklarının gonadları histolojik ve morfolojik olarak incelenmiş olup, düşük pH'ın erkek ve dişi gonadlarına olumsuz yönde etki ettiği görülmüştür. Düşük pH'da hem dişi hemde erkek zebra balıkları gonadlarının erken eşeyssel olgunluğa geldikleri kaydedilmiştir. Literatür incelendiğinde farklı sonuçların olduğu ve düşük veya yüksek pH derecelerinin farklı etkileri olduğu görülmüştür.

Ruby ve diğeri, (1977) tarafından dişi bayrak balığı *J. floridae* üzerine yapılan bir araştırmada düşük pH derecelerinde lipit ve proteinlerin sitoplazmaya taşınmadıkları ve önemli düzeyde oositlerin olgun evreye geçmedikleri bildirilmiştir. Aynı yazarlar oogenezin tüm evrelerinde gelişme bozuklukları kaydetmişlerdir. Erkeklerde ise testislerde sperm olmadığını bildirmişlerdir. Yazarlar erken eşeyssel olgunluk tespit etmemişlerdir. Tez de erkek ve dişi zebralarda pH'nın 6 olduğu derecelerde erken eşeyssel olgunluk tespit edildiği gibi, bazı bireylerin dişi gonadlarında en son gelişim evresi tespit edilememiştir. Sitoplazmaya lipit ve protein taşınımının olmadığı görüşmüştür. Bu sonuç Ruby ve diğeri, (1977) tarafından yapılan çalışmanın sonucu ile benzerlik göstermektedir. Erkek zebraların testislerinde fazla spermin olmayışı erken eşeyssel olgunluğa gindiklerinden dolayı boşalmış olabileceğini düşündürmektedir. Tez de zebra balıklarında testislerin ve ovaryumların optimum gelişimi için sıcaklık $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$, sabit tutulduğunda pH'nın 8 olması gerektiği önerilmiştir. Ruby ve diğeri, (1977) yapmış oldukları araştırma da ise pH 6,7'nin en iyi olduğu önerilmiştir. Bu farklı iki sonuç, farklı balık türlerinin farklı pH derecelerine uyum sağladıkları şeklinde açıklanabilir.

Bir diğeri araştırma, Yassı kafa Golyan (*P. promelas*) balık türü üzerine yapılmış ve pH5 olduğunda balıkların ovaryumlarında yoğun oranda atretik oositler bildirilmiştir. Bu grupta ovulasyon gerçekleşmemiştir. pH'nın 8 olduğu grup ile pH'nın 5 ve 6 olduğu gruplar kıyaslandıklarında daha az oranda atretik oosit bildirilmiştir (McCormick ve diğeri, 1989). Araştırmacılar bu sonucu endokrin sistemin aşırı asiditeden kaynaklanan strese verdiği yanıttan dolayı olabileceğini ifade etmişlerdir. Ancak yazarlar stres düzeyine belirleyebilecek hormon seviyeleri ölçümü yapmamışlardır. Tezin sonuçları ile bu çalışmanın sonuçları uyumludur. pH'nın 6 olduğu gruplarda atretik oositler kaydedilmiştir.

Pembe salmon (*O. gorbuscha*) üzerine yapılan bir araştırmada düşük pH gruplarında previtellogenik oosit sayılarında önemli oranda azalma kaydetmişlerdir. Previtellogenik oositlerin azlığı ise ovaryumların hacimsel olarak küçük kalmalarına neden olmuştur. Özellikle pH'nın 4,21 olduğu grupta oosit düşüklüğü %48,7 oranında olduğu tespit edilmiştir (Zelennikov ve diğeri, (2009). Bu çalışmanın sonuçları yeni çalışma ile kıyaslandığında, düşük pH gruplarında morfolojik olarak testis ve ovaryumların oldukça küçük oldukları görülmüştür. Ancak ovaryumlardaki oositler sayılmamıştır.

Medaka (*O. javanicus*) balık türünde düşük ve yüksek pH derecelerinin ovaryum ve testislerin gelişimleri üzerine etkilerini gonadlardan histolojik kesitler olarak incelemişlerdir. Araştırmacılar pH'nın 9 olduğu gruplarda oositlerde keskin ve yoğun miktarlarda nekroz bildirmişlerdir. Aynı şekilde testislerde de yoğun nekroz bildirmişlerdir. Bu gruplarda canlı

sperm tespit etmemişlerdir. Düşük pH'ın 5 olduğu gruplarda son gelişim evresi olan spermler belirlenememiştir. pH'ın 7 olduğu gruplarda en fazla altıncı evrede olan oositler görülürken, pH'ın 6 olduğu gruplarda ise en fazla oosit ikinci evrede kaydedilmiştir. pH'ın 5 olduğu gruplarda minimum düzeyde altıncı evrede olan oosit kaydedilmiş iken, pH'ın 9 olduğu gruplarda olgun evre olan altıncı evrede hiç oosit saptanmamıştır. Yazarlar dişi gonadlarının optimum gelişimi için pH'ın 7 olması gerektiğini önermişlerdir (Salleh ve diğerleri, 2017). Bu çalışmanın sonuçları ile kıyaslandığında zebra balıklarının optimum testis ve ovaryum gelişimi için pH 8 ve 8,5 düzeylerinde olması gerektiği önerilmiştir. Bu sonuca göre zebra balıklarının daha çok alkali sulara adapte oldukları söylenebilir.

