



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**LEVREK (*Dicentrarchus labrax*, L.1758)
LARVALARINDA AÇLIĞIN ENZİMATİK,
HİSTOLOJİK VE MORFOMETRİK AÇIDAN
İNCELENMESİ**

Doktora Tezi

İrfan Bahadır AKSU

Danışman: Prof. Dr. Cüneyt SUZER

**Su Ürünleri
Yetiştiricilik Anabilim Dalı**

**İzmir
2023**

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

LEVREK (*Dicentrarchus labrax*, L.1758) LARVALARINDA AÇLIĞIN
ENZİMATİK, HİSTOLOJİK VE MORFOMETRİK AÇIDAN
İNCELENMESİ

İrfan Bahadır AKSU

Danışman: Prof. Dr. Cüneyt SUZER

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

Su Ürünleri Yetiştiricilik Doktora Programı

İzmir
2023

KABUL ONAY SAYFASI

İrfan Bahadır AKSU tarafından Doktora tezi olarak sunulan “Levrek (*Dicentrarchus labrax*, L.1758) Larvalarında Açlığın Enzimatik, Histolojik ve Morfometrik Açından İncelenmesi” başlıklı çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 23/01/2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday OYBİRLİĞİ ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri :

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Osman ÖZDEN

Üye : Prof. Dr. Cüneyt SUZER

Üye : Prof. Dr. Şahin SAKA

Üye : Prof. Dr. Selma KATALAY

Raportör Üye : Doç. Dr. Sevim HAMZAÇEBİ

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “Levrek (*Dicentrarchus labrax*, L.1758) Larvalarında Açlığın Enzimatik, Histolojik ve Morfometrik Açından İncelenmesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

Ocak/2023

İrfan Bahadır AKSU

ÖZET**LEVREK (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758) LARVALARINDA
AÇLIĞIN ENZİMATİK, HİSTOLOJİK ve MORFOMETRİK
AÇIDAN İNCELENMESİ**

AKSU, İrfan Bahadır

Doktora Tezi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cüneyt SUZER

Ocak 2023, 113 sayfa

Bu çalışmada döngülü açlık uygulamalarının levrek (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758) larvalarındaki etkilerinin enzimatik, histolojik ve morfolojik açıdan incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmada yumurtadan yeni çıkan levrek larvaları kullanılmış olup, kontrol, deneme grubu 1 (D1) ve deneme grubu 2 (D2) olmak üzere toplamda 3 grup bulunmaktadır. Kontrol grubundaki larvalar standart levrek larva yetiştiriciliği protokolüne göre beslenmiştir. D1 grubundaki larvalar 1 gün aç bırakılıp 1 gün besleme yapılmıştır. D2 grubunda ise larvalar, 1 gün aç bırakılıp 2 gün besleme yapılmıştır. Döngülü besleme protokolü 25 gün sürmüştür olup bugünden itibaren 40. güne kadar larvalara standart levrek larva besleme protokolü uygulanmıştır. Toplamda 40 gün süren çalışmada, 0. günden itibaren her 5 günde bir örnek alınmıştır. Denemenin sona erdiği 40. günün sonunda, total boy, D1 için: $15,89 \pm 1,8$ mm, D2 için $16,09 \pm 1,7$ mm, kontrol grubu için $19,12 \pm 0,9$ mm ölçülmüştür. Bunun yanında ağırlık D1 için $19,44 \pm 3,8$, D2 için $24,53 \pm 3,6$, kontrol grubu için $37,72 \pm 2,1$ olarak elde edilmiştir. Spesifik büyüme oranı (SBO %/gün) D1 için 3,4, D2 için 4,09, kontrol grubu için 5,14 olarak bulunmuştur. Ayrıca yaşama oranı D1 için %5,3, D2 için %12,1, kontrol grubu için %55,2 olarak hesaplanmıştır. Deneme sonundaki tripsin, lipaz, amilaz ve pepsin aktiviteleri incelendiğinde sırasıyla D1 grubu için $123,45$ mU/mg protein⁻¹, $189,21$ mU/mg protein⁻¹, $0,787$ U/mg protein⁻¹, $2,17$ U/mg protein⁻¹, D2 grubu için $144,32$ mU/mg protein⁻¹, $221,46$ mU/mg protein⁻¹, $0,985$ U/mg protein⁻¹, $3,92$ U/mg protein⁻¹ ve kontrol grubu için $206,58$ mU/mg protein⁻¹, $323,82$ mU/mg protein⁻¹,

1,283 U/mg protein⁻¹, 6,12 U/mg protein⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Tripsin, lipaz ve pepsin enzimleri için deneme sonunda D1 ve D2 arasındaki farklılık gözlenmezken ($p>0,05$), deneme grupları ve kontrol grubu arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Amilaz aktivitesinde ise en yüksek değer 15. günde kaydedilirken daha sonraki günlerde değerler azalarak değişen bir grafik sergilediği gözlenip gruplar arasındaki fark önemsiz olarak tespit edilmiştir ($p>0,05$). Pepsin aktivitesi kontrol grubunda 25. günde ilk kez gözlenirken deneme gruplarında ise 30. günde gözlenmiştir. Bunun nedeninin açlığa bağlı olarak larvalardaki organogenesisin ötelenmesi ve mide oluşumunun 30. günde gerçekleştiği düşünülmektedir.

Çalışma sonunda elde edilen veriler histolojik açıdan değerlendirildiğinde, organogenesis sürecinin gecikmesine bağlı olarak, pankreas, mide, bağırsak gibi hayati organların döngüsel açlık uygulanan gruplarda daha yavaş geliştiği, buna bağlı olarak sindirim aktivitelerinin sekteye uğradığı gözlemlenmiştir. Morfometrik veriler incelendiğinde larvaların morfometrik parametrelerinin kontrol grubuna göre daha yavaş geliştikleri ve deneme grubundaki balıkların, kontrol grubuna göre daha zayıf kaldığı tespit edilmiştir. Büyüme parametreleri ve yaşama oranı değerlendirildiğinde kontrol grubu ve deneme grupları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Deneme sonunda yapılan enzim analizleri incelendiğinde ise deneme grupları arasındaki fark önemsiz bulunurken ($p>0,05$), deneme grupları ve kontrol grubu arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Sonuç olarak toplanan veriler değerlendirildiğinde levrek larvaları, ilk 40 günlük erken dönemde, besin yetersizliğine ve döngülü açlığa maruz kaldığında büyüme parametreleri, SBO, yaşama oranı, enzim aktiviteleri, organogenesis gibi önemli parametrelerin düşüş gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Levrek, Larva, Döngülü açlık, Enzim, Histoloji, Morfometri

ABSTRACT**ENZYMATIC, HISTOLOGICAL AND MORPHOMETRIC
INVESTIGATION OF STARVATION ON EUROPEAN SEA
BASS (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758)**

AKSU, İrfan Bahadır

Ph.D. in Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Cüneyt SUZER

January, 2023, 113 pages

In this study, it is aimed to investigate the effects of cyclic starvation applications on sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758) larvae in terms of enzymatic, histological, and morphometric approach. In this sense, newly hatched sea bass larvae were used, and there are 3 groups: control, experimental group 1 (D1) and experimental group 2 (D2). The larvae in the control group were fed according to the standard sea bass larval rearing protocol. The larvae in group D1 were starved for 1 day and fed for 1 day. In the D2 group, the larvae were starved for 1 day and fed for 2 days. The cyclic feeding protocol lasted for 25 days and standard sea bass larval feeding protocol was applied to the larvae from today until the 40 days after hatching (DAH). In the study, which lasted for a total of 40 days, a sample was taken every 5 days from 0 DAH. At the end of 40 DAH, when the data obtained were evaluated, the total length was measured as 15.89 ± 1.8^a mm for D1, 16.09 ± 1.7 mm for D2, and 19.12 ± 0.9 mm for the control group. In addition, the weight was estimated to be 19.44 ± 3.8^a for D1, 24.53 ± 3.6^a for D2, and 37.72 ± 2.1^b for the control group. The specific growth rate (SBO %/day) was found to be 3.4^a for D1, 4.09^a for D2, and 5.14^b for the control group. In addition, the survival rate was calculated as $5.3\%^a$ for D1, $12.1\%^a$ for D2, and $55.2\%^b$ for the control group. When the trypsin, lipase, amylase and pepsin activities at the end of the experiment were examined, 123.45 mU/mg protein-1, 189.21 mU/mg protein-1, 0.787 U/mg protein-1, 2.17 U/mg protein for D1 group, while 144.32 mU/mg protein-1 for D2 group, 221.46 mU/mg protein-1, 0.985 U/mg protein-1, 3.92 U/mg

protein-1 and also 206.58 mU/mg protein-1, 323.82 mU/mg protein-1, 1.283 U/mg protein-1 and 6.12 U/mg protein-1 for control group were determined, respectively. For trypsin, lipase and pepsin enzymes, there were no differences between D1 and D2 at the end of the experiment ($p>0.05$), while the difference between the experimental groups and the control group was significant ($p<0.05$). In amylase activity, while the highest value was recorded on the 15 DAH, it was observed that the values decreased and presented a changing alteration on the following days, and the difference among the groups was found to be insignificant ($p>0.05$). Pepsin activity was observed for the first time on the 25 DAH in the control group, while it was observed on the 30 DAH in both experimental groups. It is thought that the reason for this is the delaying of organogenesis in the larvae due to starvation and the formation of the stomach on the 30 DAH.

When the data obtained at the end of the study were evaluated histologically, it was observed that vital organs such as pancreas, stomach, and intestines developed more slowly in the groups in which cyclic starvation was applied, due to the delay in the organogenesis process, and accordingly, digestive activities were interrupted. When the morphometric data were examined, it was determined that the morphometric parameters of the larvae developed more slowly than the control group and the fish in the experimental group remained weaker than the control group. When the growth parameters and survival rate were evaluated, the difference between the control and experimental groups was found to be statistically significant ($p<0.05$). When the enzyme analysis performed at the end of the experiment were examined, the difference between the experimental groups was found to be insignificant ($p>0.05$), while the differences between the experimental groups and the control group were significant ($p<0.05$).

As a result, when the collected data were evaluated, it was determined that important parameters such as growth parameters, SGR, survival rate, enzyme activities, and organogenesis decreased when sea bass larvae were exposed to nutrient deficiency and cyclic starvation in the first 40 days of early life development.

Key Words: Sea bass Larvae, Cyclic starvation, Enzyme, Histology, Morphometry

ÖNSÖZ

Günümüzde Akdeniz ülkelerindeki kültür balıkçılığı sektörü üretilen türlere bağlı olarak çeşitli bölümlerden oluşmaktadır. Kabukluların köklü ve oldukça geleneksel kültürü, alabalık kültürü ve deniz balıkları kültürü vardır. Ancak Akdeniz akuakültüründe en büyük ivmeyi çipura ve levrek yetiştiriciliği sağlamıştır. Akdeniz’de başlıca yoğun üretim yapan ülkeler Türkiye, Yunanistan, İspanya, Fransa, İtalya olarak sıralanmaktadır. Ülkelerin yoğun sağlıklı protein kaynağı talepleri özellikle Akdeniz çipura ve levrek üretim ihtiyacını her geçen sene arttırmaktadır. Her ne kadar bu ana türlerin yetiştiricilik sistemleri ve yetiştirme protokolleri tanımlanmış olsa da ürün kalitesi ve üretim maliyetlerinin optimize edilmesi, ayrıca sürdürülebilirlik ve denizsel kaynakların kullanılmasının azaltılması amacıyla besleme araştırmaları halen devam etmektedir.

Avrupa çipura ve levrek üretiminde 2010’lu yıllardan itibaren lider ülke olan Türkiye, 2020’li yıllarda hem Avrupa hem de dünyada liderliğini sürdürmektedir. Ülkemiz ve bölgemiz için ciddi bir gelir kaynağı olan su ürünleri yetiştiriciliği her geçen yıl önemini hızla arttırmaktadır.

Bu çalışmada levrek larvalarının besleme tanımlamalarına yardımcı olmak amacıyla düşük besin ortamlarında canlının metamorfoz süreci içerisindeki gelişim durumu gözlenerek yeni faydalı protokoller oluşturulmasına imkân sağlanarak yoğun üretim koşullarına veri sağlayarak katkıda bulunulmak istenmiştir.

İrfan Bahadır AKSU



İÇİNDEKİLER

KABUL ONAY SAYFASI.....	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI	V
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ.....	xi
İÇİNDEKİLER.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
TABLolar DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	7
2.1 LEVREK (<i>Dicentrarchus labrax</i>) BALIĞININ GENEL ÖZELLİKLERİ	7
2.1.1 LEVREK (<i>D. labrax</i>).....	7
2.1.2 LEVREK BALIĞININ (<i>D. labrax</i>) COĞRAFİK DAĞILIMI.....	7
2.1.3 LEVREK YETİŞTİRİCİLİĞİ	10
2.1.4 LEVREK LARVA YETİŞTİRİCİLİĞİ	10
2.2 ENZİMLER	15
2.2.1 ENZİM NEDİR?.....	15
2.2.2.ENZİMLERİN YAPI VE GÖREVLERİ	15
2.2.3 ENZİMLERİN ÇALIŞMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER	16
2.2.3.1 KONSANTRASYON	16

İÇİNDEKİLER (Devamı)

2.2.3.2 SUBSTRAT KONSANTRASYONU.....	17
2.2.3.3 ENZİM KONSANTRASYONU.....	17
2.2.3.4 PH	17
2.2.3.5 SICAKLIK.....	18
2.2.3.6 İNHİBİTÖR VE AKTİVATÖRLER.....	18
2.2.3.7 ZAMAN.....	18
2.2.4 SİNDİRİM ENZİMLERİ.....	18
2.4 AÇLIK VE TELAFİ EDİCİ BÜYÜME.....	20
2.4.1 BALIKLARDA TELAFİ EDİCİ BÜYÜME.....	21
2.4.1.1 TELAFİ BÜYÜMESİNİ ETKİLEN FAKTÖRLER.....	22
2.4.1.2 BESLEME PROTOKOLLERİ.....	22
2.4.1.3 SICAKLIK.....	22
2.4.1.4 ONTOGENETİK DEĞİŞİMLER	23
2.4.1.5 MEVSİMSEL DEĞİŞİMLER	23
2.4.1.6 SEKSÜEL OLGUNLUK VE ÜREME	23
2.5 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	24
2.5.1 TÜR ÜZERİNE YAPILMIŞ GENEL ÇALIŞMALAR	24
2.5.2 ENZİMATİK ÇALIŞMALAR	24
2.5.3 TELAFİ BÜYÜMESİ VE AÇLIK ÇALIŞMALARI.....	27
3. MATERYAL VE METOT.....	32
3.1 ANAÇ YÖNETİMİ VE YUMURTA İNKÜBASYONU	32
3.2 YUMURTA TEMİNİ.....	32
3.3 İNKÜBASYON	33
3.4. DENEME DÜZENİ.....	35
3.4.1 FİZİKOKİMYASAL PARAMETRELER	35
3.4.1.1 SICAKLIK.....	35
3.4.1.2 TUZLULUK.....	36
3.4.1.3 AYDINLATMA	36

İÇİNDEKİLER (Devamı)

3.4.1.4 ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN VE PH DÜZEYİ.....	37
3.4.1.5 SU DEBİSİ	37
3.5 LARVAL BESLEME.....	37
3.6 MORFOMETRİK ANALİZLER.....	39
3.7 ENZİM ANALİZLERİ	40
3.7.1 TRİPSİN.....	41
3.7.2 PEPSİN	42
3.7.3 AMİLAZ	43
3.7.4 LİPAZ.....	43
3.7.5 PROTEİN	44
3.8 HİSTOLOJİK ANALİZLER	45
3.8.1 BOUİN’S SOLÜSYONU	46
4. BULGULAR	50
4.1 YUMURTA	50
4.2 MORFOMETRİK ÖLÇÜMLER.....	50
4.2.1 LEVREK LARVALARI VİTELLÜS KESESİ HACİM ÖLÇÜMLERİ	51
4.2.2 LEVREK LARVALARI YAĞ DAMLASI HACİM ÖLÇÜMLERİ.....	51
4.3 LARVAL GELİŞİM VE YAŞAMA ORANI	52
4.3.1 YAŞAM ORANI.....	53
4.3.2 ZAMANA BAĞLI LARVA KAYIP ORANLARI.....	54
4.3.3 HAVA KESESİ GELİŞİM ORANLARI	55
4.4. ENZİM ANALİZLERİ	56
4.4.1 TRİPSİN.....	56
4.4.2 PEPSİN	56
4.2.3 LİPAZ AKTİVİTESİ.....	57
4.2.4 AMİLAZ AKTİVİTESİ	58
4.5. HİSTOLOJİK ANALİZLER	59
4.5.1. PANKREAS	60

İÇİNDEKİLER (Devamı)

4.5.2. MİDE	61
4.5.3. BAĞIRSAK	63
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	65
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	91
TEŞEKKÜR.....	111
ÖZGEÇMİŞ.....	113

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>) genel görünüş.....	7
2.2 Levrek (<i>D. labrax</i>) Coğrafik dağılımı (FAO)	8
2.3 Yumurtadan yeni çıkmış levrek larvası.	10
2.4 Kuluçkahane filtrasyon ekipmanları.	12
2.5 Çipura ve levrek yetiştirme tankı.....	13
2.6 Substrat enzim mekanizması.....	19
2.7 Telafi büyümesi	22
3.1 Akvatek Su Ürünleri Çandarlı Tesisi.....	32
3.2 Akvatek firmasına ait anaç tankları	33
3.3 İnkübatör tankı.....	34
3.4 İnkübasyon ortalama değerler.....	34
3.5 Günlere göre sıcaklık protokolü.....	35
3.6 Günlere bağlı tuzluluk değişimi.....	36
3.7 Işık şiddeti ve ışık süresi.....	37
3.8 Kontrol, D1 ve D2 besleme protokolü.....	38
3.9 Tripsin enzim aktivitesi tespit yöntem şeması	41
3.10 Pepsin enzim aktivitesi analiz yöntemi.....	42
3.11 Amilaz enzim aktivitesi tayin yöntemi	43

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

3.12 Lipaz enzim aktivitesi tayin yöntemi	44
3.13 Bradford Protein tayin yöntemi	45
3.14 Leica 2125 Rotary Mikrotom	45
3.15 3.15 İstatiksel analiz akış şeması.....	49
4.1 Yağ damlası ve vitellüs kesesi.....	50
4.2 Levrek larvalarının total boy ve ağırlık değişimleri	53
4.3 Deneme yaşam oranları	54
4.4 Zamana bağlı larva kayıpları.....	54
4.5 Hava kesesi oluşturma oranları	55
4.6 13 günlük levrek larvası	55
4.7 Tripsin aktivitesi.....	56
4.8 Pepsin aktivitesi.....	57
4.9 Lipaz aktivitesi	58
4.10 Amilaz aktivitesi.....	58
4.11 30 günlük levrek larvasının bütün vücuduna ait histolojik kesit.....	59
4.12 30 günlük levrek larvasının göz katmanlarının histolojik kesit.....	59
4. 4.13 25 günlük levrek larvasında pankreasa ait histolojik kesit.....	60
4.14 20 günlük levrek larvasında mideye ait histolojik kesit	61
4.15 30 günlük levrek larvasına gastrik bezler ait histolojik kesit	62
4.16 35 günlük levrek larvasında gastrointestinal sistemin histolojik kesiti	63
4.17 30 günlük levrek larvasında bağırsak ve midenin histolojik kesiti	63

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 1990- 2020 Yılları Arasındaki Dünya Balık Avcılığı	2
1.2 1990- 2020 Yılları Arasındaki Dünya Balık Yetiştiricilik Miktarları.....	2
1.3 1990- 2020 Yılları Arasındaki Dünya Balık Toplam Avcılık ve Yetiştiricilik Miktarları.....	3
1.4 Ülkemizde 2019-2021 Yıllarına Ait Avcılık ve Yetiştiricilik Miktarları.....	3
1.5 Türkiye’de Yetiştiriciliği En Çok Yapılan Türlerin 2018- 2021 Üretim Miktarları.....	4
1.6 Avrupa İç Sular ve Deniz Akuakültür Üretimi	5
2.1. Levrek larva üretim protokolü.....	14
2.2 Mide ve Pankreas Zimojenleri	19
3.1 Deneme Besleme Protokolü	39
3.2 Enzim Analiz Zamanları	40
3.3 Bouin Solusyonu hazırlama aşamaları.	46
3.4 Takip ve boyama işlem basamakları.	47
3.5 Histolojik boyama işlemi aşamaları gösterilmiştir.....	48
4.1: Yağ Damlası ve Vitellüs Kesesi Hacim Formülleri	51
4.2 Deneme ve Kontrol Gruplarının Vitellüs Kesesi Hacimleri	51
4.3 Deneme ve Kontrol Gruplarının Yağ Damlası Hacimleri.....	52
4.4 Levrek larvalarının total boy, ağırlık, SBO ve yaşama oranları.....	53
5.1 Ötelenmiş besleme ile ilgili yapılan çalışmalar.....	75

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde gıda konusunda en önemli ve söz sahibi kurumların başında gelen Gıda ve Tarım Örgütüne (FAO) göre, balık tüketiminde yıllar içerisinde önemli bir artış gerçekleşmiştir. Balık çeşitlendirilmiş ve besleyici gıdalar aracılığıyla dünya çapında insanların diyetlerini iyileştirmiştir. 2020 yılında balık, küresel nüfusun hayvansal protein alımının yaklaşık yüzde 22'sini ve tüketilen tüm proteinin yüzde 10'unu oluşturmaktadır (FAO, 2022).

Balık ve kabuklu deniz ürünlerindeki proteinin sindirimi çok kolaydır ve araştırmalar balıklardaki amino asitlerin sığır, domuz veya tavuktan biyolojik olarak daha kullanılabilir olduğunu (vücudunuz bunları daha kolay emebilir ve kullanabilir) göstermektedir. Balık ve kabuklu deniz ürünleri aynı zamanda tüm temel amino asitlerin dengeli bir miktarına sahiptir ve onlara çok yüksek amino asit puanları verir (Dincer et al., 2010).

Son yirmi yıl içerisinde ülkemizde hızla artan deniz balıkları üretiminin lokomotifi konumunda olan tür *Dicentrarchus labrax* Latince adıyla bilinen deniz levreğidir. Ülkemiz denizlerinde geniş yayılım gösteren levrek, 155 bin ton ile en fazla üretilen tür olmasının yanında, lezzeti ve üretim aşamalarında elde edilen başarılarla ülke ekonomisine ciddi katkı sağlamaktadır (TÜİK, 2022). Ülke ekonomisine bu denli katkı sağlayan türün üretim inceliklerinin bilinmesi biyolojik ve fizyolojik özelliklerinin her geçen gün daha fazla tanımlanması gerekmektedir. Bu gereklilik dünya piyasalarında satış şansı bulan türün rekabetçi konumda sürekliliğini sağlamak içindir. Toplanabilen tüm veriler dâhilinde birim alanda yüksek performanslı ve düşük maliyetli üretim ana hedefdir. Bu hedef doğrultusunda Levrek balığının yetiştirme koşulları altındaki tüm biyolojik ve fizyolojik değerleri incelenmektedir. Elde edilen veriler ışığında üretim protokolleri, yem içerikleri, stoklama yoğunlukları gibi değerler optimize edilmeye çalışılmaktadır.

Dünyadaki toplam avcılık miktarı 2020 yılında 90,3 ton civarında gerçekleşirken, bu avcılık miktarının 11,5 milyon tonu iç su, 78,8 milyon tonu ise

deniz balıkları avcılığıdır (FAO, 2022). Tablo 1.1’de ise 1990- 2020 yılları arasındaki dünya balık avcılığı miktarları gösterilmiştir.