Gökkuşluğu alabalığı (*O. mykiss*) da gonadal gelişimin incelendiği bir araştırmada farklı üç çiftlikten örnekleme yapılmıştır. Farklı üç çiftlikteki suların pH seviyeleri sırası ile 7,8; 8,15 ve 8,30 olarak kaydedilmiştir. Bu çiftliklerden alınan örneklerin incelenmesi sonucunda en iyi gonadal gelişimin pH seviyesinin 7,8 olarak ölçüldüğü çiftlik olduğu bildirilmiştir. Yazarlar en iyi oogeneze için sıcaklığın 7°C, çözülmüş oksijen miktarının 10,5mg/L ve pH seviyesinin ise 7,8 olması gerektiğini önermişlerdir (Pilic ve diğerleri, 2018). Bu sonuçlar mevcut çalışma ile kıyaslandığında, en iyi testis ve ovaryum gelişimi için sıcaklığın 28 ±1°C sabit tutulması, suyun pH derecesini ise 8- 8,5 olması gerektiği söylenebilir.

G. flavescens balık türü üzerinde yapılan araştırmada yüksek sıcaklık ve düşük pH derecelerinde %30 oranında daha az sayıda oocytes kaydedilmiştir. Yazarlar bu durumu yüksek sıcaklık derecelerinde CO₂ miktarının arttığını ve sonucunda sularda asidifikasyonun oluştuğunu ve durumun gonadal gelişmeyi olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir (Lopes ve diğerleri, 2020). Aynı yazarlar yüksek sıcaklığın daha fazla negatif etkilerde bulunduğunu, düşük pH 'ın ise minimal düzeyde etkileri olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada sıcaklığın gonadal gelişim üzerine olan etkileri araştırılmamıştır. Tüm uygulama gruplarında sıcaklık 28 ±1°C sabit tutulmuştur. Düşük pH gruplarında, özellikle pH' 6 olduğu gruplarda erken evrelerde olan oositlerde atresia kaydedilmiştir. Erkek ve dişilerde her iki cinsiyette erken eşeyssel olgunluğa girdikleri not edilmiştir. Aynı zamanda ovaryum ve testislerin, diğer gruplarla kıyaslandığında daha küçük oldukları da görülmüştür.

Dos Santos ve diğerleri, (2020) iki farklı balık türü üzerine beş farklı pH seviyelerinin etkilerini araştırmışlardır. Yazarlar iki balık türünün farklı pH düzeylerine farklı yanıtlar verdiklerini bildirmişlerdir. Kısa mesafe göçler yapan bir balık türü olan *A. lacustris* 'ta yumurtadan çıkış oranı üzerinde farklı pH düzeyleri etkide bulunmamış ancak yumurta

kesesi çapı üzerine negatif etkiler tespit etmişlerdir. Uzun mesafe göçler yapan *P. mesopotamicus* balık türünde ise farklı pH düzeylerinin yumurtadan çıkış oranını negatif etkilediği gibi previtellin boşluk üzerine de negatif etkileri olduğu bildirilmiştir. Yazarlar *A. lacustris* balık türünün asidik olan pH düzeylerine daha dayanıklı olduğunu kaydetmişlerdir. *P. mesopotamicus* balık türünün ise alkali koşullara daha toleranslı olduğu sonucunu çıkarmışlardır. Çalışmanın sonuçları tezin sonuçları ile kıyaslandığında, zebra balıklarının yüksek ve düşük pH derecelerine karşı oldukça dayanıklı oldukları görülmüştür. Tezin sonuçlarına dayanarak zebra balıklarının alkali suları daha çok sevdiğini ifade edilebilir.

pH'nın balıklarda testis ve ovaryum gelişimi üzerine etkisinin olmadığını bildiren bazı çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalardan ilki *T. ilisha* balığı üzerine yapılan bir araştırmadır. Araştırmada farklı pH düzeylerine sahip olan farklı nehirlerden alınan balıkların gonadal gelişimleri ve suyun pH değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki saptanmamıştır. Çalışmada pH ile GSI (Gonado Somatik İndeks) arasında bazı bölgelerde hafif pozitif ($R^2=0,13$ ve $p>0,05$) diğer bazı bölgelerde ise hafif negatif ($R^2=0,07$ ve $p>0,05$) bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Ahammad ve diğerleri, 2021). Salt pH'nın etkilerini sağlıklı bir şekilde ölçebilmek için, bu tez de yapıldığı gibi diğer tüm çevresel faktörlerin tüm uygulama gruplarında aynı olması gereklidir. Eyo ve diğerleri, (2022) tarafından *C. Gariepinus*'un yumurta verimliliği, ovaryum ve testis gelişimi araştırılmıştır. Araştırma sonucuna göre farklı pH düzeylerinin testis ve ovaryum gelişimini etkilemediğini bildirmişlerdir. Yazarlar çalışmada pH 6,67 ile 7,2 arasında olan seviyeleri kullanmışlardır. Sözü edilen seviyeler optimum pH seviyelerine yakın olan değerlerdir ve yazarların ovaryum ve testis gelişimlerinde bir farklılık kaydetmemiş olmaları seviyelerin birbirlerine çok yakın olmaları ile açıklanabilir.