Tablo 1.1 1990- 2020 Yılları Arasındaki Dünya Balık Avcılığı (FAO,2022)

Miktar (milyon ton)	1990	2000	2010	2018	2019	2020
İçsu	7.1	9.3	11.3	12.0	12.1	11.5
Deniz	81.9	81.6	79.8	84.5	80.1	78.8
Toplam	88.9	90.9	91.0	96.5	92.2	90.3

Dünyada 2020 yılı itibariyle, yetiştiricilik miktarı toplamda 87,5 ton olduğu görülmektedir. Bu miktarın 33,1 milyon tonu deniz balıkları yetiştiriciliği iken, 54,4 milyon tonu ise iç su balıkları yetiştiriciliği olduğu görülmektedir (FAO, 2022). Tablo 1.2’de 1990- 2020 yılları arasındaki dünya yetiştiricilik miktarları gösterilmiştir.

Tablo 1.2 1990- 2020 Yılları Arasındaki Dünya Balık Yetiştiricilik Miktarları (FAO, 2022)

Miktar (Milyon ton)	1990	2000	2010	2018	2019	2020
İç su	12.6	25.6	44.7	51.6	53.3	54.4
Deniz	9.2	17.9	26.8	30.9	31.9	33.1
Toplam	21.8	43.4	71.5	82.5	85.2	87.5

Her geçen gün artan protein ihtiyacı dünya balık avcılığı ve yetiştiriciliği rakamlarının son 30 yılda toplamda %38 artmasına neden olmuştur. Toplam avcılık ve yetiştiricilik miktarı 1990 yılı itibariyle 110,7 milyon ton iken, 2020 yılına gelindiğinde bu rakam 177,8 milyon tona yükselmiştir. (FAO, 2022). Tablo 1.3’ te yıllara bağlı dünyadaki toplam avcılık ve yetiştiricilik miktarları gösterilmiştir.

Tablo 1.3 1990- 2020 Yılları Arasındaki Dünya Balık Toplam Avcılık ve Yetiştiricilik Miktarları (FAO, 2022)

Miktar (milyon ton)	1990	2000	2010	2018	2019	2020
Dünya Toplam Avcılık ve Yetiştiricilik Üretim Miktarları	110.7	134.3	162.6	178.9	177.4	177.8

Ülkemizde son 20 yılda deniz ve iç su balığı üretimi hızla artarak 799,851 tona ulaşmış olup, bunun 335,644 tonu deniz balıkları yetiştiriciliği, 136.042 tonu iç su balıkları yetiştiriciliğinden gelmektedir. Farklı şekilde son 20 yılda deniz ve iç su balıkları avcılığı azalarak 328,165 tona gerilemiştir. Bunun 295 bin tonu deniz avcılığından, 33 bin tonu iç su avcılığından gelmektedir. (TÜİK, 2022) Tablo 1.4’ te 2019-2021 yıllarına ait avcılık ve yetiştiricilik miktarları gösterilmiştir.

Tablo 1.4 Ülkemizde 2019-2021 Yıllarına Ait Avcılık ve Yetiştiricilik Miktarları (TÜİK, 2022)

Yıllar	Avcılık(ton)			Yetiştiricilik(ton)			Toplam Avcılık + Yetiştiricilik
	Deniz	İç su	Toplam	Deniz	İç su	Toplam	
2019	431.572	31.596	463.168	236.930	116.426	373.356	836.524
2020	331.281	33.119	364.400	293.175	128.236	421.411	785.811
2021	295.095	33.140	328.158	335.644	136.042	471.686	799.844

Türkiye su ürünleri ihracatı 2000 yılında 14.533 ton iken, 2020 yılı itibariyle bu rakam yaklaşık 18 katlık büyüme göstererek 201.157 tona ulaşmıştır. Kişi başına su ürünleri tüketimi ise 2000 yılında 8 kg olan iken, 2020 yılında gelindiğinde ise bu rakam 6,7 kg’a gerilemiştir. Türkiye’de avcılığı yapılan başlıca pelajik deniz balıkları sırasıyla hamsi, sardalya, istavrit, palamut, lüfer ve çaça olarak sıralanmaktadır. Ayrıca en çok avcılığı yapılan demersal deniz balıkları sırasıyla

mezgit, bakalorya, barbun, tekir ve kalkan olarak sıralanmaktadır. Türkiye’de yetiştiriciliği en çok yapılan türler ise iç sularda alabalık, denizlerde çipura ve levrek olarak bildirilmiştir. Türkiye’de 2000 yılı itibariyle 15.460 ton olan çipura üretimi yaklaşık 9 kat artarak 133.476 tona, 17.877 ton olan levrek üretimi yaklaşık 9 kat artarak 155.151 tona, 44.533 ton olan alabalık üretimi ise yaklaşık 3 kat artarak 2020 yılında 144.283 tona ulaşmıştır (TÜİK, 2022). Tablo 1.5’ te Türkiye’de yetiştiriciliği en çok yapılan türlerin 2018- 2021 üretim miktarları gösterilmiştir.

Tablo 1.5 Türkiye’de Yetiştiriciliği En Çok Yapılan Türlerin 2018- 2021 Üretim Miktarları

Yıllar	Alabalık	Çipura	Levrek
2018	114.497	76.680	116.915
2019	123.573	99.730	137.419
2020	144.182	109.749	148.907
2021	144.283	133.476	155.151

Avrupa iç su akuakültür üretimi 2020 yılı itibariyle 555.472 ton, deniz ve kıyusal akuakültür üretimi 2020 yılı itibariyle 2.728.935 ton, toplam akuakültür üretimi ise 3.284.407 tondur. Bu üretim miktarının 2.673.669 tonu balıkları, 3.563 tonu kabukluları, 578.712 tonu yumuşakçaları, 6.671 tonu diğer sucul hayvanları, 21.792 tonu ise alg üretimini kapsamaktadır (FAO, 2020) Tablo 1.6’da Avrupa iç sular ve deniz akuakültür üretimi gösterilmiştir.

Tablo 1.6 Avrupa İç Sular ve Deniz Akuakültür Üretimi (FAO, 2020)

	İç Su Üretimi (ton)	Deniz Üretimi (ton)	Toplam
Balık	551.802	2.121.867	2.673.669
Kabuklu	3.145	418	3.563
Yumuşakça	-	578.712	578.712
Diğer Sucul Canlılar	176	6.495	6.671
Alg	349	21.443	21.792

Birden fazla bilim dalını içerisinde barındıran larva yetiştiriciliği bilgi birikiminin en değerli olduğu üretim alanlarından biridir. Larva üretim protokolleri dahilinde hangi sindirim enziminin hangi günlerde sentezlendiği hem yem rasyonlarının hazırlanmasında hem de besleme protokollerinin oluşturulmasında etkindir. Genetik, histoloji ve enzimoloji vb. gibi bilim alanları larva fizyolojisini araştırmakta son yıllarda daha yaygın kullanılır olmuştur. Levrek benzeri yüksek ticari değere sahip türlerde yaşama yüzdesini arttırmak ve dönemsel besleme protokollerini tanımlamak için gereksinim duyulan konuların başında ise enzim aktivitelerinin tanımlanması olmuştur. Enzim aktivitelerinin araştırılması normal üretim koşulları altında yapılabildiği gibi ayrıca aşırı yaşam koşulları altında da yapılabilmektedir. Bu çeşit denemeler farklı sonuçlara ve yararlarına ulaşabilmeyi sağlamaktadır.

Son yıllarda akuakültür işletmelerinde, üniversitelerde ve araştırma enstitülerinde açlık üzerine yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Tüm canlılarda olduğu gibi açlık üretimi yapılan deniz balığı türlerinde de ölümcül sonuçlara neden olmaktadır. Aç kalan bireyler önce karaciğer rezervlerini sonra kas proteinlerini ve en son vücut yağlarını tüketmektedir (Kailasam et al., 2007; Sheng et al., 2007). Tüm organizmalar gibi yetiştiriciliği yapılan deniz balıkları da açlık süresince fizyolojik, enzimolojik ve morfolojik açıdan değişimler göstermektedir. Balıklar hangi yaşta, boyda ya da ağırlıkta olursa olsun immun sistem sıkıntıları yaşamakta

ve enfeksiyona bağlı kayıplar artmaktadır. Ayrıca açlık, kapalı alanda yüksek stok yoğunluğu ile üretim yapılan yerlerde kanibalizm (yamyamlık) kaynaklı ölümleri de arttırmaktadır. (Katavic et al., 1989). Sürekli açlık ölümlerine sonuçlanmasına rağmen dönemsel ve/veya döngüsel olarak uygulanan açlık protokolleri üretim sistemlerinde bazı faydalar sağlayabilmektedir. (Adaklı ve Taşbozan, 2015). Dönemsel ve döngüsel açlık uygulamalarının en tercih edilenlerinden biri, balığı düzenli bir şekilde döngü aralıklarla besleyip aç bırakma tekniğidir. Bu teknik ile daha kısa zamanda daha az yem kullanılarak hızlı büyüme sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu besleme tarzına *telafi büyümesi* (compensatory growth) denmektedir (Gaylord & Gatlin 2001; Ali et al., 2003). Bu teknikte dikkat edilmesi gereken unsur dönemsel beslenmenin besleme aralık döngüsünün düzenli olmasıdır.

Erken dönem balık yetiştiriciliğinde açlığın canlı üzerine etkilerinin bilinmesi yetiştiricilik koşullarının sağlanması açısından son derece önemlidir. Kelime anlamı yaşamak ve sürekli değişim içerisinde olmak olan metamorfoz dönemi balıklarda halen birçok çalışmaya konu olan ve araştırılması devam eden bir süreçtir. Bu süreç içerisinde canlı anaç bireye benzeyene kadar doku ve organ başkalaşımını geçirir. Bu hassas dönemde açlığın canlı üzerine etkileri sadece yaşam oranları üzerinden değil aynı zamanda hangi dokunun hangi organın hangi zaman aralığında gelişip gelişmediği ile alakalıdır (Fırat ve Saka, 2000). Elde edilmeye çalışılan bu verilen yoğun yetiştiricilik ortamlarında üreticilere kılavuz olmaktadır.

Bu çalışmada levrek balığında açlığın enzimatik, histolojik ve morfometrik açıdan incelenmesi ele alınmıştır. Bu inceleme levrek larvalarının metamorfoz öncesi erken dönemini kapsamakta olup yapılan enzimatik, histolojik ve morfometrik analizler erken dönemde açlığın, levrek larvaları üzerindeki etkisinin anlaşılmasını hedeflemiştir. Yapılan denemeler standart Fransız tekniği olarak adlandırılan edilen resirküle kapalı devre sistemde (RAS) gerçekleştirilmiştir. Deneme sonunda larvalardaki büyüme parametreleri, sindirim enzim aktiviteleri, gastrointestinal histolojik gelişim, morfometrik gelişim ve organogenesis süreci yakından takip edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Levrek (*Dicentrarchus labrax*) Balığının Genel Özellikleri

2.1.1 Levrek (*D. labrax*)

Levrek balığının sistematikteki yeri; Alem; Hayvanlar, Şube; Omurgalılar, Sınıf; Teleost; Takım; Perciformes, Aile; Moronidae, Cins; *Dicentrarchus*, Tür *Dicentrarchus labrax*'tır.



Şekil 2.1 Levrek (*Dicentrarchus labrax*) genel görünüşü.

(<https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/avrupa-levrek-sualtı>)

2.1.2 Levrek Balığının (*D. labrax*) Coğrafik Dağılımı

Levrek İngilizce adıyla European Sea Bass, Atlantik Okyanusunun kıyılarından Norveç'in güneyine (60 °K)- Batı Sahra (30 °K) ve tüm Akdeniz boyunca oradan da Karadeniz ve Kızıldeniz' e kadar geniş yayılım göstermektedir. (Haffray, et al., 2000).



Şekil: 2.2 Levrek (*D. labrax*) coğrafik dağılımı (FAO)

Levrek gonokoristik hermafrodit bir türdür. Dişiler Akdeniz’de kışın (Aralık-Mart) yumurtlamaktadır. Atlantik Okyanusunda bu süre haziran ayına kadar uzamaktadır. Yüksek fekonditeye sahip olan levrek, bir dişi başına ortalama 200.000 yumurta /kg verime sahiptir. Yumurtlama süreci dişiler için yaklaşık 2 kg (doğal kaynak) olup 6-7 kilograma ulaşına kadar yüksek verimle devam etmektedir. Larvaların doğada yaklaşık 90 günlük bir metamorfoz süreci vardır ve yetişkinler doğada yüzlerce kilometre göç ederler (Loy et al., 1996; Fırat ve Saka, 2000).

Levrek, bazen tek başına bazen de küçük sürüler halinde dolaşan, gençken küçük eklembacaklılar olan *Crangon*, *Gammarus* ve *Liga* ile beslenirken, ergin dönemde ise sardina gibi küçük balıkları tükettiği ve avcı bir tür olduğu yakalanan levreklerin mide içeriklerinden alınan örneklerden anlaşılmaktadır (Johnson and Katavic, 1984; Dendrinis and Thorpe, 1985).

Gövdesi yanlara doğru hafif basık olan levreklerin derisi ktenoid pullarla kaplıdır. Başın arkasında ve yanaklarda sikloid pullar bulunur. Yan çizgide 65-80 adet pul vardır. İlk solungaç kemerindeki dallanmaların sayısı 18 ile 27 arasında değişmektedir. Sırt yüzgeçleri geniştir ve 8-10 dikenli ışınlı sırt yüzgeci ile II. Sırt kısmında 1 adet sert ve 10-14 adet yumuşak ışın bulunmaktadır. Muzo'da damga yok iken solungaç kapağında gri-siyah bir iz vardır. Preoperculum ve operculum sert omurga benzeri ışınlarla sahiptir. Renk, üstte koyu gri-kahverengi ve altta beyazdır. Göz kemiğinde siyah noktalar vardır. Ağız geniştir, dişler damakta ve dilde bulunur. Renkleri arkada koyu gri-kahverengi, yanlarda gümüş, karında beyazdır. Yetişkinlerin sırtları karanlık ve beneksizken, gençlerin bazen siyah

noktaları olabilir. Levrekler 1 m'ye kadar büyüyebilir ve ortalama uzunluğu 50 cm'dir ve ağırlığı 12 kg'a ulaşabilir (Uçal ve Benli, 1993; Fırat ve Saka, 2000). Tatlı suda büyüyebilirler ancak çoğalamazlar.

Levrek, 5 ila 28 °C sıcaklıktaki sularda yaşar ve 12 ila 14 °C sıcaklıkta yumurta bırakır. 1 kg dişinin doğal ortamda 293.000-358.000 yumurta bırakabileceği bildirilmiştir (Kennedy and Fitzmaurice, 1972). Tuzluluktaki değişikliklere karşı dayanıklı olup örihalin (euryhaline) bir türdür ve %3 tuzluluktan %50 tuzluluğa yayılır, %0 tuzluklara yani tatlı suya uyum sağlayabilir. Levreklerin düşük tuzluluk koşullarına adaptasyonu konusunda pek çok çalışma yapılmıştır, bunlar adaptasyon teknikleri, düşük tuzlulukta besleme ve bunların geliştirilmesidir (Johnson and Kataviç, 1984; Dendrinos and Thorpe, 1985; Alpbaz, 1990; Loy et al., 1996; Fırat ve Saka, 2000).

Levreklerin gonadlarında 1 yaşına kadar gelişme görülmez. Son birkaç ayda (13 ve 15. aylarda) testislerde ve yumurtalıklarda farklılaşma başlar. Doğal yaşam alanında levrek balıkları yaşamın 24. ayından sonra sperm salgılayabilir. Ancak, verim düşük olup 36. aydan sonra bir yetişkin gibi yüksek sperm sayısı üretebilir. Yumurtalıklarda farklılaşma erkeklerde olduğu gibi 13-15 ay arasında başlar ve nispeten daha uzun sürer (Roblin and Brusle, 1984; Alpbaz, 1990; Fırat ve Saka, 2000).

Dişi levrekler doğal yaşam alanlarında ancak 36. aydan itibaren yumurtlayabilirler. Dişi bireylerin 12 ay ile 24 ay arası büyüme performansları ağırlık artışları aynı grup erkek bireylere göre daha fazladır. Dişi levreklerde ergenlik döneminde de vücut ağırlığındaki artışın erkeklere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Levrekler 36. aydan sonra alınan besinler gonadları geliştirmek için kullanılır. Akdeniz'de erkekler 2-3 yaş, 25-30 cm, dişiler 3-5 yaş, 30-40 cm, Atlantik'te erkekler 4-7 yaş, 32-37 cm, dişiler ise 5-8 yaşlarında, 38 -42 cm boyda eşeyssel olgunluğa ulaşırlar. Levrek, Akdeniz'de yumurtalarını Ocak-Mart ayları arasında bırakır. (Alpbaz, 1990; Fırat ve Saka, 2000).

2.1.3 Levrek Yetiştiriciliği

Levrek balığı ile ilgili ilk yetiştiricilik çalışmaları 1960 yıllarının sonunda başlamıştır. Akdeniz ülkelerinin öncülüğünü çektiği ilk çalışmalar İtalya ve Fransa'da yapılmıştır. Levrek, 1980'lerin sonları ve 1990'ların başında tüm Akdeniz'e yayılmış, günümüzde Akdeniz ülkelerinin ürettiği lider deniz balığı konumundadır. Tam kontrollü kuluçkahane ortamlarında ve gelişmiş kafes sistemlerinde üreticiliği yapılmaktadır (Suzer, 2018).

2.1.4 Levrek Larva Yetiştiriciliği

Levrek yumurtalarının gelişmelerinin bitmesi ve yumurta alanını boşaltması ile larval aşamaya geçilmektedir. Eski adıyla prelarval evre olarak bilinen lecithotrophic yani besin keseli periyot larvanın yumurtadan çıktıktan sonraki aşaması ile ağız ve anüs açılıp beslemeye başlanan evre arasındaki aşamadır (Fırat ve Saka, 2000). Bu aşamada ilk çıkan larvaların uzunlukları 3,4-3,6 mm civarındadır. Besin kesesi boyları ise 1,1-1,3 mm'dir. Yağ damlalarının çap uzunlukları ise 0,5-0,7 mm'dir. Bu dönemde ağız ve anüs kapalı olduğu için dış besleme söz konusu değildir. Şekil 2.3'te yumurtadan yeni çıkmış levrek larvası gösterilmiştir.



Şekil 2. 3 Yumurtadan yeni çıkmış levrek larvası (orginal)

Postlarval evre, dış beslemenin başlamasıyla beraber başlayan evredir. Bu evrede ağız ve anüs açılmış olup, canlı kısmi olarak dışardan beslenebilmektedir (Fırat ve Saka, 2000). Bu evre yaklaşık olarak 15-16 °C’de 5. günün sonunda başlar.

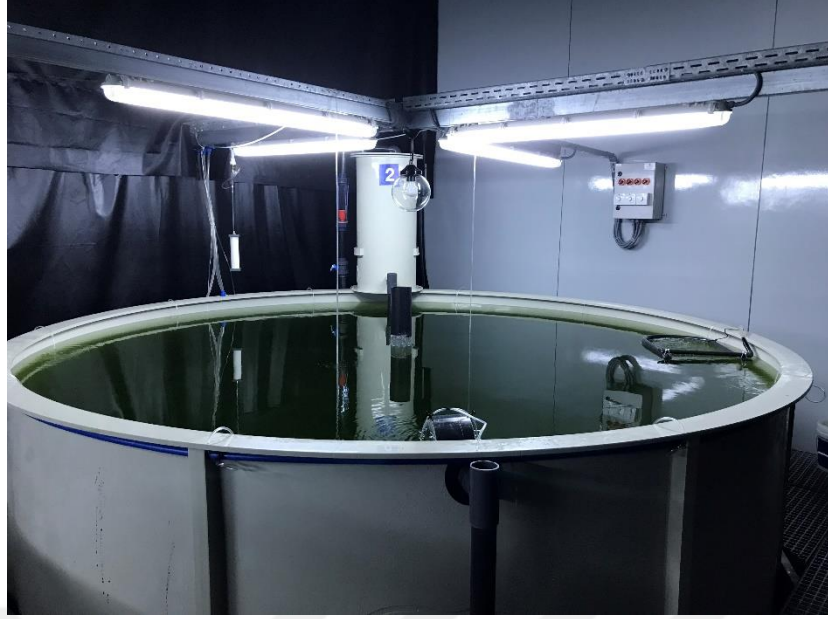
Levrek larva üretim üniteleri çevresel parametrelerin ve balık popülasyonlarının tam kontrollü olduğu yoğun yetiştiricilik sistemleridir. Levrek larva beslemede ana iki protokol uygulanmaktadır. Birinci besleme protokolü standart üretim protokolü olup ilk besleme rotiferlerle yapılır ve mikro alg kullanımı vardır. İkinci protokolde ise ilk günlerde ışık açılmaz ve larvalar direk olarak *Artemia* ile beslenmeye başlar bu klasik sisteme yaygın olarak ötelenmiş ilk besleme tekniği ya da Fransız tekniği denmektedir (Fırat ve Saka, 2000).

Levrek larvaları ilk 4 ila 6 haftayı özel larva yetiştirme tanklarında geçirirler. Bu tankların hacimleri 4 ila 20 ton arası değişim göstermektedir. Bu sistemler açık devre deniz suyunu kum filtresi, UV filtresi gibi filtrasyon ekipmanlarından geçirerek tek sefer kullanan sistemler olduğu gibi, filtre ekipmanlarına biyolojik filtrelerin eklenmesiyle resirküle kapalı devre sistem (RAS) olarak kullanılabilir. Bazı durumlarda su değişimi arada bir sınırdan belirlenerek yarı açık sistemlerde kullanılabilir. Üretim yapılacak mevsimsel duruma bağlı olarak ısıtma ve soğutma sistemleri kullanılabilir. Şekil. 2.4’ te modern kuluçkahane filtrasyon ekipmanları gösterilmektedir.



Şekil.2.4 Kuluçkahane filtrasyon ekipmanları (orginal)

Levrek larvalarının inkübasyon evresinden sonra taşınacağı yetiştirme tankları klor çözeltileriyle dezenfekte edilir. Modern kuluçkahanelerde halen rotifer ve *Artemia* çalışan iş gücü yardımıyla ile dağıtılırken kuru yemler otomatik yemlik sistemleriyle verilir. Larval yetiştiricilik sırasında düzenli olarak oksijen ve pH ölçümleri yapılır. Levrek larva tankları ilk günlerinde inkübasyon tanklarıyla aynı sıcaklığa sahiptir. Yumurtaların çatlamasından 6 gün sonra sıcaklık 0,5 °C günlük arttırılarak 15 ila 18. günler arası sıcaklığın 19 °C olması hedeflenir. Aydınlatma ilk 13 gün itibariyle 24 saat aydınlık ya da 16 saat aydınlık 8 saat karanlık şeklinde ayarlanabilir. İlk 13 gün aydınlatma 350 ila 500 lux arasında ayarlanır. Tankların günlük oksijen ihtiyaçları kontrol edilerek larval dönemde oksijen seviyesinin 6-8 mg/lt olması sağlanır. Bu dönemde yetiştirme sistemine bağlı olarak tank su değişimi yaklaşık günde bir defa olacak şekilde ayarlanır. Şekil 2.5'te çipura ve levrek yetiştirme tankları gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Çipura ve levrek yetiştirme tankı (Orijinal Fotoğraf)

Larva tanklarına 80-120 larva litreye stoklama yapıldıktan sonra larva, besin kesesi ve yağ damlası rezervlerini birkaç gün daha kullanmaktadır. Sıcaklığa bağlı olmak üzere larvalar, çatlamadan sonraki 4. günden itibaren canlı yem ile beslenebilir. Çatlamadan sonra balıklar diğer canlılar gibi komple vücut gelişimlerini tamamlamaz. Bu da ağzın ve gözlerin ve yüzme aktivitesinin gelişmediği dönemlerde beslemeyle ilgili aşılması gereken zorluklar olarak tanımlanabilir. Larva beslemeyi düzgün bir şekilde yönetebilmek için larva popülasyonunu yakından izlemek gerekir. Yetiştirme tanklarından her gün düzenli örnekler alınarak, mikroskop altında larvaların yüzde kaçının besin aldığı tespit edilmelidir. İlk 10 gün içerisinde tank ortamında 5-10 adet arası rotifer olması önerilmektedir. İlk dönemlerde ağız boyutunun küçüklüğü sebebiyle daha küçük boy rotiferlerin kullanılması larval başarıyı arttıracaktır. Tablo 2.1’de standart levrek larva üretim protokolü gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Levrek larva üretim protokolü (Fırat ve Saka, 2000)

Gün	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰S)	Debi (%/Saat)	Işık Süresi (Saat)	Işık Şiddeti (Lux)	Besleme
1.	15-16	36	5	0	0	BESLEME YOK
2.	15-16	34	5	0	0	BESLEME YOK
3.	15-16	30	5	0	0	BESLEME YOK
4.	15-16	28	5	0	0	BESLEME YOK
5.	15-16	26	5	12	50	R= 8 adet/ml
6.	15-16	26	5	12	60	R= 8 adet /ml
7.	15-16	26	5	12	80	R= 8 adet /ml
8.	15-16	26	5	12	100	R= 6 adet/ml AF=0.5 adet/ml
9.	15-16	26	5	12	120	R= 6 adet/ml AF=0.5 adet/ml
10.	15-16	26	10	12.5	140	R= 6 adet/ml AF=0.6 adet/ml
11.	17	26	10	13	140	R= 4 adet/ml AF=0.6 adet/ml
12.	17	26	10	13	140	R= 4 adet/ml AF=0.6 adet/ml
13.	17	26	10	13	240	R= 2adet/ml AF=0.8adet/ml
14.	17	26	10	13	450	R= 2 adet/ml AF=0.5/ml EG=0.5 adet/ml
15.	17	26	15	14	450	R= 2 adet/ml AF=0.5/ml EG=0.8 adet/ml
16.	18	26	15	15	450	AF=0.4 /ml EG=0.6/ml EG ₁ =0.1/ml
17.	18	28	15	16	920	EG=1.2 adet/ml EG ₁ =0.3 adet/ml
18.	18	30	15	16	920	EG=1.2 adet/ml EG ₁ =0.3 adet/ml
19.	18	32	15	16	920	EG=1 adet/ml EG ₁ =0.5 adet/ml
20.	19	34	20-25	16	920	EG=1 adet/ml EG ₁ =0.5 adet/ml
21.	19	36	20-25	16	920	EG=1 adet/ml EG ₁ =0.5 adet/ml
22.	20	38	20-25	16	920	EG=1.2 adet/ml EG ₁ =0.8 adet/ml
23.	20	38	20-25	16	920	EG=1.0 adet/ml EG ₁ =1.0 adet/ml
24.	20	38	20-25	16	920	EG=0.8 adet/ml EG ₁ =1.2 adet/ml
25.	20	38	30-35	16	920	EG=0.6 adet/ml EG ₁ =1.4 adet/ml
26.	20	38	30-35	16	920	EG=0.4 adet/ml EG ₁ =1.6 adet/ml
27.	20	38	30-35	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
28.	20	38	30-35	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
29.	20	38	30-35	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
30.	20	38	40	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
31.	20	38	40	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
32.	20	38	40	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
33.	20	38	40	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
34.	20	38	40	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
35.	20	38	40	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
36.	20	38	40-50	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
37.	20	38	40-50	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
38.	20	38	40-50	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
39.	20	38	40-50	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml
40.	20	38	40-50	16	920	EG ₁ = 2 adet/ml

Baumann et al., 2012 pH değişimlerinin levrek larva gelişimi üzerine etkilerini incelemişler ve pH parametresinin larvanın evreleri ve embriyolojik gelişimi üzerine etkili olduğunu göstermişlerdir. Levrek yetiştiriciliği açısından larval evreler doku ve organların yaşam döngüsü içerisinde belirli dönemlerde işlevsel hale gelmesi larval üretim protokollerinin belirlenmesi açısından çok önemlidir. Bu gelişim aşamaları, bağırsak, üriner sistem solungaç ve deri olarak özetlenebilir (Cahu and Infante, 2001; Varsamos et al., 2002; Nebel et al., 2005).

2.2 Enzimler

Enzimler, sağlıklı sindirim ve sağlıklı bir organizma için gereklidir. Mide asidi ve safra gibi vücuttaki diğer kimyasallarla birlikte çalışarak, çok çeşitli vücut işlevleri için gıdaları moleküllere ayırmaya yardımcı olurlar.

Örneğin karbonhidratlar enerji için gereklidir, protein ise diğer işlevlerin yanı sıra kas inşa etmek ve onarmak için gereklidir. Ancak canlı tarafından emilebilen ve kullanılabilen formlara dönüştürülmeleri gerekir. Bu işlemlerin tüm akışlarında enzimler görev almaktadır. Canlının sağlık, organ işlevselliği, beslenme gibi ana yaşamsal faaliyetlerinin izlenebilmesinde son derece önemlidir. Bu yüzden son yıllarda enzim çalışmaları diğer bilim dallarıyla entegre olarak giderek artmaktadır.

2.2.1 Enzim Nedir?

Enzimler, organizmalarda katalizör (tepkime hızlandıran) reaksiyon hızını etkileyen, hücrelerden ekstre edilebilen ve daha sonra çok çeşitli olarak önemli tepkimeleri hızlandırmak için kullanılabilen biyolojik hızlandırıcılardır (biyokatalizörler olarak da bilinir) (Dinçkaya, 1997). 'Enzim' kelimesi ilk kez 1878'de Alman fizyolog Wilhelm Kühne tarafından mayanın ve şekerin alkol üretme yeteneğini tarif ettiği sırada kullanılmıştır.

Enzim Yunanca en ("içeride" anlamına gelen) ve zume ("maya" anlamına gelen) kelimelerinden türetilmiştir. Enzimler ancak 19. yüzyılın sonunda ve yirminci yüzyılın başlarında kavranmaya başlanmıştır (Robinson, 2015).

2.2.2. Enzimlerin Yapı ve Görevleri

Enzimler, hücreler içinde gerçekleşen kimyasal reaksiyonların neredeyse tamamını hızlandıran biyolojik moleküllerdir (tipik olarak proteinler). Yaşam için hayati önem taşırlar ve vücutta sindirime ve metabolizmaya yardımcı olmak gibi çok çeşitli önemli işlevlere hizmet ederler (Dinçkaya, 1997).

Enzimler, üç boyutlu yapıyı üreten lineer bir amino asit zinciridir. Amino asitlerin dizisi, enzimin katalitik aktivitesini tanımlayan yapıyı numaralandırır. Enzimin yapısı ısıtıldığında denatüre olur ve tipik olarak sıcaklığa bağlı olan enzim aktivitesinin kaybına yol açar.

Enzimler substratlarından daha büyüktür ve boyutları değişmektedir, bunlar altmış iki amino asit kalıntısından yağ asidi sentezinde mevcut olan ortalama iki bin beş yüz kalıntıya kadar değişmektedir. Yapının sadece küçük bir kısmı katalize karışır ve bağlanma yerlerinin yanında bulunur. Katalitik bölge ve bağlanma yeri birlikte enzimin aktif bölgesini oluşturur. RNA bazlı bir biyolojik katalizör görevi gören az sayıda ribozim vardır. Proteinlerle kompleks halinde reaksiyona girer. Daha önce, enzimlere onu keşfedenlerin isimleri verilmiştir. Daha ileri araştırmalarla sınıflandırma daha kapsamlı hale gelmiştir (Robinson, 2015). Uluslararası Biyokimyacılar Birliği'ne (IUB) göre, enzimler altı fonksiyonel sınıfa ayrılır ve katalizlemek için kullandıkları reaksiyon tipine göre sınıflandırılır. Altı enzim türü oksidoredüktazlar, hidrolazlar, transferazlar, liyazlar, izomerazlar ve ligazlardır (Dinçkaya, 1997).

2.2.3 Enzimlerin Çalışmasına Etki Eden Faktörler

Hem temel enzimatik mekanizmayı anlamak hem de enzim analizi için bir yöntem seçmek için enzim analizinde temel enzim kinetik teorisi önemlidir. Bir enzimin aktivitesini ölçmek için seçilen koşullar, substratının konsantrasyonunu ölçmek için seçilenlerle aynı olmaz. Çeşitli faktörler enzimatik reaksiyonların ilerleme hızını etkiler. Bunlar; sıcaklık, pH, enzim konsantrasyonu, substrat konsantrasyonu ve herhangi bir inhibitör veya aktivatör varlığıdır (Dinçkaya, 1997).

2.2.3.1 Konsantrasyon

Çoğu reaksiyonda olduğu gibi reaktanların konsantrasyonu reaksiyon hızını etkiler. Bu aynı zamanda enzim konsantrasyonu için de geçerlidir. Substrat veya enzim konsantrasyonu düşük olduğunda reaksiyon hızı daha düşük olur. Bir reaksiyonun meydana gelmesi için substrat ve enzimin etkileşime girmesi gerekir.

Birinin veya her ikisinin daha yüksek konsantrasyonları ikisi arasında daha yüksek etkileşime sebebiyet verir (Dinçkaya, 1997).

2.2.3.2 Substrat Konsantrasyonu

Belirli bir miktarda enzim varlığında bir enzimatik reaksiyonun hızı substrat konsantrasyonunun hızı arttıkça sınırlayıcı bir hıza ulaşıncaya kadar artar. Bundan sonra substrat konsantrasyonundaki daha fazla artış reaksiyon hızında önemli bir değişiklik yapmaz. Bu noktada o kadar çok substrat mevcuttur ki esasen tüm enzim aktif bölgelerinin kendilerine bağlı substratları vardır. Başka bir deyişle enzim molekülleri substrat ile doyurulur. Fazla substrat molekülleri zaten enzimlere bağlı olan substrat reaksiyona girip serbest kalana kadar reaksiyona giremez. Enzim substrata doyduğunda maksimum aktivitede çalıştığı kararlı durumda çalışır (Dinçkaya, 1997).

2.2.3.3 Enzim Konsantrasyonu

Enzim konsantrasyonu substratın konsantrasyonundan önemli ölçüde düşük olduğunda enzim katalizli bir reaksiyonun hızı doğrudan bir enzim konsantrasyonuna bağlıdır. Bu herhangi bir katalizör için geçerlidir. Katalizör konsantrasyonu arttıkça reaksiyon hızı da artar (Dinçkaya, 1997).

2.2.3.4 pH

Bazı enzimler en iyi asidik pH'larda çalışırken diğerleri nötr ortamlarda en iyi şekilde çalışır. Örneğin; midenin asidik ortamında (düşük pH) salgılanan sindirim enzimleri proteinlerin daha küçük moleküllere parçalanmasına yardımcı olur. Midedeki ana sindirim enzimi yaklaşık 1.5 pH'ta en iyi çalışan pepsindir. Bu enzimler diğer pH seviyelerinde optimal olarak çalışmayacaktır. Tripsin, yiyeceklerdeki protein zincirlerini daha küçük parçalara ayıran sindirim sistemindeki başka bir enzimdir. Tripsin, asidik bir ortam olmayan ince bağırsakta çalışır ve optimum pH'ı yaklaşık 8'dir. Farklı reaksiyonlar ve farklı enzimler belirli pH değerlerinde maksimum hızlarına ulaşacaktır. Bir enzim en çok yapısını koruduğu pH olan optimum pH'ında aktiftir ve maksimum reaksiyon hızına ulaşır. Çok yüksek veya çok düşük pH değerlerinde bir enzim sadece belirli bir işlevi olan protein olduğu için denatürasyon meydana gelir (Dinçkaya, 1997).

2.2.3.5 Sıcaklık

Reaksiyonlar da enzimin en etkili şekilde çalıştığı optimum sıcaklığa sahiptir. Daha yüksek ve daha düşük sıcaklıklarda enzimler çalışmaya devam edecek ancak oran daha az olacaktır. Birçok enzim düşük ve yüksek sıcaklıklarda işlevini kaybeder. Çok yüksek sıcaklıklarda şekilleri bozulur (Dinçkaya, 1997).

2.2.3.6 İnhibitör ve Aktivatörler

Enzimlerin örneğin sindirim enzimlerinin aktivasyonunu kazanabilmeleri için bazı enzim ya da iyonlarla tepkimeye girmesi gerekmektedir. Enzimatik tepkimelerin olduğu sırada ortamda istenmeyen iyon ya da kimyasal maddeler varsa bunlar enzim aktivasyonunu azaltır. Örneğin; ağır metal (Dinçkaya, 1997).

2.2.3.7 Zaman

Enzim substrat reaksiyonu sırasında yeni üretilen ürün belirli bir zamanda üretilir. Bu zamanın gecikmesi durumunda ortamda pH gibi değişimler gözlemlenebilir. Optimum değerlerden sapma enzim aktivitesini etkiler (Dinçkaya, 1997).

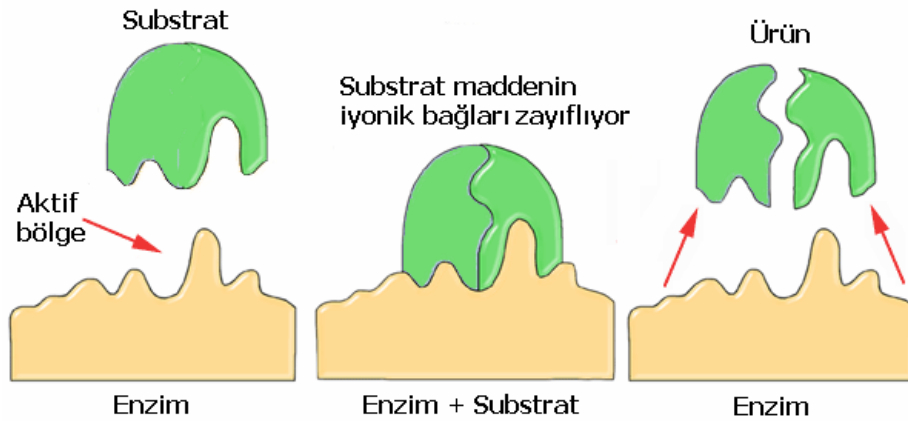
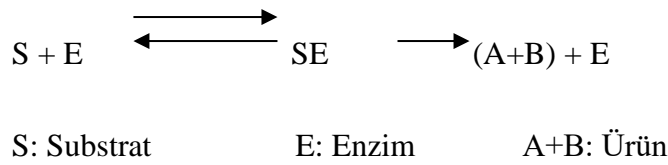
2.2.4 Sindirim Enzimleri

Vücut dışından alınan besin maddelerinin parçalanması ve vücut tarafından emilip enerjiye dönüştürülmesi işlemine basitçe sindirim denmektedir. Bu sürece çeşitli enzim ve salgılar dahil olmaktadır. Her besin maddesi için farklı bir enzim ya da salgı etkili olabildiği gibi bu salgı ve enzimler salgılandıkları bölgeye göre de farklılık göstermektedir (Çetinkaya, 1995; Hoşsu ve ark., 2001). Tablo 2.2'de Mide ve Pankreas Zimajenleri (Keha ve Küfrevioğlu, 2007) gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Mide ve Pankreas Zimojenleri (Keha ve Küfrevioğlu, 2007)

Proenzimler	Sentezlendiği Yer	Aktif Enzim
Tripsinojen	Pankreas	Tripsin
Kimotripsinojen	Pankreas	Kimotripsin
Pepsinojen	Mide	Pepsin
Prokarboksipeptidaz	Pankreas	Karboksipeptidaz
Proelastaz	Pankreas	Elastaz

Enzimler vücut olaylarında (anabolik ve katabolik) katalizör maddeler oldukları için sindirim genel hatlarıyla bu maddelerin uyumuna bağlıdır. Enzimin etkileşime girdiği madde olan substratla arasında uyum reaksiyonu başarısını belirler. Reaksiyon gerçekleştikten sonra enzim substratından ayrılır. (Çetinkaya, 1995; Hoşsu ve ark., 2001; Köprücü, 2008). Bu maddeler proteinlerden oluşmaktadır. Protein olamayan ancak reaksiyon için gerekli olan enzim bölümüne de koenzim denmektedir (Çetinkaya, 1995; Hoşsu ve ark., 2001). Şekil 2.6'da substrat enzim mekanizması gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Substrat enzim mekanizması (Gözükara, 1997).

2.4 Açlık ve Telafi Edici Büyüme

Açlık, bir organizmanın yaşamını sürdürmek için gereken seviyenin altında, kalori enerji alımında ciddi bir eksikliktir. Yetersiz beslenmenin en uç şeklidir. Canlılarda uzun süreli açlık, kalıcı organ hasarına neden olabilir ve nihayetinde ölüme yol açar.

Telafi edici büyüme ve telafi edici kazanç olarak bilinen telafi edici büyüme, özellikle besin yoksunluğunun bir sonucu olarak yavaşlamış bir gelişim döneminden sonra bir organizmanın hızlandırılmış büyümesidir. Büyüme ağırlık veya uzunluk (veya insanlarda boy) açısından olabilir. Örneğin, çoğu zaman beslenme kısıtlaması yaşayan hayvanların vücut ağırlıkları zamanla böyle bir stres yaşamamış hayvanların vücut ağırlığına benzer hale gelir. Yüksek telafi edici büyüme oranlarının, organizmanın normal ağırlığı aştığı ve sıklıkla aşırı yağ birikimine sahip olduğu aşırı telafiye neden olması mümkündür.

Bir organizma ek süre olmadan normal ağırlığa ulaşabilir. Bazen besin kısıtlaması şiddetli olduğunda, büyüme süresi normal ağırlığa ulaşacak şekilde uzatılır. Besin kısıtlaması yeterince şiddetli ise, organizma normal ağırlığa ulaşamayacağı sürekli bodur büyümeye sahip olabilir. Genellikle hayvanlarda, karbonhidrat ve protein kısıtlamaları tamamen iyileşir.

Ancak kimi zaman bu aç bırakma ya da döngülü besleme gibi uygulamalar üreticilerin karşısına zorunlu olarak çıkmaktadır. Özellikle son yıllarda dünyadaki *Artemia* stoklarında yaşanan dalgalanmalar, kist kalitesindeki negatif değişimler ve kistlerdeki biyokimyasal besin madde kompozisyonunun bozulması, kültür sırasında yaşanan inkübasyon problemleri gibi olumsuz koşullar *Artemia* ile süren larval besleme rejimlerini olumsuz etkilemekte bu da larval üretimde büyüme parametrelerini son derece olumsuz etkilemektedir.

Yukarıda özetlenen bu olumsuz koşulların ardarda ya da eş zamanlı ortaya çıkması durumlarında üreticiler ister istemez yetersiz besleme ya da açlık gibi bir olgu ile karşılaşacaklardır. Ayrıca var olan yetersiz miktardaki canlı yemin en doğru döngülerle verilmesi yani döngülü ve kısıtlı besleme de ayrı bir profesyonelliği ve bilimsel alt yapıyı gerektirmektedir.

2.4.1 Balıklarda Telafi Edici Büyüme

Balıklarda telafi edici büyüme, bir büyüme depresyonu döneminden sonra uygun koşullar geri yüklendiğinde hızlandırılmış bir büyüme aşamasıdır. Telafi edici büyüme, boy farklarını azaltır, sabit büyüme hızındaki duraklamaların etkilerini dengeler. Bu yüzden balıkçılık yönetimi, su ürünleri yetiştiriciliği ve yaşam öyküsü analizi için önemlidir.

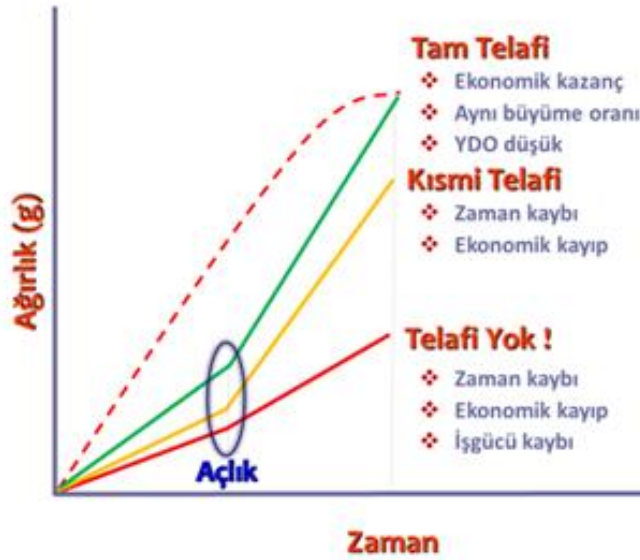
Telafi edici büyüme hem bireysel olarak barındırılan hem de gruplandırılmış balıklarda tipik olarak tam veya kısmi gıda yoksunluğu ile büyüme depresyonunun indüklenmesinden sonra gösterilmiştir. Kısmi, tam ve aşırı telafinin tümü balıklarda gözlemlenmiştir. Ancak aşırı telafinin yalnızca yoksunluk ve doyumluk beslenme döngüleri uygulandığında ortaya çıktığı görülmüştür. Telafi büyümesinin kısmen hiperfajiye bir yanıt olduğu gözlemlenmiştir. Büyüme depresyonunun şiddeti maksimum günlük beslenme hızından ziyade hiperfajik fazın süresini artırır. Birçok çalışmada telafi büyümesi sırasında büyüme verimliliğinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Metabolik hız ve yüzme aktivitesindeki değişikliklerin nasıl bir rol aldığı henüz tanımlanmamıştır.

Besin yoksunluğu dönemleri, balıkların depolama rezervlerinde özellikle lipidlerde değişikliklere neden olur. Somatik büyüme yörüngelerinin restorasyonu için güçlü kanıtların yanı sıra telafi büyümesi lipid seviyelerini geri kazanmaya yönelik bir kanıttır. Nöropeptid- Y dahil olmak üzere birçok nöropeptid iştahın kontrolünde yer alsa da bunların rolü halen tanımlanmamıştır. Hiperfajide, büyüme hormonu ve insülin benzeri büyüme faktörü tanımlanmamıştır.

Telafi büyümesinin avantajları muhtemelen teleostların özelliği olan diyetin boyut bağımlılıkları ile ilgilidir. Bu boyut bağımlılıkları çevresel faktörler izin verirse büyüme depresyonunun etkilerinden kurtulmayı destekler. Ancak balıklarda yüksek büyüme oranları üreme, yüzme performansı, gelişme üzerine olumsuz etkiler getirebilir. Doğada ise hiperfaji yırtıcıların varlığında daha riskli davranışlara yol açabilir. Telafi büyümesinin evrimsel sonuçları büyük ölçüde keşfedilmemiştir. Hayvanların neden fizyolojik kapasitelerinin altındaki oranlarda büyüdüğünün ya da fizyolojik kapasitelerinin üstündeki oranlarda büyüdüğünün anlaşılması bu kısıtlayıcı ya da arttırıcı faktörlerin belirlenmesi yaşam döngüsünü anlamak açısından çok önemlidir.