5.3. pH 'ın Büyüme ve Yaşama Oranları Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

Daha önce zebra balıklarının biyolojik özellikleri, yaşadığı optimum su kalitesi parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Buttner, Soderberg ve Terlizzi, (1993) zebra balıklarını doğal ortamlarından toplamıştır ve bu doğal ortamların pH düzeylerini ölçmüştür. Araştırmacılar zebra balıklarının doğada hafif alkali ortamda (pH'nın 8 olduğu) yaşadığını bildirmişlerdir.

Bangladeşte yapılan bir diğer çalışmada farklı nehirlerden zebra balıkları örneklenmiş ve aynı zamanda suyun pH düzeyleri de ölçülmüştür. Çalışma sonucunda zebra balıklarının

alkali habitadlarda daha yoğun olarak yaşadıkları tespit edilmiştir (Spence ve diğerleri 2006). Benzer bir çalışmada McClure ve diğerleri (2006) tarafından Hindistan'da yapılmıştır. Çalışmada on sekiz farklı bölgeden zebra balıklarının içinde yaşadıkları nehirlerin pH düzeyleri de ölçülmüştür. Araştırmacılar aynı sonuçları bildirmişlerdir. Literatürde yer alan bu üç çalışma kontrollü laboratuvar koşullarında değil, doğadan su örnekleri alınarak yapılmıştır. Bu tez de ise ilk kez bütünüyle kontrollü laboratuvar koşullarında pH'ın büyüme ve yaşama oranı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Kontrollü laboratuvar ortamında yapılan çalışmada zebra prelarvaları pH6 düşük büyüme ve yaşama oranı gösterdikleri kaydedilmiştir. En iyi büyüme ve yaşama oranının pH'ın 8 olduğu gruplarda olduğu görülmüştür. Çalışmadan elde edilen bu verilere göre hafif alkali ortamda balıkların büyümesinin ve yaşama oranının daha iyi olduğu görülmüş olup daha önce zebra balıkları üzerinde yapılmış önceki çalışmalardan elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir.

Zahangir ve diğerleri (2015) zebra balıklarının embriyolarının farklı pH ortamında yaşama oranını incelemiş ve hafif alkali ortamda yaşam oranının daha yüksek olduğunu pH9 ile pH10 seviyeleri arasında ise yaşama oranının asidik ortama göre çok düşük olduğunu bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada altı pH grubunda (6; 6,5; 7; 8; 8,5 ve 9) zebra balıklarının yaşam oranları incelenmiş ve en fazla yaşamın pH8'de olduğu en düşük yaşam oranının ise pH9'da olduğu belirlenmiştir. Elde edilen verilerin Zahangir ve diğerlerinin yapmış olduğu çalışmaya paralellik gösterdiği görülmüştür.

Farklı pH düzeylerinin diğer balık türlerinin büyüme ve yaşama oranı üzerine olan etkileri çeşitli araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Craig ve Baskı, (1977) *J. floridae* balık türü üzerine yapmış oldukları çalışmada dört farklı pH düzeyi (pH; 6; 5,5; 5 ve 4,5) uygulamışlardır. Çalışmalarında kontrol grubu pH düzeyi 6,8 olarak sabit tutulmuştur. Çalışma sonucunda pH düzeyi 4,5 olan gruplarda yaşama oranı %0 olarak bildirilmiştir. Yaşama ve büyüme oranı pH düzeyi 5 ve 5,5 olan gruplarda ise önemli ölçüde düşük ölçülmüştür ($P<0,05$). En iyi yavru büyümesi kontrol grubunda kaydedilmiştir. Sonraki büyüme ve gelişme sırasıyla pH düzeyinin 6; 5,5 ve 5 olan gruplarda saptanmıştır. Yazarlar su asiditesi yükseldikçe büyüme gelişme ve yaşama oranının düştüğü sonucuna varmışlardır. Bir diğer çalışmada Lopes ve diğerleri, (2001) *R. quelen* balık türü üzerine beş farklı pH (8,5; 8; 7,6 ve 5,5) düzeyinde büyüme, gelişme ve yaşama oranını çalışmışlardır. En iyi büyüme gelişme ve yaşama oranını pH düzeyinin 8,5 ve 8 olduğu gruplarda tespit etmişlerdir. Yazarlar bu balık türü için optimum büyüme, gelişme ve yaşama oranının alkali

sularda ve pH düzeyinin ise 8,5 ve 8 olması gerektiğini önermişlerdir. Bu bulgu, bu çalışmanın sonuçları ile büyük oranda benzerlik göstermektedir. Çalışmada en iyi büyüme ve yaşama oranı pH düzeyinin 8 olduğu gruplarda kaydedilmiştir.