2.4.1.1 Telafi Büyümesini Etkilen Faktörler

Telafi büyümesi çalışmalarında çeşitli faktörlere bağlı olarak yüksek telafi, tam telafi, kısmi telafi ya da telafi büyümesi yaşanmayan sonuçlar alınabilir (Jobling, 1994). Telafi büyümesinin şiddetini birçok faktör belirleyebilir. Telafi büyümesi seviyeleri şekil 2.7' de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Telafi büyümesi (Gaylord and Gatlin, 2001, Ali et al., 2003)

2.4.1.2 Besleme Protokolleri

Yapılan çalışmalarda telafi büyümesinin şiddeti, kullanılan besin kalitesi ve beslenme protokolleri ile ilgili olduğu ortaya çıkarılmıştır. (Björnsson et al, 1992). Telafi büyümesi durumunu hazırlanan yem protokollerinin şekli belirler. Ayrıca açlık süresi de bu durumda etkilidir. Açlık süresinin türe, yaşa göre belirli limitleri vardır (Xie et al., 2001).

2.4.1.3 Sıcaklık

Mevsimsel olmayan düşük sıcaklıkların besin alımını etkileyeceğinden telafi büyümesi sonuçlarını etkileyebilir. (Nicieza and Metcalfe, 1997)

2.4.1.4 Ontogenetik Değişimler

Telafi edici büyümenin seviyesi canlının ontogenetik değişimleri, üreme durumu, cinsel olgunlaşma durumu gibi dönemlerde farklılık gösterebilir. Ancak bunlarla ilgili çok az çalışma vardır. Teleostların larval dönem beslenmesinde, doğal dönemlerinde yeme ulaşma, yem boyutunun küçüklüğü gibi sebeplerden dönemsel açlığa daha fazla maruz kaldıkları düşünülmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda ontogenetik gelişim gibi sebeplerle açlıktan ölme riski daha yüksektir (Miller et al, 1988). Besleme dağılımı erken dönem balık larvalarında planktonik açıdan düzensizdir. Bu da açlığın yarattığı riskleri artırır. (Mackas et al, 1985; Owen, 1989)

Miller et al., 1988 yılında gıda yoksunluğu yeterince uzun ise türe göre değişmekle birlikte ontogenetik değişim süresince balıkların 4 ila 25 gün içerisinde açlıktan ölebileceğini bildirmiştir.

Letcher et al., 1996 tatlı su levreği (*Perca fluviatilis*) üzerine yaptıkları çalışmada aç bıraktıkları levreğin telafi büyümesi verilerini incelemişler ve 4 günden fazla süren açlıkta ölüm, doku kaybı, ağırlık kaybı gözlemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre kısa ve sık aç bırakma işlemleri telafi büyümesi gösterebilmesine rağmen, uzun aç bırakma denemelerinin yeterli verimi sağlamadığı gözlemlenmiştir.

2.4.1.5 Mevsimsel Değişimler

Balıkların telafi büyümesini ne ölçüde gerçekleştireceği, balığın hangi mevsimde ve hangi çevresel faktörlerde aç bırakıldığıyla doğrudan ilişkilidir.

Metcalf et al., Atlantik somonlarında (*Salmo salar*) 2002 yılında yaptıkları çalışmada yaz ve kış telafi büyümesi denemelerinden farklı sonuçlar almıştır.

2.4.1.6 Seksüel Olgunluk ve Üreme

Çevresel koşulların ve beslenme durumunun olgunlaşma üzerine güçlü değiştirici etkileri olabilir. Gonad üretim enerjisi de telafi büyümesi açısından kısıtlayıcı faktör olabilir. Ancak bu konudaki araştırmalar şimdilik yetersizdir.

2.5 Önceki Çalışmalar

Dünyanın sürekli artan deniz ürünleri talebini karşılamaya yardımcı olmak ve gelişmekte olan ülkelerdeki insanlara sağlıklı protein sağlarken doğal avcılık üzerindeki baskıyı azaltmak için su ürünleri yetiştiriciliğine veya balık yetiştiriciliğine ihtiyacı vardır. Su ürünleri yetiştiriciliği, dünyada en hızlı büyüyen gıda üretim sektörüdür. Bu sektörün ihtiyaçlarını karşılamak, besleme ve yetiştiricilik protokollerinin verimi arttırmak adını birçok çalışma yapılmaktadır.

2.5.1 Tür Üzerine Yapılmış Genel Çalışmalar

Levrek, Akdeniz bölgesi ve Türkiye için son 30 yılda önemini katlayarak arttırmaktadır. Levrek biyolojisi, üremesi yetiştirme sistemleri beslenme alışkanlıkları ile ilgili birçok yayın olsa da türün ekonomik önemi her yapılan iyileştirmeyi ve araştırmayı önemli hale getirmektedir.

Lupatsch et al., besleme periyotlarını optimize etmek adına 2001 yılında yaptıkları çalışmada üretim prosesi içerisindeki çeşitli boylardaki levrekleri belirli bir süre aç bırakarak besleme yaptıkları grupla aralarındaki farkı hesaplamaya çalışmışlardır. Bu çalışmada her açlık dönemindeki enerji ve protein kaybını belirlemişler. Her boydan levrek balıklarında yaptıkları protein ölçümlerinde 171 g/kg değerine ulaşmışlar. Ancak hasat öncesi aç bırakılan levreklerde hem protein kaybı hem de enerji kaybı tespit etmişlerdir.

2.5.2 Enzimatik Çalışmalar

Son 40 yılda yapılan araştırmalar teknolojinin de gelişmesiyle balıkların beslenme biyolojisinin anlaşılması adına enzimlerin önemli rolleri olduğunu ortaya koymaktadır. Balıklarda enzim çalışmalarının öncelikli odaklandıkları kısım kültürü yapılan balıkların hangi besin maddesini hangi dönemde efektif bir şekilde genetik, enzimoloji gibi alanlar iç içe girmiş ve birçok çalışmada birlikte çalışılmıştır.

Kamacı et al., (2010) sivriburun karagöz (*Diplodus puntazzo*) üzerine çalışmışlar ve sivriburun karagözlerin morfolometrik gelişimleri incelenmiş, ayrıca sindirim sistemi gelişimi takip edilerek tripsin aktivitesi araştırılmıştır. Bu araştırma, larvalar 40 günlük oluncaya kadar devam etmiştir. Pankreasın gelişimi histolojik analizlerle, tripsin aktivitesi ise enzim analizleriyle tespit edilmiştir. Larva, $2,87 \pm 0,34$ mm total boya ulaştığında yumurtadan çıkışın ilk günü, tripsin aktivitesi ($42,54 \pm 6,8$ mU/mg protein⁻¹) saptanmıştır. Dış beslenmeye de başlanılan 10. güne kadar tripsin enzim aktivitesinde artış gözlemlenmiş ($119,26 \pm 11,6$ mU/mg protein⁻¹) ve 25. gün en yüksek değer olarak saptanmıştır. Çalışma sonucunda larval gelişim ile gelişen pankreasın tripsin aktivitesindeki artış da göze alındığında gastrointestinal sistem için pankreas gelişiminin önemli olduğu belirtilmiştir.

Infante and Cahu, 1994 yılında levreklerde erken dönem sövraj üzerine çalışmıştır. Yaptıkları çalışmada ağız açılımından ve dış beslenmenin başlamasından itibaren bir grubu 10, 15, 20 ve 25. günlerde mikropartikül toz yemler ile beslemişlerdir. Kontrol grubu ise canlı yem (*Artemia*) ile beslenmiştir. İki grup arasında pankreatik enzimler olan tripsin amilaz farklılıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca leusin amino peptidaz ve γ -glutamil transpeptidaz ve alkalın fosfatazin enzim aktivitelerine etkileri araştırılmıştır. Mikropartikül toz yem girişinden hemen sonra larva davranışlarında hareketlilik gözlemlenmiş bunun yem içeriğindeki nişastadan olabileceği düşünülmüştür. Bağırsak enzim hareketliliği mikropartikül toz yem girişinden itibaren artış göstermiştir. Çalışma sonucunda değerlendirilen enzim aktivitelerinin sonuçları erken dönem mikropartikül toz yeme geçişin pankreatik enzimlerinin salgılanmasında gecikmeye sebep olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma beslenme niteliğinin enzim aktiviteleri üzerine etkisi olduğunu göstermiştir.

Infante and Cahu, (1994) levrek larvaları ile yaptıkları çalışmada mikropartikül toz yem içeriğine aminoasit ve balık unu ilave etmiştir. Kontrol grubu ise rotifer ve *Artemia* canlı yemleri ile beslenmiştir. İlk pepsin aktivitesi 24. günde gözlemlenmiştir. Aminoasit ilave edilen mikropartikül toz yem grubunda ise tripsin aktivitesi göreceli artmıştır. Bu çalışmada pepsin enziminin sindirimde önemli bir yer almasına rağmen tek faktör olmadığı gözlemlenmiştir.

Nolting et al., (1998) levrek larvalarının yumurta çatladıktan sonra 27 günlük bir süreç boyunca gözlemlenmiştir. Çalışma süresince deneme grubu toz yem verilerek kontrol grubu ise canlı yem verilerek beslenmiştir. Canlı yem verilen grubun tripsin değerleri toz yem alan gruba göre yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada beslenme şekli ve niteliğinin larval enzimler üzerine etkili olduğu kanaatine varılmıştır.

Suzer et al., (2007a); sivriburun (*Diplodus puntazzo*) yetiştiriciliğinde sövraj dönemi boyunca (50. güne kadar) larvaların pankreatik ve sindirim enzimlerini incelemiştir. Yapılan bu çalışmada açık devre sistem, yeşil su tekniği 3 tekrarlı olarak uygulanmıştır. Çalışmada tripsin aktivitesi ağız açılımla birlikte tespit edilmiş ve günler geçtikçe 25. güne kadar artış göstermiştir. 25. günden sonra 50. güne kadar hızlı bir düşüş gözlenmiştir. Ağız açılımdan 2 gün sonra amilaz tespit edilmiş, 10. güne kadar artışını göstermiştir. Amilaz seviyesi 10-20. günler arası düşmüş, 20. günden sonra 50. güne kadar büyük değişimler göstermemiştir. 4. günde tespit edilen lipaz, 25. güne kadar düşük artışlar kaydetmiştir. Sivriburun karagöz larvaları 32. günde mide oluşumunu gerçekleştirmiş ve ilk pepsin aktivitesi 32. günde tespit edilmiştir. Pepsin aktivitesi 40. güne kadar yüksek artış göstermiş ve 40. günden sonra pepsin aktivitesinde dalgalanmalar tespit edilmiştir. Aminopeptinaz N ve alkalın fosfataz ilk 10 gün boyunca değişim göstermemiştir. Alkalın fosfataz aktivitesi 15. güne gelene kadar yavaş azalma eğilimi göstermiş ve 20. güne kadar ise dalgalanmalar görülmüştür. Aminopeptinaz N aktivitesi ise 20. güne kadar hafif bir azalma eğilimi göstermiştir. Her iki microvillus epitel enzimleri 30. güne kadar hızlı bir yükseliş sergilemiştir.

Suzer et al., (2007b) fangri (*Pagrus pagrus*) üzerine çalışmışlar ve yaptıkları çalışmada enzimatik gelişimi incelemiştir. Larval dönem boyunca yapılan çalışma 3 tekrarlı yapılmış, ayrıca açık devre sistem ve yeşil su tekniği kullanılmıştır. Bütün vücut homojenatı kullanılan enzim analizleri 3. günden 30. güne kadar yapılmıştır. Çalışmada enzimsel değişimlerin doku organ gelişimiyle ilgili ve sövraj ile ilgili olduğu gösterilmiştir. Fangri larvalarında ağız açılımı 3. günde izlenmiş, açılımla beraber tripsin ve kimotripsin enzimleri tespit edilmiştir. Bu enzimlerin yoğunluğu 23. güne kadar yavaş bir artış göstermiştir. Spesifik aktivitenin ise bu dönemde azalmakta olduğu bildirilmiştir. Fangri balıklarında mide oluşumu 28. günde tespit edilmiş, ilk pepsin aktivitesi de bugün gözlemlenmiş ve bu aktivite 30. güne kadar

artış göstermiştir. Çalışmanın ilk 7 gününde amilaz ve lipaz aktiviteleri benzerlik göstermiş, amilaz 2. günde ve lipaz 4. günde tespit edilmiştir. Amilaz ve lipaz aktiviteleri 30. güne kadar büyük farklılıklar göstermemiştir. Çalışma sonuna kadar amilaz ve lipaz aktiviteleri artmış ve çalışma sonunda enzimatik değişimlerin besin değişimleriyle ve doku organ gelişimiyle ilişkisi olduğu gösterilmiştir. Ayrıca daha önce yapılan çalışmalarda tespit edilen diğer Sparid türlerinin enzim aktiviteleri fangri ile de benzerlik gösterdiği vurgulanmıştır.

2.5.3 Telafi Büyümesi ve Açlık Çalışmaları

Bavçeviç et. al., 2010 yılında yaptıkları çalışmada çipura (*Sparus aurata*) balığı üzerine çalışmıştır. Çalışmada çipurada açlığa bağlı telafi büyümesi incelenmiş ve çalışmada 60 günlük bir deneme grubu oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda FCR (besin dönüşüm oranı) ve boyca uzamanın telafi edilip edilmediği araştırılmıştır.

Xu et. al., 2019 yılında yaptıkları çalışmada ot sazani (*Ctenophorygodon idellus*) üzerine çalışmıştır. Çalışmada değişik besleme rejimlerinin iskelet kas sistemi büyümesi ve moleküler mekanizma üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmanın amacı aç bırakılan balıkların daha sonra yeniden beslenmesiyle büyüme kas özellikleri ve gen ifadelerinin gösterdiği değişimleri araştırmaktır.

Chatzifotis et al., 2011 yılında yaptıkları çalışmada açlık ve yeniden beslemenin levrek üreme indeksleri, vücut ağırlığı, plazma metabolitleri ve oksidatif enzimleri üzerine etkisini çalışmışlardır. Yemleme deneyi, ayrı ayrı PIT etiketleri ile işaretlenmiş 72 kuluçkahanede yetiştirilmiş balık kullanılarak, Helenik Deniz Araştırmaları Merkezi, Su Ürünleri Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir. Balıklar 12 aylık, 289 ± 34 g (ortalama \pm standart sapma) ağırlığında ve tek bir stoktan elde edilmiştir.

Echevarria et al., 1997 yılında yaptıkları Bitometrik indekslerin ve Plazmanın evrimi başlıklı çalışmada uzun süreli açlık sırasında levreklerde metabolitlerin değişimini çalışmış ve 2 yaşındaki dişi ve erkek levrekler 4 ay boyunca adaptasyon

tanklarında tutulmuştur. Daha sonra 150 güne kadar aç bırakılmışlardır. Bu süre zarfında kan ve doku örnekleri alınmıştır.

Caruso et.al, 2011 yılında yaptıkları çalışmada levrek ve kara benekli mercanda (*Pagellus bogaraveo*) büyüme, hematolojik, biyokimyasal ve spesifik olmayan bağışıklık parametrelerinin kısa süreli açlığa verdiği tepkiyi incelemiştir. Bu çalışmada levreklerde büyüme, hematolojik (hematokrit), biyokimyasal (serum kortizol ve glikoz) ve spesifik olmayan immün (lizozim, serum hemolitik ve hemaglutinasyon aktiviteleri, hücre dışı solunum patlama aktivitesi) parametreleri izlenmiştir. Sağlık durumu göstergelerinin yem yoksunluğuna tepkilerini değerlendirmek için, beslenen balığa kıyasla deneme grubu 31 gün açlığa maruz bırakılmıştır. Her iki türün hematokrit, serum kortizol, glukoz ve hemolitik aktivitelerinde açlıktan sonra, muhtemelen kısa süre uygulanan açlık nedeniyle önemli bir değişiklik görülmezken, bazı spesifik olmayan bağışıklık parametreleri önemli ölçüde etkilenmiştir. Aç bırakılan levrekte, mukus lizozim içeriği, başlangıç değerine kıyasla iki katına çıkmış (1.8 U/mL) ve 31 gün sonra aç bırakılan levreklerde hemaglutinasyon aktivitesi, beslenen balıklara göre önemli ölçüde daha düşük tespit edilmiştir. Çipurada ise, açlıktan 11 gün sonra hemaglutinasyon aktivitesinde hafif, önemli olmayan bir azalma meydana gelmiş ve aç bırakılan balıklarda solunum patlaması aktivitesi önemli ölçüde azalmıştır. İncelenen sınırlı sayıda parametreye rağmen, balıklarda sağlık durumunun daha eksiksiz bir resmini elde etmek için çeşitli göstergelerden oluşan bir panel kullanma fırsatı vurgulanmış ve aç bırakılan gruplarda ölümler tespit edilmeye başlanmıştır.

Davis and Gaylord, 2011 yılında yaptıkları çalışmada levrek ve çipuranın deneysel olarak tetiklenen kısa süreli açlığa fizyolojik tepkisi, balık sağlığının göstergeleri olarak kullanılan biyometrik, hematolojik, biyokimyasal ve immünolojik parametrelerden oluşan bir panel aracılığıyla araştırılmıştır. Kültür koşullarındaki hayvanların refahına ilişkin Avrupa Komisyonu (EC, 2002) yemden yoksun bırakıldıktan sonra, aralarında levreklerinin de bulunduğu birçok balık türü, normal beslenmeye geri döndüğünde telafi edici büyüme sergiler. Bu, genellikle birkaç gün ile 4 hafta arasında değişen kısa açlık sürelerinin neden olduğu fizyolojik değişikliklere artan ilginin yöneltmesinin nedenidir. Balıklarda açlığın etkileri, çoğu metabolik ve hematolojik parametrelere odaklanan birçok çalışma ile araştırılmıştır. Levreklerde kısa bir açlık süresi (21 gün), yavrularda olduğu kadar

yetişkinlerde de (Alliot et al., 1984) hepatosomatik indeks düşüşü ve güçlü kilo kaybı ile bağlantılı olarak karaciğer glikojen ve trigliseritlerinin yoğun mobilizasyonuna yol açar (Gutiérrez et al., 1995) iken 50 günlük aç bırakılan yetişkinlerde, önemli kas bileşimi değişiklikleri olmaksızın bağırsak lipid rezervlerinin tükenmesi ve plazma proteinlerinin azalması gözlemlenir (Echevarría et al., 1997). Biyometrik ölçümler, levreklerde sadece 31 günlük açlıktan sonra önemli olmasına rağmen hem aç levrek hem de çipurada kilo kaybının meydana geldiğini göstermiştir. Levreklerde açlıktan 20 gün sonra standart boy değerleri önemli ölçüde azalmıştır. Kısa dönemler (1-2 ay) farklı balık türlerinde sınırlı bir etki gösterdiği tespit edilmiştir (Foster and Moon, 1991; Navarro and Gutierrez, 1995). Spesifik olmayan bağışıklık tepkisi parametrelerinden lizozim, açlıktan 31 gün sonra levrek mukusunda aktivite değerlerini ikiye katlarken, plazma ve böbrekte önemli bir etki gözlenmemiştir. Deney sırasında kaydedilen değerler, açık denizde kafes yetiştirme nedeniyle kronik stres altındaki levrek plazmasında (aralık: 1.58e2.45 U/mL) rapor edilenlerle aynı büyüklük sırasına sahip olduğu izlenmiştir (Caruso et al., 2005). Aç mercanlarda, lizozim içeriği beslenen balıklardan daha düşük tespit edilmiştir. Bağışıklık sisteminin aktivasyonunun (Fletcher and White, 1973; Studnicka et al., 1986) yanı sıra stresin (Demers and Bayne, 1997) lizozim değerlerinin artmasıyla sonuçlandığı bildirilmiş; ancak balık türüne, organizmanın yaşına, boyutuna ve cinsiyetine, incelenen dokunun tipine ve ayrıca çevresel faktörlere bağlı olarak lizozim aktivitesinde artış veya azalma meydana gelebildiği belirtilmiştir (Bowden, 2008). Bu çalışmada, hemaglutinasyon titreleri, açlıktan 31 gün sonra aç kalan levreklerde, beslenen balıklara göre önemli ölçüde daha düşük tespit edilirken çipurada ise açlıktan 11 gün sonra kaydedilen hafif bir düşüş dışında, hemaglutinasyon aktivitesinin açlıktan etkilenmediği tespit edilmiştir.

Antonopoulou et al., 2013 yılında yaptıkları çalışmada levreklerde açlık ve yeniden beslemenin HSP ekspresyonunu ve antioksidan enzim aktivitelerin değişimlerini çalışmıştır. Balıklarda (doğa ve yetiştiricilik) gıda yoksunluğu bağlamında, su ürünleri yetiştiriciliği bölümünde açlığın neden olduğu stresi en aza indirecek stratejiler geliştirmek için hücresel tepkilerin anlaşılması gereklidir. Bu çalışma, uzun süreli açlığın (1F–3S: bir aylık beslenme–üç aylık açlık) ve açlığın/yeniden beslenmenin (2S–2K: iki aylık açlık–iki aylık yeniden beslenme)

levreklerde kontrol grubu (4F-0S: dört aylık beslenme-sıfır ay açlık) bağırsak, karaciğer, kırmızı ve beyaz kası gibi organlarda hücrel stres tepkisi ve antioksidan savunma üzerine etkilerini değerlendirmektedir. Moleküler tepkiler, Hsp70 ve Hsp90'ın ekspresyonu, stresle aktive olan protein kinazların ve özellikle p38 mitojenle aktive olan protein kinazın (p38 MAPK) ve hücre dışı sinyalle düzenlenen kinazların (ERK-1/2) fosforilasyonu yoluyla ele alınmıştır. Gıda yoksunluğu ve/veya yeniden beslenmenin neden olduğu oksidatif stresin etkisinin belirlenmesi için glutatyon peroksit (GPx), katalaz (CAT) ve süperoksit dismutaz (SOD) gibi antioksidan enzimlerin (maksimum) aktivitelerinin yanı sıra tiyobarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) belirlenmesi çalışılmıştır. Deneysel besleme denemeleri, sadece stresli açlık sürecinde değil, aynı zamanda yeniden besleme sırasında da levreklerin hücrel ve antioksidan kapasitesi üzerinde doku farklı bir tepkiye neden olmuştur. Spesifik olarak, 2S-2F balık grubunda ERK'lerin bağırsak fosforilasyonu ve antioksidan enzimatik aktiviteler artarken, 1F-3S grubunda GPx dışında aynı proteinlerin seviyelerinde bir artış tespit edilmiştir. 2S-2F balıklarının karaciğerinde ve kırmızı kasında, Hsp70 ve fosforile edilmiş p38 MAPK seviyelerinde azalma ve Hsp90 seviyelerinde artış gözlemlenmiştir. Ek olarak, 2S-2F ve 1F-3S gruplarının kırmızı kasında SOD aktivitesi azalmış ve 1F-3S grubunun karaciğer ve kırmızı kasında Hsp70 seviyeleri artarken, karaciğerde p38 MAPK aktivasyonu azaldığı tespit edilmiştir. Gıda yoksunluğu yaşlanmayı (Vogt & Richie, 1993), iskemi reperfüzyon hasarını (Domenicali et al., 2001), kimyasallara karşı toksisiteyi ve belirli patolojik durumlarda morbiditeyi artırdığı belirtilmiştir. Levrekte antioksidan enzimlerin aktivitesine ilişkin bu çalışmada elde edilen veriler, çoğunlukla bağırsakta artan oksidatif stres gösterirken, incelenen diğer dokularda kontrol besleme denemesine kıyasla genellikle aynı veya daha düşük bulunmuştur. Levrekteki sonuçlara benzer şekilde Bayır ve ark. (2014) kahverengi alabalıkta (*Salmo trutta*) gıda yoksunluğunun antioksidan enzim aktivite düzeylerinin artmasına yol açtığını, yeniden beslemenin ise tüm vakalarda antioksidan enzim aktivite kontrol değerleri ile sonuçlanmadığını bulmuştur. Besin yoksunu Atlantik morinasında (*Gadus morhua*) ise bağırsak oksidatif strese nispeten dirençli olduğu bildirilmiştir (Olsen et al., 2008). Balıkların maruz bırakıldığı beslenme kısıtlaması, kükürt amino asitlerinin takviyesini ve dolayısıyla en derin azalmaların açlık deneysel denemelerinde gözlemlendiği levreklerin beyaz kasındaki glutatyon peroksit seviyelerini etkilemiş olabildiği belirtilmiştir. Ayrıca

beyaz kas, diğer dokulara göre daha az kan ve buna bağlı olarak daha az oksijen ile beslendiği için anaerobik bir kastır (Tripathi and Verma, 2004; Tuckey and Davison, 2004). Daha sonra, muhtemelen daha az antioksidan savunmaya ihtiyaç duyan oksidatif strese karşı daha dirençlidir. Levrek karaciğerinde antioksidan enzim düzeylerinde önemli bir değişiklik gözlenmediği bu çalışmanın sonuçlarının aksine, gıda kısıtlaması *S. aureus*'ta superoksit dismutaz, glutatyon redüktaz, glutatyon peroksidaz ve katalaz gibi antioksidan enzim aktivitelerini sinaritte (*Dentex dentex*) önemli ölçüde artırmakta iken (Pascual et al., 2003; Morales et al., 2004) aç bırakılan morina balıklarının karaciğerinde katalaz aktivitesini azalttığı bildirilmiştir (Guderley et al., 2003). Yeniden besleme ile ilgili olarak Furné et al. (2009), hem gökkuşuğu alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) hem de mersin (*Acipenser naccarii*) balığında karaciğer dokusunda ve kırmızı kan hücresinde 60 günlük yeniden besleme döneminden sonra oksidatif stres belirtilerinin saptanabilir kaldığını bildirmiştir. Chatzifots et al., (2011), 1F-3S levrek karaciğerinde HOAD aktivitesinin arttığını, kırmızı kasta olduğu gibi azaldığını, artmış ve azaldığını ortaya çıkardığını göstermiştir.

Yaptığımız bu çalışmada levrek balığında açlığın enzimatik, histolojik ve morfometrik açıdan incelenmesi ele alınmıştır. Bu inceleme levrek larvalarının metamorfoz öncesi erken dönemini kapsamakta olup yapılan enzimatik, histolojik ve morfometrik analizler erken dönemde açlığın, levrek larvaları üzerindeki etkisinin anlaşılmasını hedeflemiştir.

uygulamaları yapmaktadır. Denemede kullanılan yumurtalar levrek doğal üreme dönemi içerisinde temin edilmiş olup doğal periyot yumurtaları kullanılmıştır. Denemede kullanılacak yumurtaları sağlayan anaçlar üzerinde herhangi bir hormon (LHRH) kullanılmamıştır. Anaç ünitesi levrek bölümü yumurta dönemi su sıcaklığı 14 °C olarak ayarlanmış ve yumurta alım işlemi bu sıcaklıkta gerçekleşmiştir. Temin edilen levrek yumurtaları kollektörde yüzebilirlik testinden geçirilerek ölü-canlı yumurta ayrımları yapılmıştır, canlı olarak alınan yumurtalar iyodin (100ppm) ve tiyosülfat çözeltileriyle dezenfekte edilmiştir.



Şekil 3.2 Akvatek firmasına ait anaç tankları

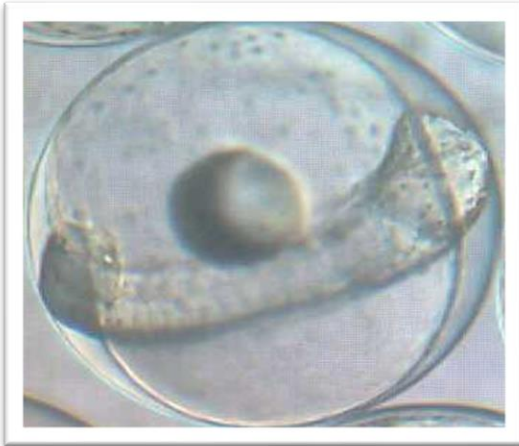
3.3 İnkübasyon

Yumurtalar steril taşıma kapları vasıtasıyla 350 litre hacme sahip 300 µm net kullanılan mekanik filtrasyonlu inkübatörlere taşınmıştır. Kullanılan inkübatörlerde stok yoğunluğu 3000 adet litre şeklinde ayarlanmıştır. İnkübasyon süresince suyun fizikokimyasal parametreleri tuzluluk ‰38,2, çözünmüş oksijen seviyesi 7,8-8,1 mg/lt, havalandırma 4lt/dk, sıcaklık 14,0-14,5 °C, su debisi 6-8 lt/dk şeklinde ve ortam aydınlatması mutlak karanlık olarak ayarlanmıştır. Şekil 3.3'te inkübatör tankları gösterilmiştir.



Şekil 3.3 İnkübatör tankı

Yumurtaların tamamı çatlayıncaya kadar beklenmiş ve inkübasyon işlemi havalandırma ve su girişini kapatılarak sonlandırılmıştır. 14,0-14,2 °C’de hazır bekletilen larva yetiştirme tanklarına havalandırması kapatılınca yüzeye çıkan larvalar hassas bir şekilde transfer edilmiştir. Şekil 3.4’te inkübasyon sırasındaki yumurtalara ait ortalama değerler verilmiştir.



Yumurta çapı(μm) 1088 \pm 22

Yağ Damlası Çapı(μm) 246 \pm 14

Şekil 3.4 İnkübasyon ortalama değerler

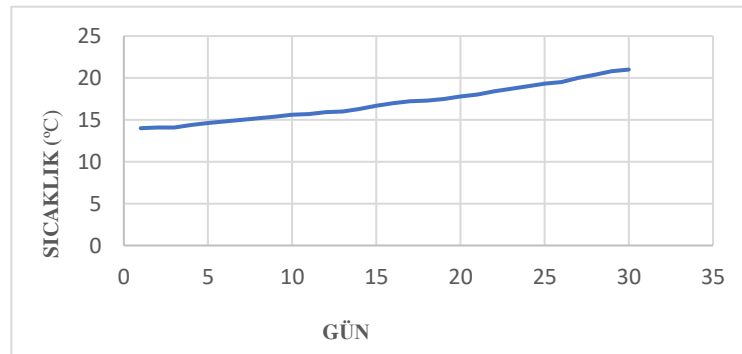
3.4. Deneme Düzeni

Yapılan bu çalışmada yumurtadan yeni çıkan levrek larvaları kullanılmış olup, deneme kontrol, deneme grubu 1 (D1) ve deneme grubu 2 (D2) olmak üzere toplamda 3 grup olarak tasarlanmış ve gruplar 3 tekrarlı olacak şekilde düzenlenmiştir. Kontrol grubundaki larvalar standart levrek larva yetiştiriciliği protokolüne göre beslenmiştir. D1 grubundaki larvalar ise 1 gün aç bırakılıp 1 gün besleme yapılmıştır. D2 grubunda ise larvalar 1 gün aç bırakılıp 2 gün besleme yapılmıştır. Döngülü besleme protokolü 25 gün sürmüş olup bugünden itibaren 40. güne kadar larvalara standart levrek larva besleme protokolü uygulanmıştır. Deneme süresince 0. gün, 5. gün, 10. gün, 15. gün, 20. gün, 25. gün, 30. gün, 35. gün ve 40. gün tüm deneme gruplarından 30'ar adet larva örneği alınmıştır. Örnekleme yapılan larvaların boyları milimetrik oküler bulunan mikroskop vasıtasıyla ölçülmüştür. Ayrıca ağırlık hesaplamaları volümetrik yöntemle hesaplanmıştır. Enzim analiz örnekleri deneme gruplarından ve kontrol grubundan sabah balıklara ilk yem verilmeden önce her tanktan 60'ar adet alınmıştır.

3.4.1 Fizikokimyasal Parametreler

3.4.1.1 Sıcaklık

Kontrol ve deneme gruplarında aynı sıcaklık protokolü izlenmiştir. Buna göre 1. ve 7. günler arası sıcaklık 14-15 °C'de ayarlanmış, 8.ve 12. günler arası 15-16 °C, 13-16. günlerde sıcaklık 16-17 °C'ye yükseltilmiştir. Balık yaşına bağlı olarak düzenli sıcaklık artışları gerçekleştirilmiştir. 17-21 günler arası sıcaklık 17-18 °C, 22-30. günlerde deniz sıcaklığına adapte edilebilmesi adına sıcaklık 21 °C' ye kadar yükseltilmiştir. Şekil 3.5'te sıcaklık çizelgesi gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Günlere göre sıcaklık protokolü

3.4.1.2 Tuzluluk

Kuluçkahane tesisi üretim suyu deneme boyunca yapılan ölçümlerde tuzluluk $‰38,5±0,3$ olarak ölçülmüştür. Kapalı devre levrek larva yetiştirme sistemlerinde üretimin belli dönemlerinde tuzluluğu düşürme tekniği uygulanmaktadır. Erken dönem tuzluluk düşürme tekniği genelde balığın hava kesesi oluşturma döneminden önce başlar bu sayede canlı rahat bir hava kesesi oluşturma dönemi atlatır. Denemede hem kontrol grubu hem de deneme gruplarında eşdeğer tuzluluk protokolleri uygulanmıştır. Denemede tuzluluk 1.gün $‰38.5$ iken 8. güne kadar kademeli olarak $‰25$ 'e düşürülmüştür. 8.gün ve 20. günler arası tuzluluk $‰25$ 'te tutulmuş, 21. günden sonra yükseltilmeye başlanmıştır. Sonrasında 21.gün ile 36.gün arası tuzluluk $‰26-36$ arasına çekilmiş ve 26. ve 40. günlerde ise sistem açık deniz suyuna yani $‰38.5±0.3$ 'e ulaşmıştır. Şekil 3.6'da tuzluluk protokolü gösterilmiştir.

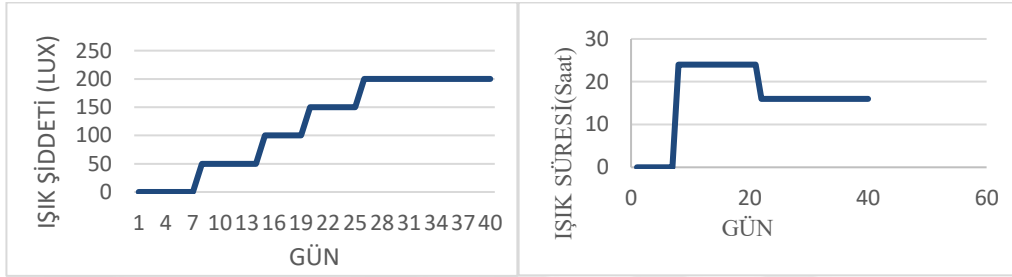


Şekil 3.6 Günlere bağlı tuzluluk değişimi

3.4.1.3 Aydınlatma

Deneme grubunda ve kontrol grubunda eşdeğer aydınlatma protokolü uygulanmıştır. Çalışma süresince ilk beslemenin 7. günde yapılmasından dolayı her iki grupta da ilk 7 gün karanlık periyot uygulanmıştır. Sonrasında 8. ve 14. günler arası düşük aydınlatma olan 50 lux uygulanmıştır. Ayrıca 15 ve 19. günler arası aydınlatma şiddeti 100 lux'e yükseltilmiştir. Yaklaşık günlerde 20. ve 25. gün

aydınlatma şiddeti 150 lux olarak ayarlanmıştır. Sonrasında 26. ve 40.günler arası aydınlanma 200 lux olarak ölçülmüştür. Aydınlatma şiddeti günlere bağlı artış gösterirken aydınlığa maruz kalma süresi farklılıklar göstermiştir. 7. ile 21. günler arası 24 saat aydınlık periyodu uygulanmış, 21. günden sonra 16 saat aydınlık 8 saat karanlık sistemine geçilmiştir. 40. günden sonra doğal aydınlık ve karanlık süreleri geçerli olmuştur. Şekil 3.7’de günlere bağlı ışık şiddeti ve süresi gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Işık şiddeti ve ışık süresi

3.4.1.4 Çözünmüş Oksijen ve pH düzeyi

Deneme süresince çözünmüş oksijen düzeyi 8-10mg/l seviyesinde tutulmuş her iki grupta da eşit düzeylerde olmasına hassasiyet gösterilmiştir. Çalışma süresince her iki grubun satürasyon değerleri \geq %85, düzenli olarak pH ölçümleri yapılmış tüm çalışma boyunca pH 7.7 ile 8.0 arası seyretmiştir. Yapılan $\text{NH}_4\text{-NO}_4\text{-NO}_3$ ölçümleri ≥ 0.0001 mg/l şeklindedir.

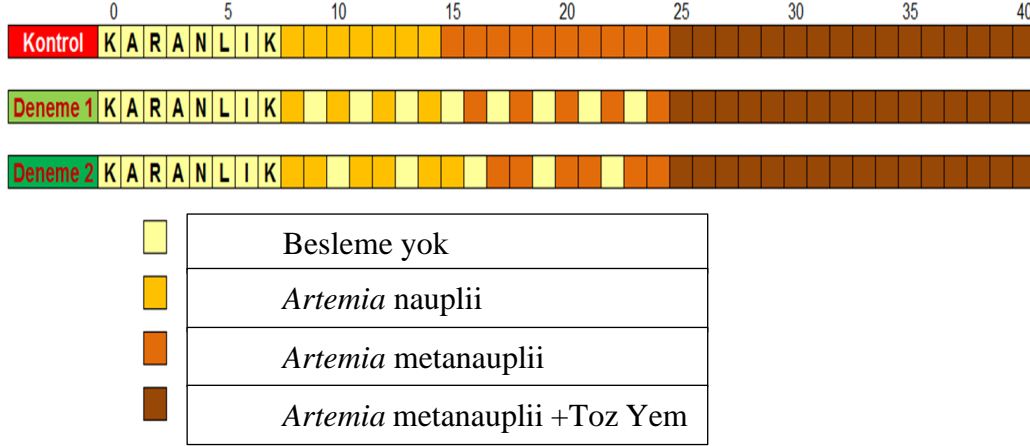
3.4.1.5 Su Debisi

Deneme süresinde deneme ve kontrol gruplarına eşdeğer su debisi ayarlanmıştır. Levrek larvaları 0 ile 7. günler arası karanlık periyotta ve besleme olmadığından dolayı su debisi 6 lt/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu oran yaklaşık 10 saatte bir kez su değişimi anlamına gelmektedir. Beslemenin başlaması ve kritik hava kesesi dönemini kapsayan 7. ve 21. günler arası canlıya zarar vermemek adına debiler 4lt/dk seviyesine düşürülmüştür. Tank ortamı ve besin alımı 21. gün sonrası kontrol edilerek kademeli olarak debi artışı sağlanmıştır.

3.5 Larval Besleme

Denemede bütün gruplara 8. gün *Artemia* (*Artemia franciscana*) ile beslenmeye başlanmıştır. Deneme gruplarında besleme protokolü D1 için 1gün aç

ardından 1 gün besleme şeklinde ayarlanmıştır. D2’de ise besleme protokolü 2 gün besleme 1 gün aç şeklinde ayarlanmıştır. Kontrol grubunda ise herhangi bir açlık uygulaması yapılmamış deneme boyunca standart levrek larva besleme protokolü kullanılmıştır. Tablo 3.8’de denemenin besleme protokolü gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Kontrol, D1 ve D2 besleme protokolü

Deneme grupları 8. gün Vietnam orijinli *Artemia franciscana* ile beslenmiştir (A_0). Bu *Artemia* türü yaklaşık 430-480 μm arası büyüklüğe sahip olup ve yüksek yağ asidi içeriği sebebiyle zenginleştirilmeden kullanılmıştır. Besleme 0.5-1 adet/ml olacak şekilde volümetrik hesaplama yapılarak gerçekleştirilmiştir. Takribi günlerde balığın tüketimine bağlı olarak 10 adet/ml’ye kadar besin miktarı A_0 için arttırılmıştır. Larvalar 15.günden itibaren *Artemia salina* (*Artemia metanauplii*) ticari adıyla EG *Artemia* (A_1) verilmiştir. EG *Artemia* yaklaşık 600-700 μm olarak ölçülmüş *Artemia* zenginleştirilerek kullanılmış ve ilk besleme dozu 2 adet/ml olarak başlatılmıştır. Daha sonraları bu dozaj tüketime bağlı olarak arttırılmıştır. Denemede tüm gruplara 25. günden itibaren Bernaqua firmasına ait erken dönem besleme yemi olan 100-200 μm boyutlarındaki Caviar® mikropartikül toz yem verilmiştir. Besleme canlı ağırlığın %8-10 kadarı yapılmıştır. Caviar® 100-200 μm mikropartikül toz yem deneme sonuna kadar *Artemia metanauplii* ile kullanılmıştır. Tablo 3.1’de deneme besleme protokolü gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Deneme Besleme Protokolü

Gün	D1	D2	Kontrol	Verilen Yem
1	Karanlık	Karanlık	Karanlık	-
2	Karanlık	Karanlık	Karanlık	-
3	Karanlık	Karanlık	Karanlık	-
4	Karanlık	Karanlık	Karanlık	-
5	Karanlık	Karanlık	Karanlık	-
6	Karanlık	Karanlık	Karanlık	-
7	Karanlık	Karanlık	Karanlık	-
8	Besleme	Besleme	Besleme	-
9	Aç	Besleme	Besleme	AF
10	Besleme	Aç	Besleme	AF
11	Aç	Besleme	Besleme	AF
12	Besleme	Besleme	Besleme	AF
13	Aç	Aç	Besleme	AF
14	Besleme	Besleme	Besleme	AF
15	Aç	Besleme	Besleme	EG %20, AF %80
16	Besleme	Aç	Besleme	EG %40, AF %60
17	Aç	Besleme	Besleme	EG %60, AF %40
18	Besleme	Besleme	Besleme	EG %80, AF %20
19	Aç	Aç	Besleme	EG %100
20	Besleme	Besleme	Besleme	EG %100
21	Aç	Besleme	Besleme	EG %100
22	Besleme	Aç	Besleme	EG %100
23	Aç	Besleme	Besleme	EG %100
24	Besleme	Besleme	Besleme	EG %100
25	Aç	Aç	Besleme	EG %100
26	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
27	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
28	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
29	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
30	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
31	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
32	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
33	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
34	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
35	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
36	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
37	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
38	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
39	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem
40	Besleme	Besleme	Besleme	EG + Toz Yem

3.6 Morfometrik Analizler

Deneme süresince 0.gün, 5.gün, 10.gün, 15.gün, 20.gün 25.gün, 30.gün, 35.gün ve 40. gün tüm deneme gruplarından (D1, D2) ve kontrol grubundan 30'ar adet larva örneği alınmıştır. Örnekleme yapılan larvaların boyları milimetrik oküler

bulunan mikroskop vasıtasıyla ölçülmüştür. Ayrıca ağırlık hesaplamaları volümetrik metot uygulanarak hesaplanmıştır.

3.7 Enzim Analizleri

Deneme gruplarında ve kontrol grubunda örnekleme sabah balıklara ilk yem verilmeden önce alınmıştır. Örnekleme yapılırken tüm gruplardan eşit derinlikten örnek alınmasına dikkat edilmiştir. Deneme süresince tanklardan 60'ar adet örnek alınmıştır. Tablo 3.2'de enzim analizleri için hangi günlerde örnek alındığı gösterilmiştir. Alınan örnekler Tris HCl Buffer pH 8.0 + Glycerol çözeltisi içerisinde -20 °C' de ışık almayan kaplarda saklanmıştır. Larvalar homojenizatör yardımıyla 15000xg devir, 4 °C'de 30 dakika boyunca homojenize edilmiştir (1/5: homojenat/soğuk saf su).

Tablo 3.2 Enzim Analiz Zamanları

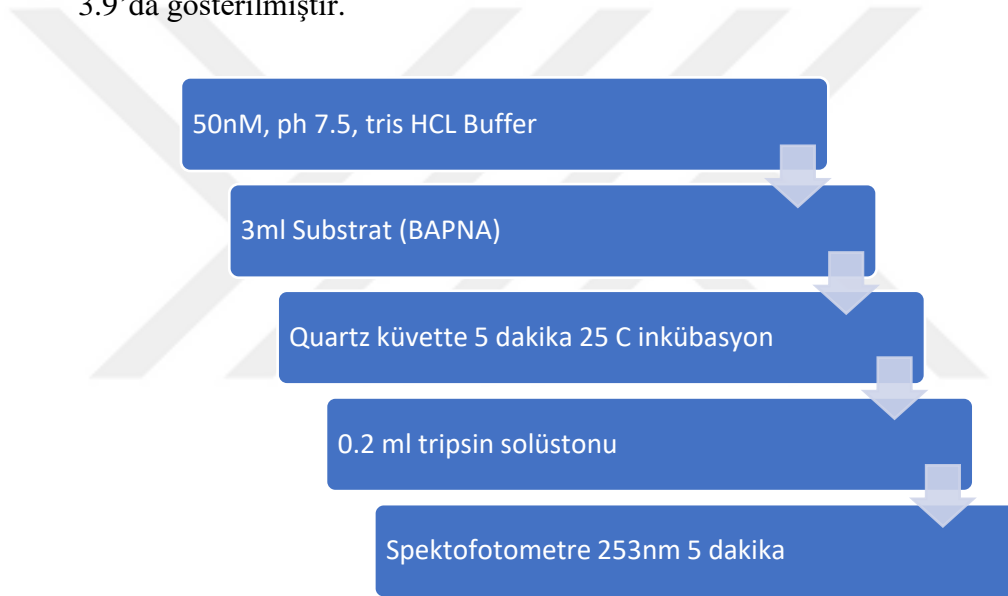
Tripsin	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 (Gün)
Pepsin	20, 25, 30, 32, 33, 35, 40 (Gün)
Amilaz	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 (Gün)
Lipaz	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 (Gün)

Denemedeki her enzimin spektrofotometre (Jenway 6300 UV-Visible Spectrophotometer) cihazı yardımıyla aktivitesi ölçülmüştür ve her enzimde özgün aktivite tayin yöntemleri kullanılmıştır.

3.7.1 Tripsin

Tripsin, proteini sindirmemize yardımcı olan bir enzimdir. İnce bağırsakta tripsin proteinleri parçalayarak midede başlayan sindirim sürecini sürdürür. Ayrıca bir proteolitik enzim veya proteinaz olarak da ifade edilebilir. Tripsin (E.C.3.4.21.4) koduyla uluslararası enzim komisyonu tarafından kodlanmıştır.

Tripsin aktivitesi Tseng et al 1982 yılında yaptıkları yöntemle göre analiz edilmiştir. Bu yöntemde substrat madde olarak Na-Benzoyl-DL-arginine-*p*-nitroanilide (BAPNA) kullanılmıştır. Tripsin enzim aktivitesi yöntem şeması şekil 3.9'da gösterilmiştir.