P. mesopotamicus ve *A. lacustris* balık türleri üzerine dos Santos ve diğerleri, (2020) tarafından farklı pH seviyelerinin (pH; 5; 6; 7; 8 ve 9) büyüme, gelişme ve yaşama oranı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. *A. lacustris* larval ağırlıkları farklı pH seviyelerinden etkilenmemiştir. En iyi standart boy ve yaşama oranını pH 5 ve 6 seviyelerinde gösterirken *P. mesopotamicus* ise en iyi standart boyu, pH 9 seviyesinde en düşük boyca büyümeyi ise pH 7 seviyelerinde gösterdiği bildirilmiştir. pH 5 ve 6 seviyelerinde *P. mesopotamicus* larvalarının yaşayamadıkları tespit edilmiştir (Mengistu ve diğerleri, 2020). Bu sonuçlar farklı balık türlerinin farklı pH düzeylerine uyum sağladıkları şeklinde açıklanabilir.

5.4. Sonuç ve Öneriler

Bu tezde zebra balığının seçilmiş olması oldukça önemlidir. Bu balık türü sahip olduğu üstün özelliklerinden dolayı deneysel laboratuvar çalışmalarında farelerden daha fazla tercih edilmektedir. Zebra balığı, tüm dünyada artık vazgeçilmez model organizma olarak kullanılmaktadır. Başta genetik kaynaklı insan hastalıkları olmak üzere, kanser, bunama, rejenerasyon gibi hemen her alanda denek olarak kabul görmüştür. Tezin sonuçları, zebra balıkları yetiştiriciliğine önemli katkıda bulunarak tıp, biyoloji ve su ürünleri yetiştiriciliği ve hastalıkları alanlarında, zebra balığını model olarak kullanan tüm alanlara, önemli katkıda bulunabilir.

1. Tezin sonuçlarına dayanarak, Su pH'ının zebra balığının cinsiyet oranı, gonadlarının gelişimi, büyümesi ve yaşama oranı üzerine etkileri olduğu görülmüştür. 2. Kontrollü laboratuvar koşullarında farklı pH ortamlarında yapılan araştırmada zebra balıklarının, cinsiyetleri henüz farklılaşmadan önce düşük ve/veya yüksek pH derecelerinden etkilendiği kaydedilmiştir. 3. Yüksek pH derecelerinde popülasyonun tamamının erkek olduğu, düşük pH düzeylerinde ise daha fazla sayıda dişi balık kaydedilmiştir. 4. Bu sonuç mono-sex popülasyonlar elde edilirken genetik, yöntemler, hormonlar gibi oldukça pahalı ve zaman kaybına neden olan yöntemler yerine çevre ile dost olan su pH derecelerini düzenleyerek popülasyonun cinsiyeti kontrol edilebilir. Erken dönemde su pH'ında yapılacak değişimlerle hormon kullanılmadan, balığın genetiği ile oynamadan cinsiyet üzerine etki edilebilirdiği

görülmüştür. Dolayısıyla erken dönemde su pH'ında yapılacak değişimlerle hormon maliyetleri ortadan kaldırılarak daha düşük maliyetle istenilen cinsiyetlerin elde edilmesi mümkün olacaktır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan hormonlar yetiştiricilik maliyetlerine etki ettiği düşünüldüğünde su pH'ının değiştirilmesi uygulamasının yapılması daha ekonomik olduğu görülmektedir. Yetişen zebaların oldukça sağlıklı olduğu görülmüştür. Dolayısıyla cinsiyet hormonları olan androjen ve östrojenlerin reseptörleri hücrenin DNA sını üzerinde bulunduğundan dolayı bu hormonların uygulanması balığın genetiği üzerine etkide bulunmaktadır. Bu etkiler düşünüldüğünde su pH'ının ekonomik olarak etkisinin yanında sağlık açısından da fayda sağlayacağı görülmektedir.