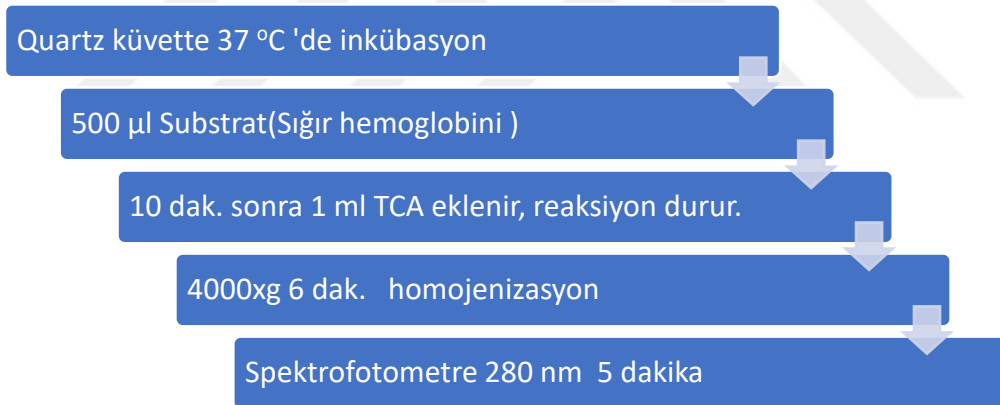
Şekil 3.9 Tripsin enzim aktivitesi tespit yöntem şeması

3.7.2 Pepsin

Pepsin, mide suyunda et, yumurta, tohum veya süt ürünlerinde bulunan proteinleri sindiren güçlü bir enzimdir. Pepsin, zimojen (aktif olmayan protein) pepsinojenin aktif formudur.

Sindirim sisteminde pepsin, proteinlerin sadece bağırsaktan kan dolaşımına emilen veya pankreatik enzimler tarafından daha da parçalanan peptit adı verilen daha küçük birimlere kısmi degradasyonunu etkiler. Uluslararası Enzim Komisyonunca (E.C.3.4.23.1) kodunda tanımlanmıştır.

Worthington 1982 yılında yapılan çalışmada pepsin enzim aktivitesinin izlenmesi için analiz yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntem Infante & Cahu (1994) tarafından yeniden düzenlenmiş ve substrat madde olarak sığır hemoglobini kullanılmıştır. Pepsin enzim aktivitesi analiz yöntemi şekil 3.10'da sunulmuştur.

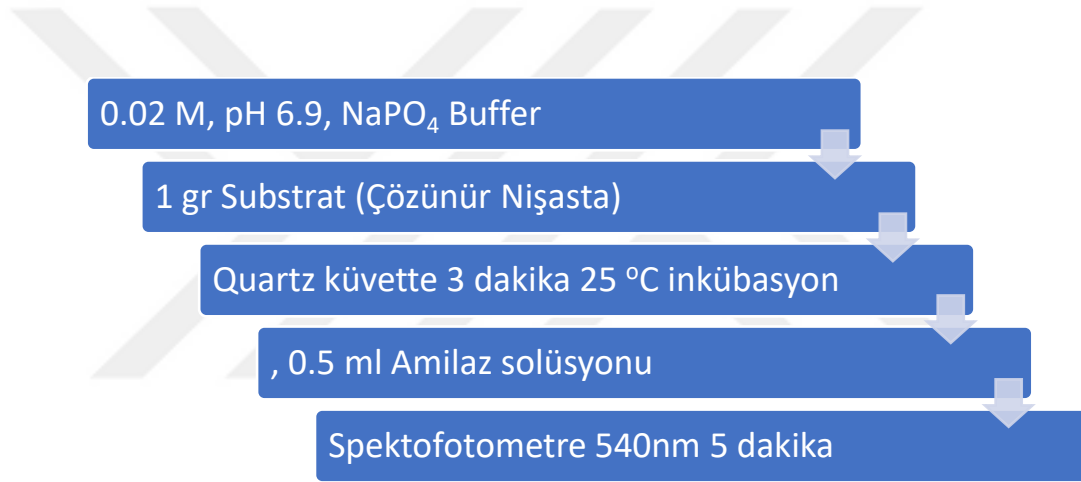


şekil 3.10 Pepsin enzim aktivitesi analiz yöntemi

3.7.3 Amilaz

Amilaz, nişastanın hidrolizini (bir bileşğin bir su molekülü ilavesiyle bölünmesi) katalizleyen bir enzim sınıfının üyesidir, maltoz (iki glikoz molekülünden oluşan bir molekül) gibi daha küçük karbonhidrat moleküllerine parçalanmasını sağlar. Alfa, beta ve gama olarak belirtilen üç amilaz kategorisi, nişasta moleküllerinin bağlarına saldırma biçimleri bakımından farklılık gösterir.

Metais and Bieth (1968) yaptıkları çalışmada nişastayı substrat madde olarak kullanmış ve amilaz analiz yöntemi geliştirmişlerdir. Amilaz enzim aktivitesi tayin yöntemi Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

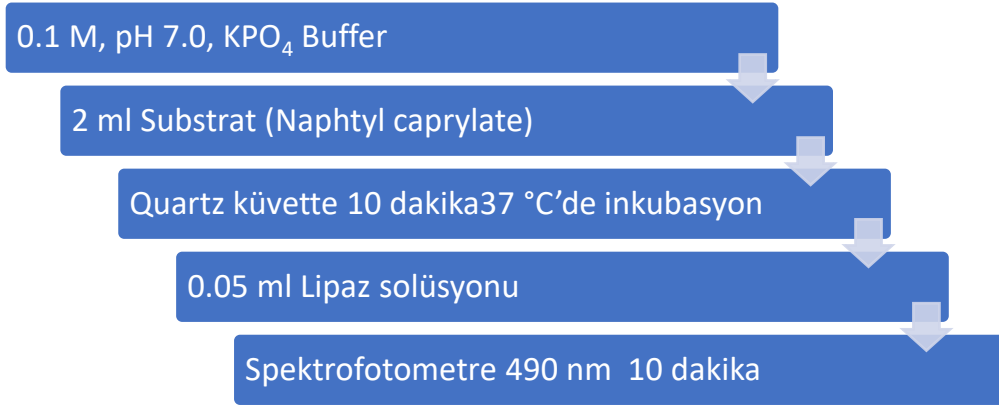


Şekil 3.11 Amilaz enzim aktivitesi tayin yöntemi

3.7.4 Lipaz

Lipaz, kanda bulunan bir grup yağ bölücü enzimden biridir, mide suları, pankreas sekresyonları, bağırsak suları ve yağ dokularında bulunur. Lipazlar, trigliseritleri (yağları) bileşen yağ asidi ve gliserol moleküllerine hidrolize eder.

Lipaz (E.C.3.1.1.3) olarak Uluslararası enzim komisyonunca kodlanmıştır. Versaw 1986 yılında Lipaz aktivitesini incelemek için substrat olarak Naphtyl caprylate kullanmıştır. Şekil 3.12 lipaz enzim aktivitesi tayin yöntemi gösterilmiştir.

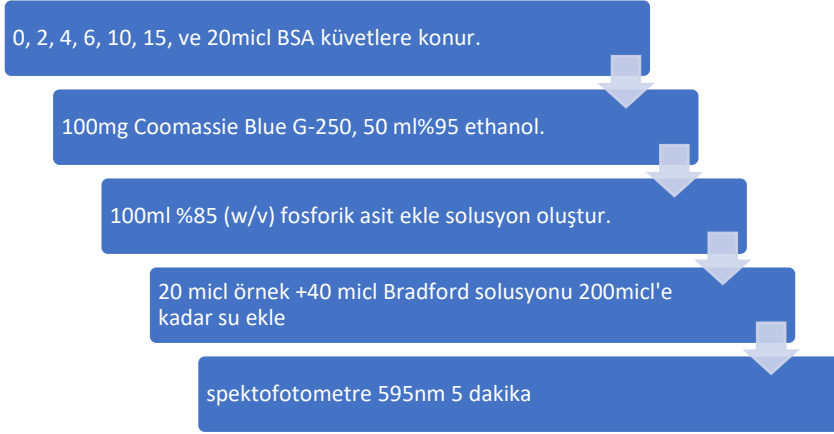


Şekil 3.12 Lipaz enzim aktivitesi tayin yöntemi

3.7.5 Protein

Her enzimin özgül spesifik aktivitesini sayısal olarak tanımlamak üzere spektrofotometre cihazından okunan göreceli değerlerin, homojenatta bulunan protein değeri ile oranlanması düşünülmüştür. Bu bağlamda, Bradford tarafından 1976 yılında yapılan çalışmada kullanılan Bradford yöntemi ile elde edilen protein miktarı spektrofotometre cihazından okunan değer ile oranlanarak her enzimin kendine özgü spesifik aktivitesi mU/mg protein⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bradford analizi, Coomassie Blue G250 boyasının proteine bağlanmasına dayanır. Proteine bağlanan boyanın daha anyonik mavi formu, maksimum 590 nm'de bir absorbansa sahiptir. Böylece protein miktarı, mavi iyonik formdaki boya miktarını belirleyerek tahmin edilebilir. Bu genellikle çözeltinin 595 nm'de absorbansı ölçülerek elde edilir.

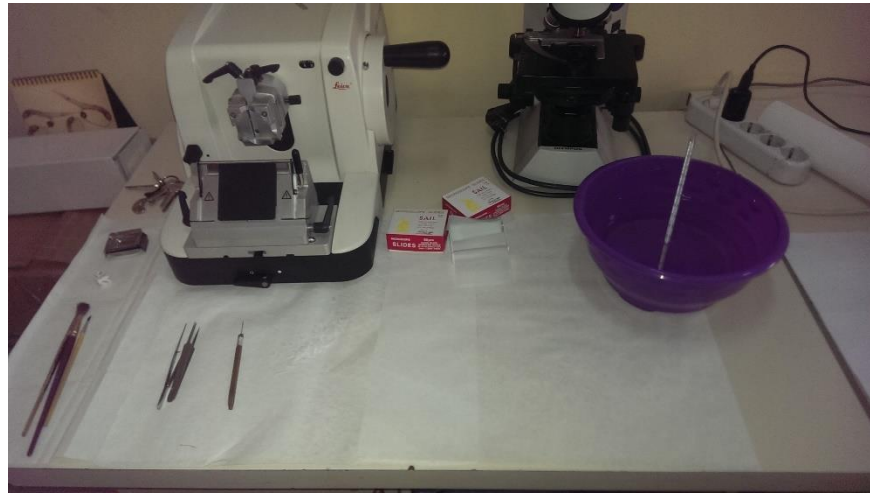
Bradford yönteminde substrat olarak sığır serum albümini kullanılmıştır. Bradford protein tayin yöntemi Şekil 3.13' te gösterilmiştir.



Şekil 3.13 Bradford Protein tayin yöntemi

3.8 Histolojik Analizler

Denemedeki örnekleme bloklama histolojik kesit analizlerinde enzim analizleri için alınan numunelerden farklı olarak temin edilmiştir. Her bir tanktan alınan 10 adet larva nötral formalim solüsyonunda fikse edilmiştir. Formaldehit çözeltisinde fiske edilen örnekler Shandon Citadel 1000 marka doku izleme cihazında alkol serilerinden geçirildikten sonra bloklanmıştır. Daha sonra 5 µm kalınlığında Leica 2125 rotary mikrotomda kesilmiştir. Histolojik değerlendirmeler için kesitleri alınan larvalara Haematoksilen Eosin (H&E) boyama işlemi yapılmış ve üzeri entellan ile kapatılmıştır. Preperatlar Olympus CX31 ışık mikroskobunda incelenmiş ve Olympus DP20 dijital fotoğraf aparatı ile fotoğrafları çekilmiştir.



Şekil 3.14 Leica 2125 Rotary Mikrotom

3.8.1 Bouin's Solüsyonu

Takip boyama öncesi fiksasyon %10'luk Formaldehit Solusyonu

* Örnekler larvaların ölümünden hemen sonra alınmıştır.

* Alınan örnekler tüm vücut olarak ayrılmıştır.

* Her örnek için bir numara ve isimlendirme yapılmıştır.

* Örnekler Bouin solusyonuna konulmuş ve örneğin büyüklüğüne göre 24-48 saat solusyon içerisinde direk güneş ışığına maruz kalmayacak şekilde oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

* 24-48 saat sonra örneklerin içinde bulunduğu bouin's solusyonu atık kabına boşaltılmış ve yerine 70 % alkol konmuştur. Alkol ile hergün bir kez yıkama yapıp solusyonun rengi sarıdan alkol rengine dönene kadar işleme devam edilmiştir.

* Alkol rengi kendi rengini verdiği andan itibaren protokol takibi başlamıştır.

% 10'luk formaldehit çözeltisi kullanıldığında örnekler 12-24 saat arasında akan su altında yıkandı ve aşağıdaki işlem basamakları uygulanmıştır.

Tablo 3.3 Bouin's solusyonu hazırlama aşamaları.

Sıra	Kullanılan Kimyasal Madde	Kimyasal Madde Oranı	Uygulamama süresi
1	Alkol	70,00%	10 dakika
2	Alkol	70,00%	10 dakika
3	Alkol	96,00%	15 dakika
4	Alkol	96,00%	15 dakika
5	Alkol	100,00%	15 dakika
6	Alkol	100,00%	15 dakika
7	Alkol+Ksilol I *	100%+100%	30 dakika
8	Ksilol II	100,00%	15 dakika
9	Ksilol III	100,00%	15 dakika
10	Ksilol III+Parafin**	100,00%	30 dakika
11	Parafin ***	100,00%	Tüm Gece 12 saat
	Parafine gömme işlemi		

Bouin's Solusyonu Hazırlama Aşamaları

* Kapta bulunan alkol miktarı kadar Ksilol eklenmiştir.

** Kapta bulunan Ksilol miktarı kadar aynı kaba Parafin eklenmiştir. Parafin+Ksilol içerisindeki örnek 30 dakika etüvde bekletilmiş ve bu karışım 30 dakika sonra atık kabına boşaltılmıştır.

***Örnekler parafin içerisinde bir gün boyunca etüvde bekletilmiştir.

Bouin solusyonunda hazırlanan örnekler takip ve boyama işlemleri uygulanmıştır.

Tablo 3.4 Takip ve boyama işlem basamakları.

Sıra	Kullanılan Kimyasal Madde	Kimyasal Madde Oranı	Uygulamalama süresi
1	Ksilol I	100,00%	15 dakika
2	Ksilol II	100,00%	15 dakika
3	Alkol	100,00%	15 dakika
4	Alkol	96,00%	15 dakika
5	Alkol	70,00%	15 dakika
6	Hemotoksilen*		5 dakika
7	Yıkama	Akar su altında	Boya Rengi kaybolana kadar.
8	Eosin**		10 dakika
9	Alkol	70,00%	5 dakika
10	Alkol	96,00%	10 dakika
11	Alkol	100,00%	15 dakika
12	Ksilol I	100	15 dakika
13	Ksilol II	100,00%	15 dakika
14	Enteallan ile kaplama ***		

*Boyanın kullanım süresine bağlı olarak süre uzatılmıştır.

**Ksilol II' den çıkarılan örnekler hemen enteallan ile kaplanmıştır.

Tablo 3.5 Histolojik boyama işlemi aşamaları gösterilmiştir.

Histolojik Boyama İşlemi		
SIRA	Kullanılan Kimyasal	Uygulama Süresi yöntemi
1	Ksilol 1	15 dakika
2	Ksilol 2	15 dakika
3	Alkol 100 %	15 dakika
4	Alkol 100 %-2	Yıkama
5	Alkol 96 %	Yıkama
6	Alkol 70 %	Yıkama
7	Hematoxylin	8 dakika
8	Yıkama	Akar su altında 1-2 dakika
9	Eozin	6-10 dakika
10	Alkol 70 %	5 dakika
11	Alkol 96 %	10 dakika
12	Alkol 100 %	15 dakika
13	Alkol 100 %-2	16 dakika
14	Ksilol 1	17 dakika
15	Ksilol 2	18 dakika
16	Entellan ile kaplama	19 dakika

3.9 İstatistiksel Analizler

Denemeler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların ortalaması alınmış ve standart sapmaları hesaplanmıştır (mean±SD). Varyansların homojenliğinin sağlanması için Levene Testi yapılmıştır. Sonuçların larval gelişim ve enzim analizleri kontrolü tek yönlü ANOVA Testi ile değerlendirilmiştir. Fischer ki kare testi yaşama oranını belirlemede kullanılıp, son olarak çoklu değişken Tukey testi yapılarak, önemlilik analiziyle sonlandırılmıştır. ($p \geq \%95$). Verilerin değerlendirme işlemi SPSS 25.0 ve Microsoft Excel 2010 programlarıyla yapılmıştır. Şekil 3.15'te istatistiksel analiz akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.15 İstatiksel analiz akış şeması

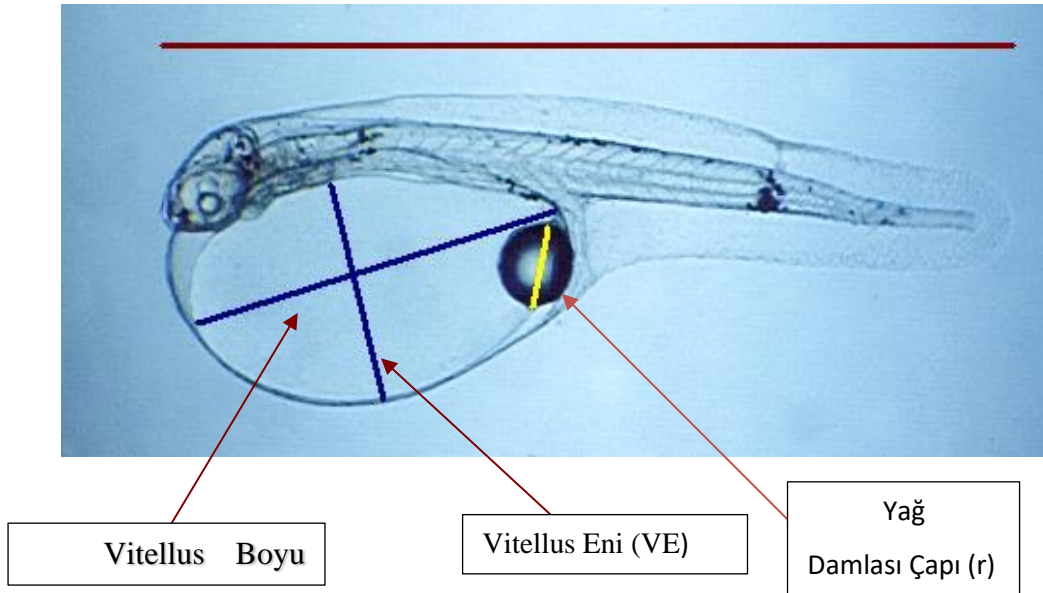
4. BULGULAR

4.1 Yumurta

Yumurta su sıcaklığının 14.0-15 °C olduğu Aralık 2013- Şubat 2013 ayları arasında alınmıştır. Yumurta alımı öncesinde anaç balıklara hiçbir hormonal (LHRH) müdahale yapılmamıştır. Yumurta döllenme %95-98 arası oranı saptanmıştır. Yumurtalar 92-100 saat arasında açılırken, yumurta açılım oranı ise %92,3 olarak hesaplanmıştır. İnkübasyon tank içi su sıcaklığı tüm inkübasyon süresince 14.0-14.5 °C olarak tespit edilmiştir. Yumurta çapları 1188 ± 22 μm yağ damlası çapları ise 246 ± 14 μm olarak ölçülmüştür.

4.2 Morfometrik Ölçümler

Şekil 4.1’de levrek larvasının yağ damlası ve vitellüs keseleri gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Yağ damlası ve vitellüs kesesi

Tablo 4.1: Yağ Damlası ve Vitellüs Kesesi Hacim Formülleri (Blaxter ve Hempel, 1966)

Yağ Damlası Hacim Formülü	$V = 4/3 \pi r^3$
Vitellüs Kesesi Hacim Formülü	$V = 4/3 \pi (V_e)^2 (V_b)$

4.2.1 Levrek Larvaları Vitellüs Kesesi Hacim Ölçümleri

Levrek larvalarının yumurtadan ilk çıktığı 0. saatte vitellüs kesesi ölçümleri her üç grup için de $0.390 \pm 0.05 \text{ mm}^3$ 'tür. 60. saatte D1'de $0.06 \pm 0.05 \text{ mm}^3$, D2'de $0.04 \pm 0.05 \text{ mm}^3$ ve kontrol grubunda ise $0.08 \pm 0.05 \text{ mm}^3$ 'tür. 240. saatte D1'de 0.0001 mm^3 , D2'de $0.0004 \pm 0.0002 \text{ mm}^3$ ve kontrol grubunda ise $0.0014 \pm 0.0002 \text{ mm}^3$ olarak ölçülmüştür. Tablo 4.2'de deneme grupları ile kontrol grubunun vitellüs keselerinin hacimleri gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Deneme ve Kontrol Gruplarının Vitellüs Kesesi Hacimleri

	Vitellus Hacmi mm^3		
	0. saat	60. saat	240. saat
D1	0.390 ± 0.05	$0.06 \pm 0.05 \pm 0.0002$	0.0001
D2	0.390 ± 0.05	$0.04 \pm 0.05 \pm 0.0002$	0.0004 ± 0.0002
Kontrol	0.390 ± 0.05	$0.08 \pm 0.05 \pm 0.0002$	0.0014 ± 0.0002

4.2.2 Levrek Larvaları Yağ Damlası Hacim Ölçümleri

Levrek larvalarının yağ damlası çapları yumurtadan çıktıkları 0. saatte her üç grup için de $0.0140 \pm 0.0010 \text{ mm}^3$ olarak ölçülmüştür. Denemenin 60. saatinde yapılan ölçümlerde D1'de $0.005 \pm 0.0005 \text{ mm}^3$, D2'de ve kontrol grubu $0.007 \pm 0.0005 \text{ mm}^3$, 240. saatte D1'de $0.003 \pm 0.0005 \text{ mm}^3$, D2'de $0.004 \pm 0.0002 \text{ mm}^3$ ve kontrol grubu $0.001 \pm 0.0002 \text{ mm}^3$ olarak ölçülmüştür. Tablo 4.3'te deneme ve kontrol gruplarının yağ damlası hacimlerinin ölçüm değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.3 Deneme ve Kontrol Gruplarının Yağ Damlası Hacimleri

	Yağ Damlası Hacmi mm ³		
	0. saat	60. saat	240. saat
D1	0.0140±0.0010	0.005±0.0005	0.003±0.0005
D2	0.0140±0.0010	0.007±0.0005	0.004±0.0002
Kontrol	0.0140±0.0010	0.007±0.0005	0.001±0.0002

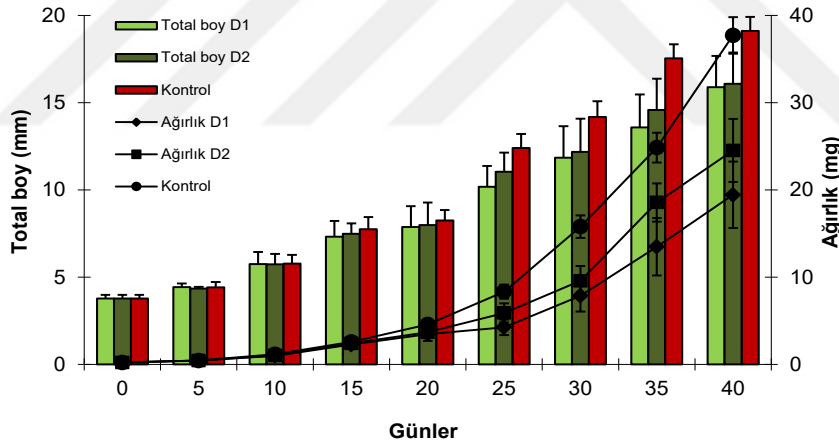
4.3 Larval Gelişim ve Yaşama Oranı

Levrek larvaların yumurtadan ilk çıktıkları gün (0. gün) ortalama total boyu 3.42 ± 0.2 mm, ağırlığı ise $0.18 \pm 0,01$ mg olarak tespit edilmiştir. Larvanın besin kesesi 8. günde tükenmiş, yağ damlasının tamamen emilimi ise 14. günde 6.84 ± 0.21 mm total boyda gerçekleşmiştir. Denemenin 7.gününden itibaren tank aydınlatmasının açılmasıyla ve ilk *Artemia* naupliilerin tanka girilmesiyle beraber tüm gruplar hızlı bir ağırlık ve boy artışı göstermiştir. Her beş günde bir alınan örneklerden, D1, D2 ve kontrol grubunun düzenli ölçümleri yapılmış, ilk on gün besin kesesi ve yağ damlası tüketim süreci devam ettiğinden ilk on günlük sonuçlarda ağırlık ve total boy açısından üç grup arasında fark oluşmamıştır ($p < 0.05$). Denemenin 10. ve 20. günler arası besin kesesi tükenmiş ancak canlı halen yağ damlasını tüketmeye devam etmiştir. Deneme sonunda total boy değerleri sırasıyla D1 15.89 ± 1.8 mm, D2 16.08 ± 1.7 mm ve kontrol grubu için 19.12 ± 0.8 mm olarak tespit edilmiştir. Yapılan ölçümler ağırlık değerleri ise sırasıyla D1 $19.44 \pm 3,8$ mg, D2 24.53 ± 3.6 mg ve kontrol grubu için 37.72 ± 2.1 mg olarak bulunmuştur. Deneme grupları kendi arasında total boy ve ağırlık gelişimi açısından istatistik olarak önemli farklılıklar göstermemiştir ($p > 0.05$). Tüm büyüme parametreleri göz önüne alındığında D1 ve D2 grupları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizken ($p > 0.05$), kontrol grubu diğer deneme gruplarına göre farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Şekil 4.2’de büyüme parametreleri gösterilmiştir. Denemenin 10-20. günler arasında yapılan ölçümlerde deneme grupları ve kontrol grubu arasında fark bulunamamış ($p > 0.05$), 20-30.gün arası yapılan ölçümlerde ise kontrol grubunun total boy ve ağırlık artışı değerlerinin deneme

gruplarına göre farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. ($p<0.05$). Erken dönemde döngüsel açlığa maruz bırakılan levrek larvalarının özellikle ilk 30 gün içerisinde önemli performans kayıpları yaşadığı tespit edilmiştir

Tablo 4.4 Levrek larvalarının total boy, ağırlık, SBO ve yaşama oranları.

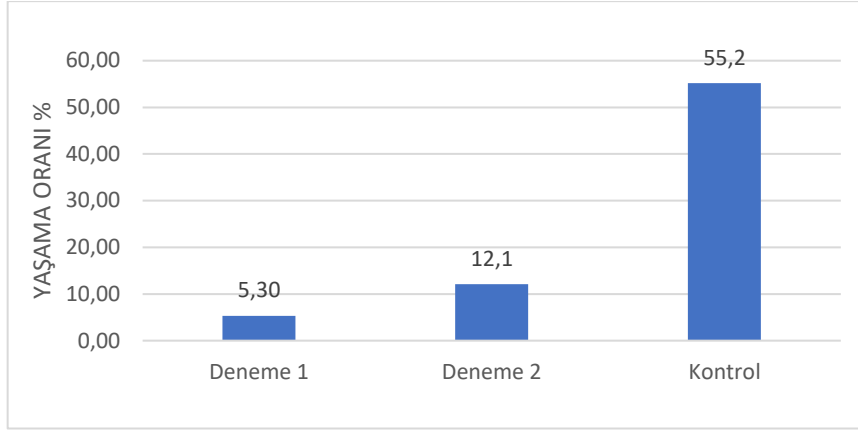
	Deneme 1	Deneme 2	Kontrol
Total Boy (mm)	15.89±1.8 ^a	16.08±1.7 ^a	19.12±0.9 ^b
Ağırlık (mg)	19.44±3.8 ^a	24.53±3.6 ^a	37.72±2.1 ^b
SBO (%/gün)	3.4 ^a	4.09 ^a	5.14 ^b
Yaşama Oranı (%)	5.3 ^a	12.1 ^a	55.2 ^b



Şekil 4.2 Levrek larvalarının total boy ve ağırlık değişimleri

4.3.1 Yaşam Oranı

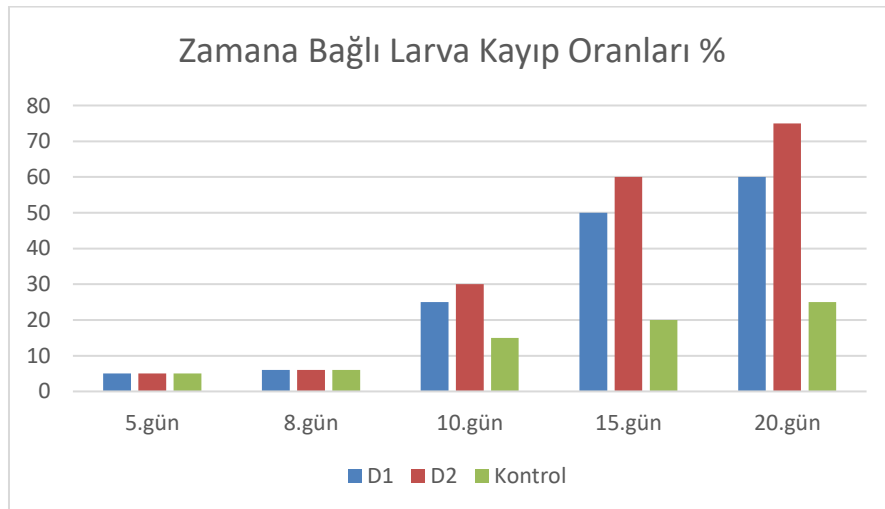
Deneme sonunda tanklarda kalan larvalar volümetrik yöntem ile sayılmıştır. D1 için yaşama oranı %5,3, D2 için %12,1 ve kontrol grubu için ise %55,2 olarak ölçümlenmiştir. D1 ve D2 grupları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizken ($p>0.05$), kontrol grubu diğer deneme gruplarına göre farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Şekil 4.3'te deneme yaşama oranları gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Deneme yaşam oranları

4.3.2 Zamana Bağlı Larva Kayıp Oranları

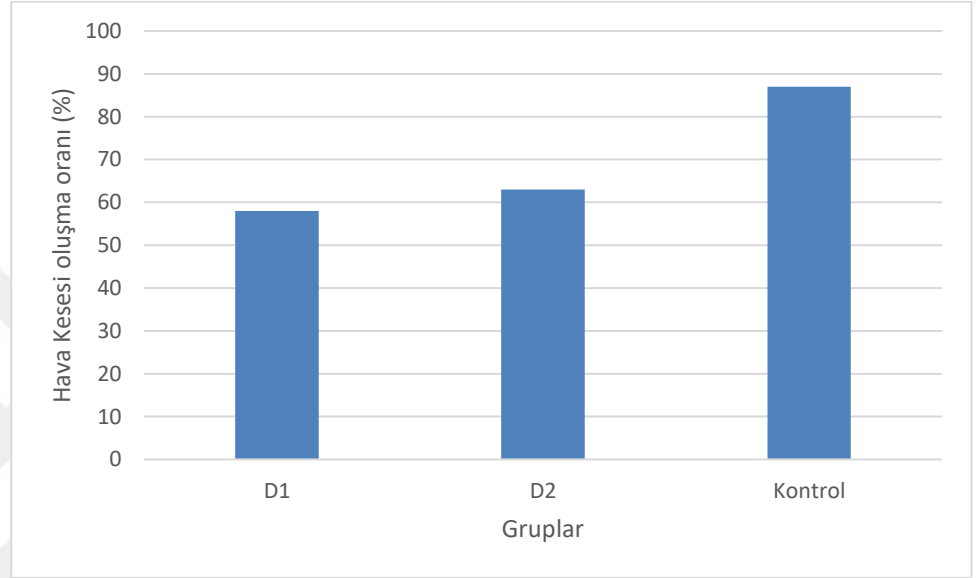
Deneme süresince her gün sabah beslemesinden önce yapılan tank dip temizliği (Sifon) vasıtasıyla günlük ölüm oranları volümetrik yöntem ile hesaplanarak larvaların hangi gün aralığında kayıp yaşadığı tespit edilmiştir. Yapılan sayımlara göre tüm gruplar 5. gün %5 kayıp vermiştir. 8. gün yapılan sayımlarda tüm gruplar %6 kayıp oranına ulaşmıştır. 10. gün D1 %25, D2 %30, kontrol grubu ise %15, kayıp oranına ulaşmıştır. 20.güne gelindiğinde ise D1 %60, D2 %75, kontrolde ise %25 kayıp oranı tespit edilmiştir. Şekil 4.4'te zamana bağlı larva kayıplarını göstermektedir.



Şekil 4.4 Zamana bağlı larva kayıpları

4.3.3 Hava Kesesi Gelişim Oranları

Yumurta çatladıktan sonra 13. günde yapılan hava kesesi şişirme kontrollerinde D1 %58, D2 %63, kontrol grubu ise %87 olarak ölçülmüştür. D1 ve D2 grupları arasındaki fark önemsiz iken ($p>0,05$), kontrol grubu ile bu gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Tablo 4.5'te hava kesesi oluşturma oranları gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Hava kesesi oluşturma oranları

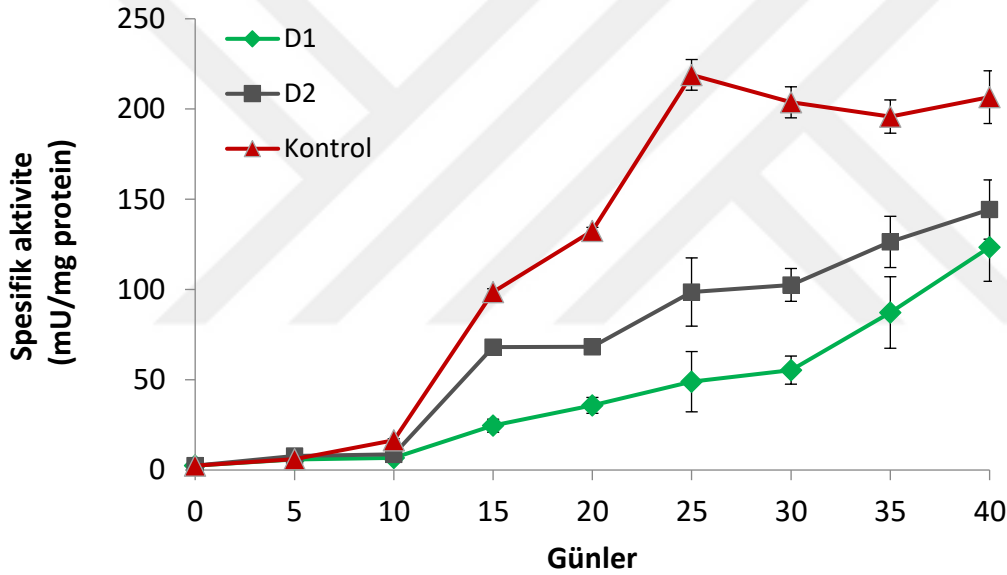


Şekil 4.6 13 günlük levrek larvası (orginal)

4.4. Enzim Analizleri

4.4.1 Tripsin

Tüm deneme gruplarında tripsin aktivitesi ilk olarak ağız açılımı ile tespit edilmiş olup, günlere ve larval gelişime bağlı olarak önce aktivitede artış ve ardından bunu dalgalanmalar izlemiştir. Tripsin değerleri 20. günde D1 grubunda $35,82 \text{ mU/mg protein}^{-1}$, D2 grubunda $68,37 \text{ mU/mg protein}^{-1}$, kontrol grubunda ise $132,56 \text{ mU/mg protein}^{-1}$, denemenin sona erdiği 40. günde ise D1 $123,45 \text{ mU/mg protein}^{-1}$, D2 grubunda $144,32 \text{ mU/mg protein}^{-1}$, kontrol grubunda ise $206,58 \text{ mU/mg protein}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Deneme sonunda D1 ve D2 grupları arasındaki fark önemsizken ($p>0.05$), kontrol grubu ile deneme grupları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Şekil 4.7’de tripsin aktivitesi gösterilmiştir.

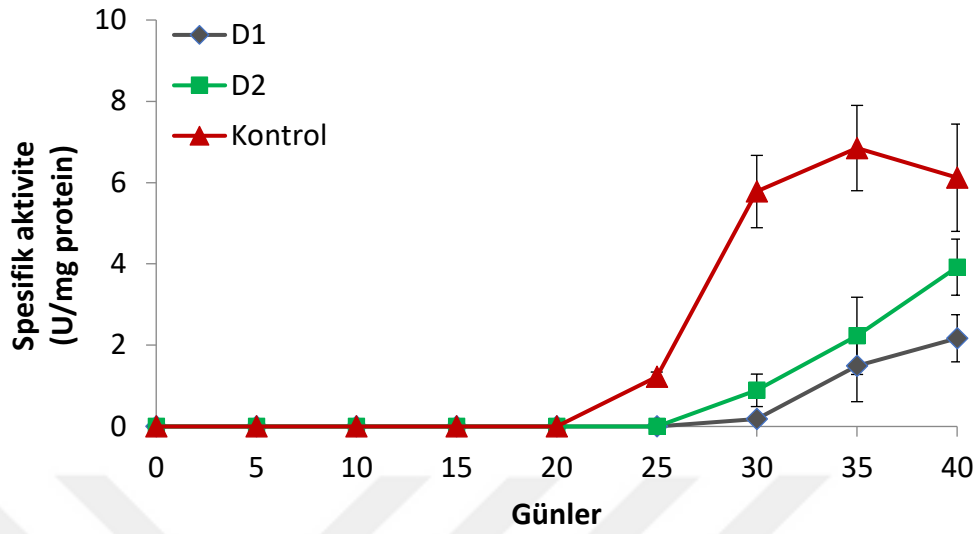


Şekil 4.7 Tripsin aktivitesi

4.4.2 Pepsin

Kontrol grubunda pepsin aktivitesi ilk olarak 25. günde tespit edilmiştir. Ancak D1 ve D2’de ise aktivite ilk olarak 30. günde ölçülmüştür. Kontrol grubunda pepsin aktivitesi önce artış, ardından ise yavaş bir azalma gözlenmiştir. Pepsin değerleri 30. günde D1 grubunda $0,18 \text{ U/mg protein}^{-1}$, D2 grubunda $0,89 \text{ U/mg protein}^{-1}$, kontrol grubunda ise $5,78 \text{ U/mg protein}^{-1}$, denemenin sona erdiği 40. günde ise D1 $2,17 \text{ U/mg protein}^{-1}$, D2 grubunda $3,92 \text{ U/mg protein}^{-1}$, kontrol grubunda ise $6,12 \text{ U/mg protein}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda D1 ve D2 grupları arasındaki fark önemsiz bulunurken ($p>0.05$), kontrol

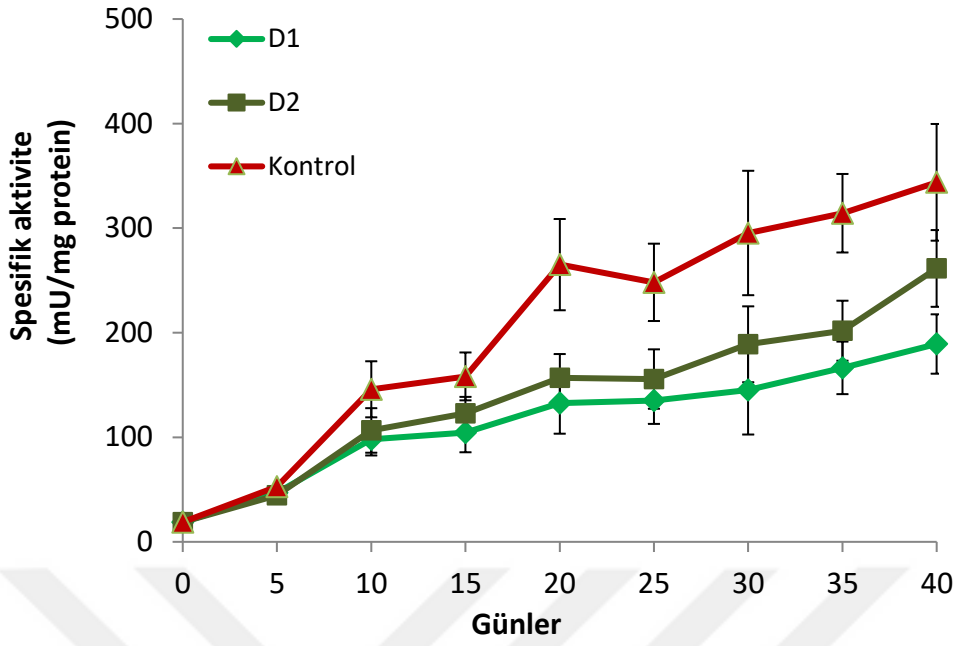
grubu ile deneme grupları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Şekil 4.8'te Pepsin aktivitesi gösterilmektedir.



Şekil 4.8 Pepsin aktivitesi

4.2.3 Lipaz Aktivitesi

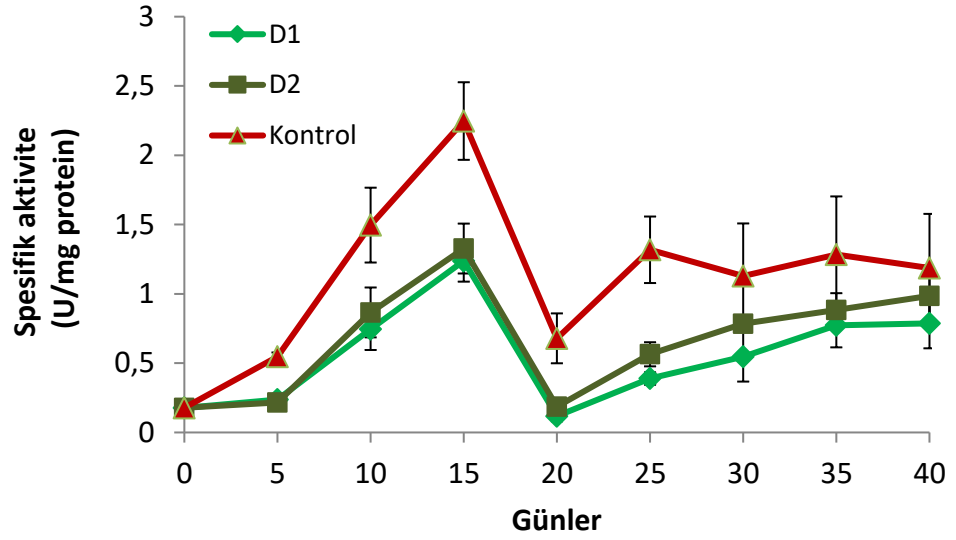
Tüm deneme gruplarında lipaz aktivitesi ilk olarak ağız açılımı ile tespit edilmiştir. Günlere ve larval gelişime bağlı olarak önce aktivitede artış ve ardından bunu dalgalanmalar izlemiştir. Lipaz değerleri 20. günde D1 grubunda $132,82 \text{ mU/mg protein}^{-1}$, D2 grubunda $156,74 \text{ mU/mg protein}^{-1}$, kontrol grubunda ise $265,13 \text{ mU/mg protein}^{-1}$, denemenin sona erdiği 40. günde ise D1 $189,21 \text{ mU/mg protein}^{-1}$, D2 grubunda $221,46 \text{ mU/mg protein}^{-1}$, kontrol grubunda ise $323,82 \text{ mU/mg protein}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Deneme sonunda D1 ve D2 grupları arasındaki fark önemsizken ($p>0.05$), kontrol grubu ile deneme grupları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Şekil 4.9'de lipaz aktivitesi gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Lipaz aktivitesi

4.2.4 Amilaz Aktivitesi

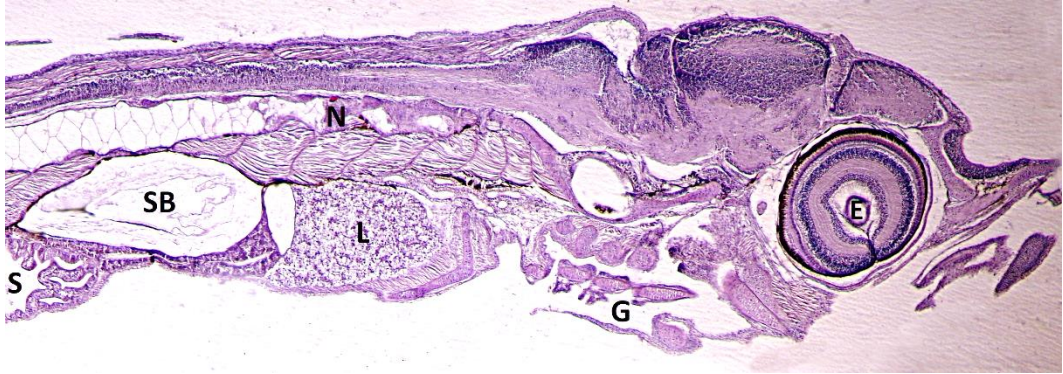
Kontrol grubunda amilaz aktivitesi ilk olarak ağız açılımı ile tespit edilirken D1 ve D2 gruplarında ise 5. Günden sonra tespit edilmiştir. Amilaz değerleri 15. günde D1 grubunda $1,23 \text{ U/mg protein}^{-1}$, D2 grubunda $1,32 \text{ U/mg protein}^{-1}$, kontrol grubunda ise $2,24 \text{ U/mg protein}^{-1}$, denemenin sona erdiği 40. günde ise D1 $0,78 \text{ U/mg protein}^{-1}$, D2 grubunda $0,98 \text{ U/mg protein}^{-1}$, kontrol grubunda ise $1,18 \text{ U/mg protein}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Denemenin 15. Gününde amilaz aktivitesi en yüksek seviyeye ulaşırken, bu değerler daha sonra azalarak dalgalı bir grafik sergilemiştir. Deneme sonunda gruplar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. ($p>0.05$)



Şekil 4.10 Amilaz aktivitesi

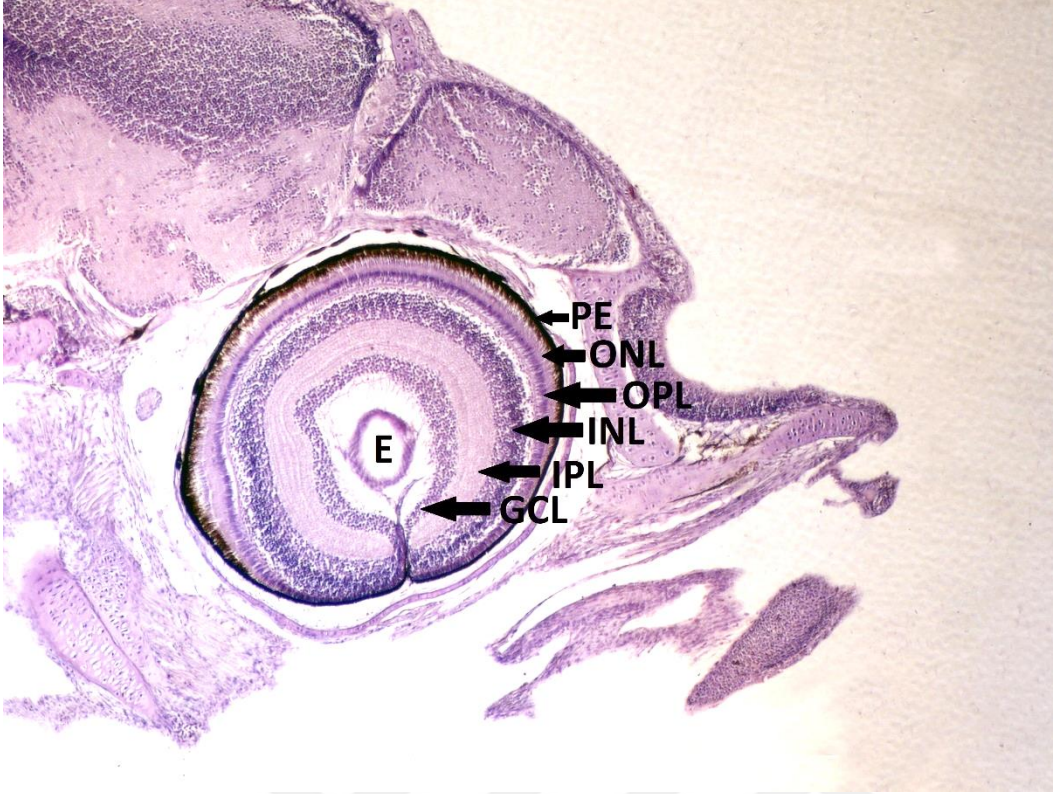
4.5. Histolojik Analizler

Döngülü açlık periyodunun uygulandığı deneme koşullarında yetiştirilen levrek larvaları üzerinde besin eksiliği ve açlığın etkisini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmanın sonunda levrek larva örneklerinden gastrointestinal dokuları histomorfolojik kesitler üzerinden incelenerek değerlendirilmiştir.