Yetiştiricilik verimi açısından bakıldığında elde edilen sonuçlar, yetiştiricilik sisteminde günlük su pH değişiminin diğer su ürünlerinin yetiştiriciliğinde de maliyet açısından önemli ölçüde fayda sağlayacağını göstermektedir. Her bir balık türünün gonadal gelişme, büyüme ve yaşama oranı için optimum pH düzeyleri belirlendiğinde, o türün yetiştiriciliğine önemli katkı sağlanmış olunur. 5. Bu tezde en iyi gonadal gelişme, büyüme ve yaşama oranları pH'ın 8 olduğu gruplarda kaydedilmiştir. 6. Zebra balıkları alkali suları tercih ettikleri bu nedenle yetiştiriciliğinde suyun alkali olması gerektiği önerilmektedir. 7. Asidik olan sularda erken eşeyssel olgunluğa girdikleri ve yeterince iyi büyümedikleri ve gonadlarının iyi gelişmediği de kaydedilen bulgular arasındadır. Tezden elde edilen bu sonuçların ticari olarak su ürünleri yetiştiriciliğine katkı sağlaması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Abozaid, H., Wessels, S., Hörstgen-Schwark, W. 2011. Effect of Rearing Temperature During Embryonic Development on The Phenotypic Sex in Zebrafish (*Danio rerio*). *Sexual Development*. 5: 259-265.
- Ahammad, A. S., Hasan, N. A., Haque, M. M., Bashar, A., Ahmed, M. B. U., Alam, M. A., ... and Mahmud, Y. 2021. Environmental Factors and Genetic Diversity as Drivers of Early Gonadal Maturation: a Gonadosomatic index Based Investigation on Indian Shad, *Tenualosa Ilisha* Population of Bangladesh. *Frontiers in Marine Science*, 8, 758868.
- Baroiller, J. F., & d'Cotta, H. 2016. The Reversible Sex of Gonochoristic Fish: Insights and Consequences. *Sexual Development*, 10,5-6, 242-266.
- Baroiller, J.F., H. D'Cotta. 2001. Environment and Sex Determination in Farmed Fish, *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 130, 399-409.
- Baroiller, J.F., Y. Guiguen and A. Fostier. 1999. Endocrine and Environmental Aspects of Sex Differentiation in Fish. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 55, 910-931.
- Buttner, J.K., Soderberg, R.W., Terlizzi, D.E. 1993. An Introduction to Water Chemistry in Freshwater Aquaculture. *Northeastern Regional Aquaculture Center Fact Sheet*, vol. 70.
- Cek, S., Turan, F. and Atik, E. 2007a. The Effects of Gokshura, *Tribulus terrestris* On Sex Reversal Of Guppy, *Poecilia reticulata*. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, 10, 5, 718-725.
- Cek, S., Turan, F. and Atik, E. 2007b. Masculinization of Convict Cichlid (*Cichlasoma nigrofasciatum*) by immersion in *Tribulus terrestris* Extract. *Aquaculture International*. 15, 109-119.

- Craig, G. R. and Baksi, W. F. 1977. The Effects of Depressed pH on Flagfish Reproduction, Growth and Survival. *Water Research*, 11, 8, 621-626.
- Çek, S. 2006. Early Gonadal Development and Sex Differentiation in Rosy barb (*Puntius conchonius*). *Animal Biology*. 56, 335-350.
- Çek, Ş. and Aydın, F. 2016. The Spotted Gar (*Lepisosteus oculatus*, Winchell 1864) as a Model Species for Biomedical Studies.
- D'Cotta, H., A. Fostier, Y. Guiguen, M. Govoroun and J.F. Baroiller. 2001. Aromatase Plays a Key Role During Normal and Temperature-Induced Sex Differentiation of Tilapia *Oreochromis niloticus*. *Molecular Reproduction and Development*, 59, 265-276.
- de Moraes, I. D. S., Reis, V. R. and de Almeida, F. L. 2020. The Influence of the Water pH on the Sex Ratio of Tambaqui *Colossoma Macropomum* (CUVIER, 1818). *Aquaculture Reports*, 17, 100334.
- Dede ve, Çek Yalnız; Sex Ratio, Egg Diameter and Relation to Body Parameters of Zebrafish, (*Danio rerio*) Cultured Under Laboratory Conditions; 6TH INTERNATIONAL MULTI DISCIPLINARY STUDIES CONGRESS, 2019
- 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. 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.
- DePasquale, E., Baumann, H. and Gobler, C. J. 2015. Vulnerability of Early Life Stage Northwest Atlantic Forage Fish to Ocean Acidification and Low Oxygen. *Marine Ecology Progress Series*, 523, 145-156.

- Devlin, R.H., Nagahama, Y. 2002. Sex Determination and Sex Differentiation in Fish: An Overview of Genetic, Physiological, and Environmental Influences. *Aquaculture*, 208, 191-364.
- Din, 2002. Basisvalidierung genormter Verfahren zur wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung- Validierungsdokument. 38415- T6, 27.
- Dos Santos, J. A., Soares, C. M. and Bialetzki, A. 2020. Effects of pH on the Incubation and Early Development of Fish Species with Different Reproductive Strategies. *Aquatic Toxicology*, 219, 105382.
- Eyo, V. O., Arong Gabriel, A. and Bassey, O. P. 2022. Effects of Weevil Infested Feed on the Fecundity and Gonadal Development of the African Catfish *Clarias gariepinus* (BURCHELL 1822). *Journal of Agricultural Science and Agrotechnology*, 1, 1.
- Faria, A. M., Lopes, A. F., Silva, C. S. E. D., Novais, S. C., Lemos, M. F. and Gonçalves, E. J. 2018. Reproductive Trade-offs in a Temperate Reef Fish under High pCO₂ Levels. *Marine Environmental Research*, 137, 8-15.
- Forsgren, E., Dupont, S., Jutfelt, F. & Amundsen, 2013. T. Elevated CO₂ Affects Embryonic Development and Larval Phototaxis in a Temperate Marine Fish. *Ecol. Evol.* 3, 3637–3646.
- Forsgren, E., Dupont, S., Jutfelt, F., & Amundsen, T. 2013. Elevated CO₂ Affects Embryonic Development and Larval Phototaxis in a Temperate Marine Fish. *Ecology and Evolution*, 3,11, 3637-3646.
- Gabriel, N. N., Wilhelm, M. R., Habte-Tsion, H. M., Chimwamurombe, P., Omoregie, E., Ipinge, L. N. and Shimooshili, K. 2019. Effect of Dietary Aloe Vera Polysaccharides Supplementation on Growth Performance, Feed Utilization, Hemato-Biochemical Parameters, and Survival at Low Ph in African Catfish (*Clarias gariepinus*) Fingerlings. *International Aquatic Research*, 11, 57-72.

- Hisaoka, K.K., Battle, H.I. 1958. The Normal Developmental Stages of the Zebrafish, *Brachydanio rerio* (Hamilton-Buchanan). *Journal of Morphology*, 102, 311–328.
- Holub, A. M. and Shackelford, T. K. 2021. Sex in the Animal Kingdom.
- Howe, K., Clark, M. D., Torroja, C. F., Torrance, J., Berthelot, C., Muffato, M., ... McLaren, S. 2013. The Zebrafish Reference Genome Sequence and its Relationship to the Human Genome. *Nature*, 496, 7446, 498.
- Kimmel, C. B., Ballard, W. W., Kimmel, S. R., Ullmann, B. and Schilling, T. F. 1995. Stages of Embryonic Development of the Zebrafish. *Developmental Dynamics*, 203, 253-310.
- Kobayashi, Y., Nagahama, Y., & Nakamura, M. J. S. D. 2012. Diversity and Plasticity of Sex Determination and Differentiation in Fishes. *Sexual Development*, 7, 1-3, 115-125.
- Kossack, M. E., High, S. K., Hopton, R. E., Yan, Y. L., Postlethwait, J. H. and Draper, B. W. 2019. Female Sex Development and Reproductive Duct Formation Depend on Wnt4a in Zebrafish. *Genetics*, 211, 1, 219-233.
- Kossack, ME., High, SK., Hopton, RE., Yan, Y., Postlethwait, JH., Draper, WB. 2019. Female Sex Development and Reproductive Duct Formation Depend on Wnt4a in Zebrafish. *Genetics*, 211, 219-233.
- Lawrence, C. 2007. The Husbandry of Zebrafish (*Danio rerio*): A review. *Aquaculture*, 1-20.
- Lawrence, C., Best, J., James, A., Maloney, K. 2012. The Effects of Feeding Frequency on Growth and Reproduction in Zebrafish (*Danio rerio*). *Aquaculture*, 368,369, 103-108.
- Lawrence, C., Ebersole, J. P., and Kesseli, R. V. 2008. Rapid Growth and Out-Crossing Promote Female Development in Zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Biology of Fishes*, 81, 2, 239-246.

- Lawrence, C., Ebersole, J.P., Kesseli, R.V. 2008. Rapid Growth and Out-Crossing Promote Female Development in Zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Biology of Fishes*, 81, 239-246.
- Lee, C. J., Tyler, C. R., and Paull, G. C. 2018. Can Simple Tank Changes Benefit the Welfare Of Laboratory Zebrafish *Danio rerio*?. *Journal of fish biology*, 92, 3, 653-659.
- Lele, Z., Engel, S. and Krone, P. H. 1996 (submitted). Stress Specific Differences in the Expression of Heat Shock Genes in Zebrafish Embryos Following Exposure to Heat Shock or Ethanol.
- Liang, Y. Q., Huang, G. Y., Liu, S. S., Zhao, J. L., Yang, Y. Y., Chen, X. W., ... Ying, G. G. 2015. Long-term Exposure to Environmentally Relevant Concentrations of Progesterone and Norgestrel Affects Sex Differentiation in Zebrafish (*Danio rerio*). *Aquatic Toxicology*, 160, 172-179.
- Liew, W.C., Bartfai, R., Lim, Z., Srenivasan, R., Siegfried, K.R., Orban L. 2012. Polygenic Sex Determination System in Zebrafish. *Plos One*. 7,4, 1-12.
- Lletta, L. and Kwong, R.W. M. 2018. Zebrafish as a Model System for Investigating the Compensatory Regulation of Ionic Balance During Metabolic Acidosis. *International Journal of Molecular Sciences*, 19,4, 1087.
- Lopes, A. F., Faria, A. M. and Dupont, S. 2020. Elevated Temperature, but not Decreased Ph, Impairs Reproduction in a Temperate Fish. *Scientific Reports*, 10, 1, 20805.
- Lopes, J. M., Silva, L. V. F. and Baldisserotto, B. 2001. Survival and Growth of Silver Catfish Larvae Exposed to Different Water pH. *Aquaculture International*, 9, 73-80.
- McClure, M.M., McIntyre, P.B., McCune, A.R. 2006. Notes on The Natural Diet and Habitat of Eight Danioin Fishes, Including the Zebrafish *Danio rerio*. *Journal of Fish Biology*. 69, 553-570.
- McCormick, J. H., Stokes, G. N. and Hermanutz, R. O. 1989. Oocyte Atresia and Reproductive Success in Fathead Minnows (*Pimephales promelas*) exposed to

- Acidified Hardwater Environments. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 18, 207-214.
- McWhirter; K. G. 1956. Control of Sex Ratio in Mammals. *Nature*, 178, 870–871.
- Mengistu, S. B., Mulder, H. A., Benzie, J. A. and Komen, H. 2020. A Systematic Literature Review of the Major Factors Causing Yield Gap by Affecting Growth, Feed Conversion Ratio and Survival in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Reviews in Aquaculture*, 12, 2, 524-541.
- Miller, G. M., Watson, S.-A., McCormick, M. I. and Munday, P. L. 2013. Increased CO₂ of Tilapia *Oreochromis niloticus*. *Molecular Reproduction and Development*, 59 Ž3., 265-276.
- Pilić, S., Mlačo, N., Katica, A., Katica, V., Mujezinović, I. And Katica, J. 2018. Histological Characteristic Features of The Rainbow Trout *Oncorhynchus Mykiss* Ovaries (Walbaum, 1792) Grown In Various Microambient Conditions. *Veterinary Journal of Republic of Srpska*, 2, 326-341.
- Piferrer, F. 2001. Endocrine Sex Control Strategies for the Feminization of Teleost Fish. *Aquaculture*, 197, 229-281.
- Piferrer, F., M. Blázquez, L. Navarro and A. González. 2005. Genetic, Endocrine, and Environmental Components of Sex Determination and Di Verentiation in The European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *General and Comparative Endocrinology*, 142, 102-110.
- Piferrer, F., S. Zanuy, M. Carrillo, I.I. Solar, R.H. Devlin and E.M. Donaldson. 1994. Brief Treatment With An Aromatase Inhibitor During Sex Differentiation Causes Chromosomally Female Salmon To Develop As Normal, Functional Males. *Journal of Experimental Zoology*, 270, 255-262.

- Pratt, N. C., Huck, U. W. and Lisk, R. D. 1987. Offspring Sex Ratio in Hamsters Is Correlated with Vaginal pH at Certain Times of Mating. *Behavioral And Neural Biology*, 48, 310-316.
- Quillet, E., Labbe, L. and Queau, I. 2004. Asymmetry in Sexual Development of Gonads in Intersex Rainbow Trout. *Journal of fish biology*, 64, 4, 1147-1151.
- Reddon, A. R. And Hurd, P. L. 2013. Water pH During Early Development Influences Sex Ratio and Male Morph in a West African Cichlid Fish, *Pelvicachromis pulcher*. *Zoology*, 116,3, 139-143.
- Rey, R., Josso, N. Racine C. Sexual Differentiation. In: Feingold KR, Anawalt B, Boyce A, et al., eds. Endotext [Internet]. SouthDartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2016.
- Ribas, L., Valdivieso, A., Diaz, N., Piferrer F. 2017. Appropriate Rearing Density in Domesticated zebrafish to Avoid Masculinization: Links With the Stress Response. *Journal of Experimental Biology*, 220, 1056-1064.
- Ruby, S. M., Aczel, J. and Craig, G. R. 1977. The Effects of Depressed pH on Oogenesis in Flagfish *Jordanella Floridae*. *Water Research*, 11, 9, 757-762.
- Ruby, S. M., Aczel, J. and Craig, G. R. 1978. The Effects of Depressed pH on Spermatogenesis in Flagfish *Jordanella Floridae*. *Water research*, 12, 8, 621-626.
- Salleh, A. F. M., Azma1, M. N. A., Nasruddin, N. S., Zulkifli, S. Z., Yusuff, F. M., Ibrahim, W. N. W. And Ismail, A. 2017. Water pH Effects on Survival, Reproductive Performances, and Ultrastructure of Gonads, Gills, and Skins of the Javanese Medaka (*Oryzias javanicus*). *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 41, 4, 471-481.
- Shapiro, D.Y. 1988. Behavioral Influences on Gene Structure and Other New Ideas Concerning Sex Change in Fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 23, 283-297.
- Sharma, P. and Patino, R. 2013. Regulation of Gonadal Sex Ratios and Pubertal Development by The Thyroid Endocrine System in Zebrafish (*Danio rerio*). *General and Comparative Endocrinology*, 184, 111-119.

- Sharma, P., Patino, R. 2013. Regulation of Gonadal Sex Ratios and Pubertal Development by the Thyroid Endocrine System in Zebrafish (*Danio rerio*). *General and Comparative Endocrinology*, 184. 111-119.
- Spence, R., 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., Smith, C. 2006a. Mating Preference of Female Zebrafish, *Danio rerio*, in Relation to Male Dominance. *Behavioral Ecology*, 17, 779–783.
- Spence, R., Smith, C. 2006b. Genetic Analysis of Male Reproductive success in Relation to Density in the Zebrafish, *Danio rerio*. *Frontiers in Zoology*, 3, 5.
- Stimulates Reproduction in a Coral Reef Fish. *Global Change Biology*. 19, 3037–3045.
- Turan, F. and Cek, S. 2007. Masculinization of African Catfish (*Clarias gariepinus*) Treated with Gokshura (*Tribulus terrestris*). *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 59.
- Welch, M. J. & Munday, P. L. 2016. Contrasting Effects of Ocean Acidification on Reproduction in Reef Fishes. *Coral reefs*, 35, 485–493.
- Yahyaoglu, ve Kuaazanlı ;Suyun İyileştirici Gücü (1999).
- Yaraş, K. U. and Çek Yalnız, Ş. 2023. Growth, Survival Rate, Body Morphology and Color of Zebrafish (*Danio rerio*) Exposed to Nicotine. *Revista Cientifica*, 33, 1-7
- Ye, D., Zhu, L., Zhang, Q., Xiong, F., Wang, H., Wang, X., ... Sun, Y. 2019. Abundance of Early Embryonic Primordial Germ Cell Promotes Zebrafish Female Differentiation as Revealed by Lifetime Labelling of Germline. *Marine Biotechnology*, 21, 217-228.
- Ye, D., Zhu, L., Zhang, Q., Xiong, F., Wang, H., Wang, X., He, M., Zhu, Z., Sun, Y. 2019. Abundance of Early Embryonic Primordial Germ Cell Promotes Zebrafish Female Differentiation as Revealed by Lifetime Labelling of Germline. *Marine Biotechnology*, 21, 217-228.

Zahangir, M. M., Haque, F., Mustakim, G. M., Khatun, H. And Islam, M. S. 2015. Effect of Water pH on the Early Developmental Responses in Zebrafish (*Danio rerio*). *Progressive Agriculture* 26, 85–89.

Zelennikov, O. V., Sabanova, E. V. and Mishchenko, O. V. 2007. Effect of Water Acidification on the Oogenesis of the Pink Salmon *Oncorhynchus gorbuscha*. *Journal of Ichthyology*, 47, 254-257.



DİZİN

A

ad libitum · 31
 Afrika kedi balığı · 23, 25
 Akvaryum · 17, 29
 alkali · 19, 20, 23, 24, 45, 46
 androjenler · 18
 aromatuaz geni · 18
Artemia Salina · 32
 asidik · 16, 19, 22, 23, 25, 33, 44,
 45, 46

B

bayrak balığı · 21, 24
 bazık · 16, 33, 44
 berrak su · iv, 43
 Biyoyumak · 27

C

canlı ağırlık · xi, 26, 29, 41
 Cinsiyet farklılaşması · 14
 Cinsiyet oluşumu · 17

Ç

çevresel · 14, 15, 18

D

dişi · iv, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21,
 22, 28, 32, 33, 34, 35, 44, 45,
 46

E

embriyo · 17
 erkek · iv, 14, 16, 17, 18, 19, 20,
 21, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38,
 39, 40, 45, 46

F

Fare · 15

G

genetik · 15, 17, 19, 47
 gestasyonel · 17
 Gonad Gelişimi · 35, 36, 37, 38,
 39, 40

H

Hint balık · 23
 hormonal · 17

L

larva · 15, 20

M

minnow · 14
 Model organizma · 15
 monosex · 17

O

oksijen · 23, 27, 29
 oocytes · 23
 oosit · 21, 22
 ortolok · 15, 16

Ö

östrojenler · 18

P

P450 · 18
 pembe salmon · 22
Penaeus semisulcatus · 2, iv
 pH · 2, 3, iv, v, vii, viii, ix, x, xi, xii,
 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23,
 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31,
 32, 33, 34, 35, 40, 41, 42, 44,
 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52
 progesteron · 16

S

sazan · 14
 spesifik büyüme · iv, 41, 43
 Spesifik Büyüme Oranları · xii, 41
 su kalitesi · 32, 47

T

Ticari · 18
 tuzluluk · 27

Ü

Üreme · 15

W

wnt4a · 16

Y

yaşama oranı · iv

Z

Zebra · iv, v, vii, xi, xii, 14, 15, 16,
20, 26, 33, 34, 35, 37, 38, 39,

40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47

Zebra balığı · iv, xi, 14, 15, 43





teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