Şekil 4.11 30 günlük levrek larvasının bütün vücuduna ait histolojik kesit

SB: Hava kesesi, L: Karaciğer, E: Göz, G: Solungaç, N: Notokorda, S: Mide

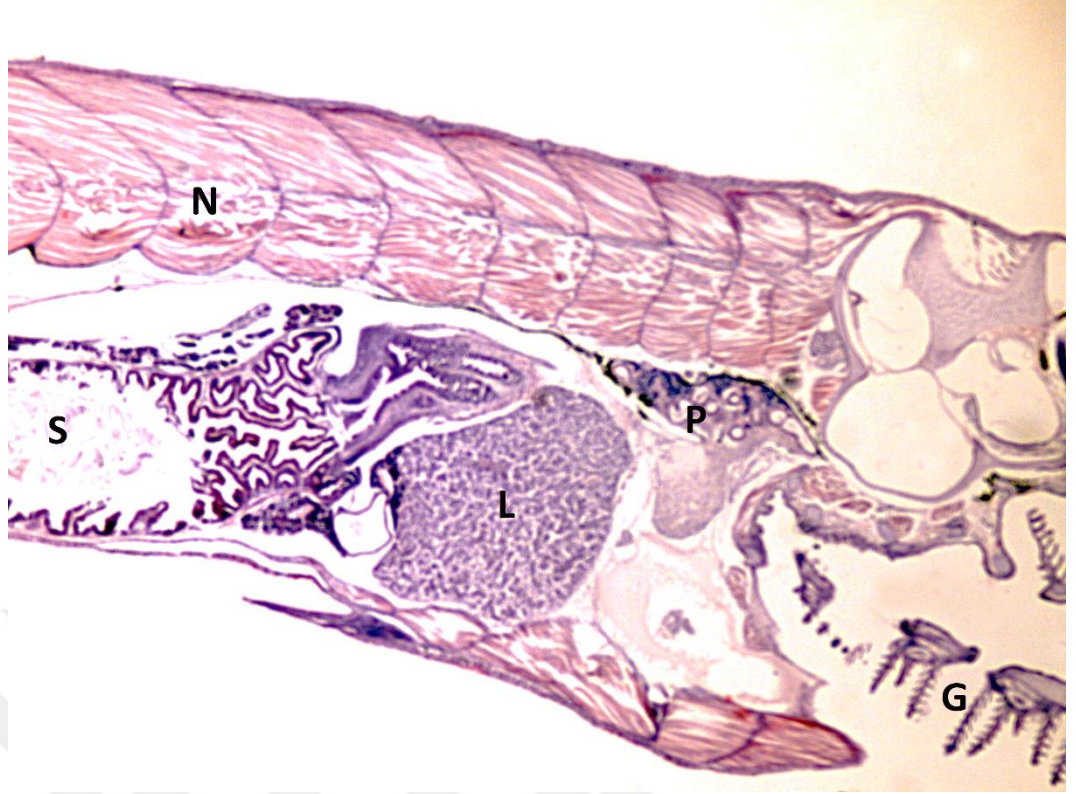


Şekil 4.12 30 günlük levrek larvasının göz katmanlarının histolojik analizi

PE: Pigmentli epitelyum, ONL: Dış çekirdeksel katman, OPL: Dış pleksiform katman, INL: İçteki çekirdeksel katman, IPL: İçteki pleksiform katman, GCL: Sinir düğümü

4.5.1. Pankreas

Levrek larvalarında pankreas oluşumu zimojen granülleri şeklinde daha ilk yumurtadan çıktığı andan itibaren gözlenmeye başlamıştır. Bu gelişimle birlikte aynı anda karaciğer hücrelerinin de şekillenmeye başladığı görülmüştür. Şekil 4.13'te levrek larvasına ait histolojik kesit görülmektedir. Bu şekil üzerinde notokorda, mide, karaciğer, solungaç ve pankreas gösterilmiştir. Larval gelişime bağlı olarak 8. günden itibaren pankreasta hacimce başlayan büyüme artık larval dönemin sonuna kadar bu şekilde devam eder. Aynı günlerde hava kesesi ilk kez şişirilir ve notokordanın altında gastrointestinal tüpün üstünde dorsalde yerini alır. Döngülü açlık uygulamasının levrek larvalarında tüm deneme grupları için sistemi olumsuz yönde etkilemediği fakat, sistem gelişimini yavaşlatıp ötelediği tespit edilmiştir.



Şekil 4. 13 25 günlük levrek larvasında pankreasa ait histolojik kesit

L: Karaciğer, G: Solungaç, N: Notokorda, S: Mide, P: Pankreas

4.5.2. Mide

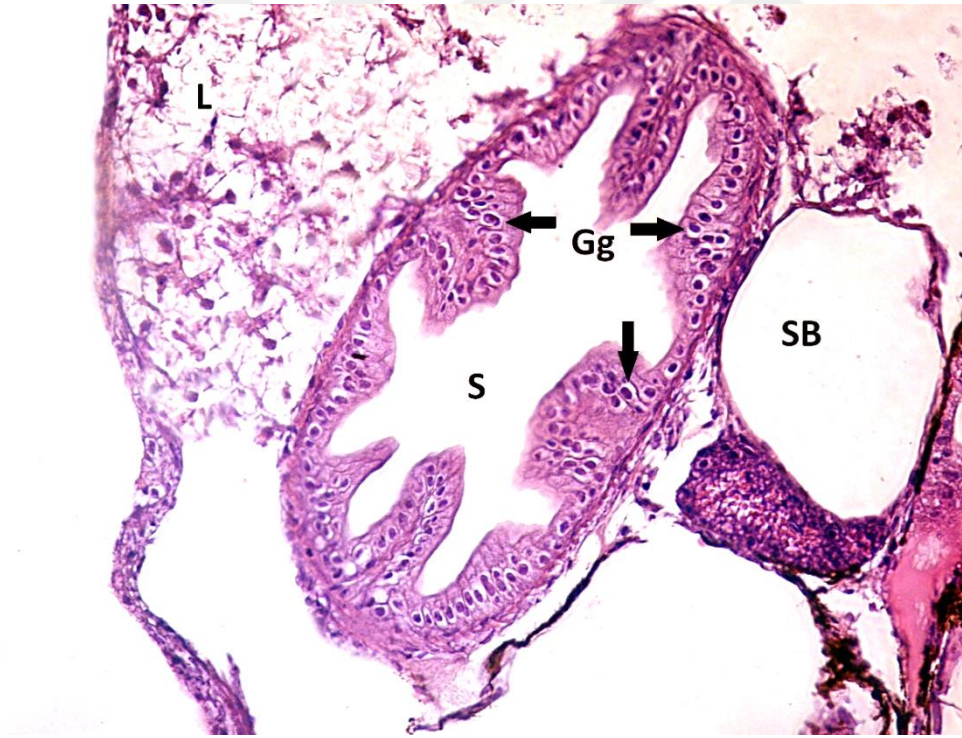
Tüm deneme gruplarındaki levrek larvalarında mide taslak halde 8. günde hava kesenin gelişimi ile eş zamanlı olarak gözlenmiştir. Ancak pepsin sentezinin gözlenmediği bu dönemde gastrik hücreler henüz tespit edilmemiştir. Bununla birlikte özellikle 20. günden itibaren ön bağırsak bölgesi ile bukoфарinks arasında gelecek günlerde meydana gelecek kardiak bölgesinde, ilk gastrik bezlerin oluşacağı alanda hücre ve dokuların oluşturdukları çukurluklar görüldüğü tespit edilmiştir. Kontrol grubundaki levrek larvalarında 25. günde ilk kez mideyi bağırsaktan ayıran pilorik sfinkter oluşumu izlenmiştir. Ancak deneme gruplarında (D1 ve D2) 30. günde yapılan örneklemede pilorik sfinkterin belirdiği tespit edilmiştir. Kontrol grubunda 25. günden 35. güne kadar izlenen kardiak bölgedeki gastrik hücrelerin sayısında da artışlar D1 ve D2 deneme gruplarındaki larvalarda sonraki günlerde (30-40. gün) izlenmiştir. Deneme gruplarında Pilorik sfinkterin oluşumunun ardından kardiak bölgede düzenli olarak tespit edilen katlanmaların artmasıyla mide içindeki enterosit benzeri yapılarındaki artışla eş zamanlı

gözlenmiş ve sonuçta gastrointestinal sistemin tamamen fonksiyonel hale gelmesi kontrol grubunda 40. günde gerçekleşmiştir. Döngülü açlık uygulamasının levrek larvalarında tüm deneme grupları (D1 ev D2) için fonksiyonel mide oluşumunu yavaşlatıp ötelediği tespit edilmiştir.



Şekil 4.14 20 günlük levrek larvasında mideye ait histolojik kesit

SB: Hava kesesi, PS: Pilorik sfinkter, E: Göz, G: Solungaç, N: Notokorda, S: Mide

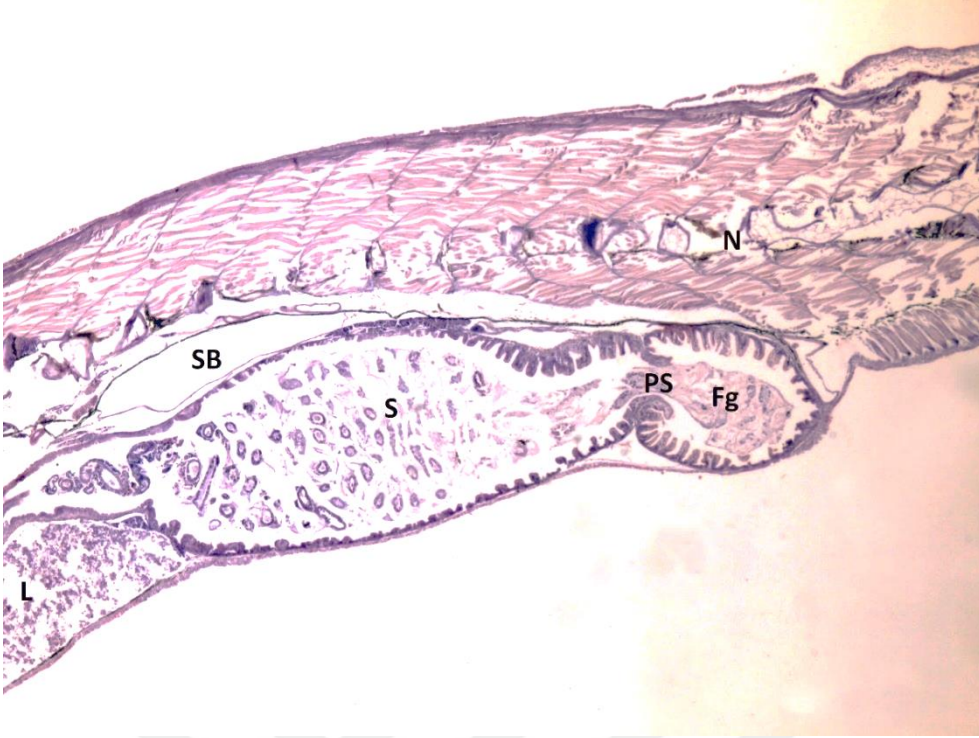


Şekil 4.15 30 günlük levrek larvasına gastrik bezler ait histolojik kesit

SB: Hava kesesi, L: Karaciğer, Gg: Gastrik bezler, S: Mide

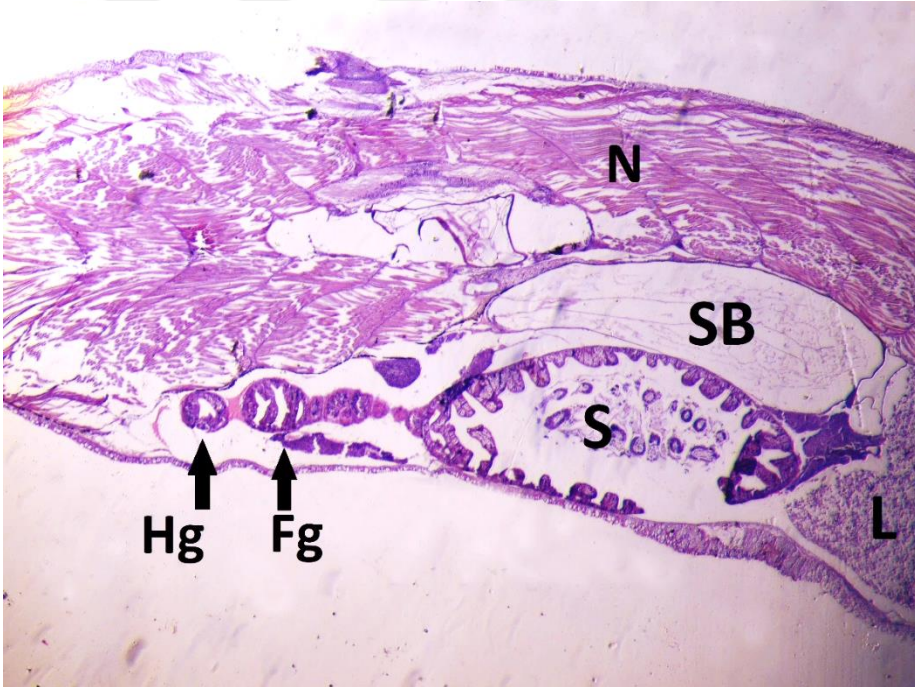
4.5.3. Bağırsak

Levrek larvalarında genellikle yumurtadan çıktığı andan itibaren bağırsak yapısından çok sindirim tüpü ya da gastrointestinal tüp olarak tanımlanan tek sıralı epitelden meydana gelen bir yapı tespit edilmiştir. Bu dönemde gastrointestinal tüp vitellüs kesesinin dorsalinden rektuma kadar düz bir boru şeklinde yayılmış ve boyu boyunca histolojik farklılaşma izlenmemiştir. Sonraki günlerde larval gelişime bağlı olarak gastrointestinal tüpte segmentasyon gözlenmiş ve tüp özafagustan itibaren devam ederek rektuma kadar düz bir yapıda olduğu tespit edilmiştir. Hava kesesi gelişimin ardında notokordanın altında yer alan gastrointestinal tüp ön, orta ve arka bağırsak şeklinde ilk farklılaşması izlenmiştir. Daha sonra bağırsak yapısının fonksiyonel hale geldiğinin en büyük göstergesi olarak kabul edilen enterosit yapılar 15. günden itibaren belirginleşmiş ve ancak enterosit oluşumundaki sayıca artış deneme gruplarında (D1 ve D2) 20. günde tespit edilmeye başlanmıştır. Kontrol grubunda ön bağırsak yapısının segmentasyonunda pilorik sfinkter yapısının oluşmaya başladığı 20. günde izlenirken bu oluşum tüm deneme grupları (D1 ve D2) gruplarında 25. günde gözlenmiştir. Bağırsak yapısında bulunan, enterosit yapılarının tüm gruplar için genellikle normal formda olduğu ancak döngülü açlık uygulamasının levrek larvalarında enterosit gelişimini yavaşlatıp ötelediği tespit edilmiştir.



Şekil 4.16 35 günlük levrek larvasında gastrointestinal sistemin histolojik kesiti

SB: Hava kesesi, L: Karaciğer, S: Mide, PS: Pilorik sifinkter, Fg: Ön bağırsak



Şekil 4.17 30 günlük levrek larvasında bağırsak ve midenin histolojik kesiti

SB: Hava kesesi, L: Karaciğer, S: Mide, N: Notokorda, Fg: Ön bağırsak, Hg: Arka Bağırsak

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ülkemiz denizlerinde geniş yayılım gösteren levrek, lezzeti ve üretim aşamalarında elde edilen başarılarla ülke ekonomisine ciddi katkılar sağlamaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu tarafından paylaşılan verilere göre 2021 yılında toplamda 155 bin ton levrek üretimi sağlanmıştır (TÜİK, 2022). Ülke ekonomisine bu denli katkı sağlayan türün üretim inceliklerinin bilinmesi biyolojik ve fizyolojik özelliklerinin her geçen gün daha fazla tanımlanması gerekmektedir. Bu gereklilik dünya piyasalarında satış şansı bulan türün rekabetçi konumda sürekliliğini sağlamak içindir. Toplanabilen tüm veriler dahilinde birim alanda yüksek performanslı ve düşük maliyetli üretim ana hedeftir. Bu hedef doğrultusunda Levrek balığının yetiştirme koşulları altındaki tüm biyolojik ve fizyolojik değerleri incelenmektedir. Elde edilen veriler ışığında üretim protokolleri, yem içerikleri, stoklama yoğunlukları gibi değerler optimize edilmeye çalışılmaktadır.

Ülkemizde her gün sayıları artan deniz balıkları kuluçkahaneleri bilgi birikimlerini ve teknolojilerini dünya ile yarışacak seviyede tutmaya çalışmaktadır. Birden fazla bilim dalını içerisinde barındıran larva yetiştiriciliği bilgi birikiminin en değerli olduğu üretim alanlarından biridir. Larva üretim protokolleri dahilinde hangi sindirim enziminin hangi günlerde sentezlendiği hem yem rasyonlarının hazırlanmasında hem de besleme protokollerinin oluşturulmasında etkindir. Genetik, histoloji ve enzimoloji vb. gibi bilim alanları larva fizyolojisini araştırmakta son yıllarda daha sık kullanılır olmuştur. Levrek (*Dicentrarchus labrax*) benzeri yüksek ticari değere sahip türlerde yaşama yüzdesini arttırmak ve dönemsel besleme protokollerini tanımlamak için gereksinim duyulan konuların başında ise enzim aktivitelerinin tanımlanması olmuştur. Enzim aktivitelerinin araştırılması normal üretim koşulları altında yapılabildiği gibi ayrıca aşırı yaşam koşulları altında da yapılabilmektedir. Bu çeşit denemeler farklı sonuçlara ve yararlarla ulaşabilmemizi sağlamaktadır.

Kalite kriterlerinden anlaşılacağı gibi yüksek yaşam oranı, düşük maliyet, yüksek performanslı ürün eldesi için canlıların gastrointestinal sisteminin enzimatik ve histolojik açısından daha fazla öğrenilmesi, üretim modelleri ve protokollerinin geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

Bunun yanı sıra özellikle besicilik yem maliyetleri çok yüksek olduğundan bunu daha ekonomik hale getirmenin yolunu bulmak araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Özellikle son yıllarda başta balık yağı ve balık unu olmak üzere fiyatı oldukça artan yem hammaddeleri üreticilerini farklı hammadde arayışlarına yönlendirmesine rağmen maliyetlerde önemli azalmalar gözlenmemiştir. Bu bakımdan üreticiler kültür koşulları altında yemden yararlanmayı en üst düzeye çıkarmak için bazı uygulamalar geliştirilmiştir.

Bu uygulamaların en önemlilerinden biri de balığın düzenli olarak belirli döngülü aralıklarla dönemsel aç bırakılarak yeniden beslenmesi ve bu besleme periyodunda daha az yemle daha kısa zamanda daha hızlı büyüme uygulamasıdır. Bu uygulama genellikle *telafti büyümesi* (compansatory growth) olarak adlandırılmaktadır (Gaylord and Gatlin 2001, Ali et al., 2003).

Son yıllarda akuakültür işletmelerinde ve üniversitelerde açlık üzerine yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Tüm canlılarda olduğu gibi açlık, üretimi yapılan deniz balığı türlerinde de ölümcül sonuçlara neden olmaktadır. Aç kalan bireyler önce karaciğer rezervlerini sonra kas proteinlerini ve en son vücut yağlarını tüketmektedir. Tüm organizmalar gibi yetiştiriciliği yapılan deniz balıkları da açlık süresince fizyolojik, enzimolojik ve morfolojik açıdan değişimler göstermektedir. Balıklar hangi yaşta, boyda ya da ağırlıkta olursa olsun immun sistem sorunları yaşamakta ve enfeksiyona bağlı kayıplar artmaktadır. Ayrıca açlık, kapalı alanda yüksek stok yoğunluğu ile üretim yapılan yerlerde kanibalizm (yamyamlık) kaynaklı ölümleri de arttırmaktadır (Katavic et al., 1989). Sürekli açlık, ölümlerle sonuçlanmasına rağmen dönemsel açlık, üretim sistemlerinde bazı faydalar sağlayabilmektedir (Adaklı ve Taşbozan, 2015). Dönemsel açlık uygulamalarının en tercih edilenlerinden biri, balığı düzenli bir şekilde döngülü aralıklarla besleyip aç bırakma tekniğidir. Bu teknik ile daha kısa zamanda daha az yem kullanılarak hızlı büyüme sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu teknikte dikkat edilmesi gereken unsur dönemsel beslenmenin, besleme aralık döngüsünün düzenli olmasıdır.

Yetiştiriciliği yapılan deniz balığı türlerinde (levrek, çipura, sarıağız, sinarit, mercan, sivriburun karagöz, vb.) üretim maliyet baskısı, daha uygun besleme protokollerinin oluşturulabilmesi, sürdürülebilir balıkçılık için maksimum verim elde etme isteği son yıllarda araştırmacıları bu türlerin sindirim metabolizmasına daha iyi kavrayabilmek adına sindirim sistemi araştırmalarına yoğunlaşmalarını

sağlamıştır. Bu araştırmalar genel hatları itibariyle enzim ve salgı sistemlerine yoğunlaşsa da aynı zamanda bu enzim ve salgıları üreten doku ve organların histolojisini de kapsamaktadır. Son yıllarda yoğunlaşan araştırmalar sayesinde yetiştiriciliği yapılan türlerin enzim aktiviteleri, sindirim metabolizmaları ve doku organ gelişimleri ile ilgili birçok veri toplanmıştır. Bu veriler ışığında özellikle deniz balıklarında kullanılan canlı yemlerin mikropartikül toz yeme geçiş döneminde (sövráj-weaning-nursery) ilerlemeler sağlanmıştır. Canlı yem üniteleri yüksek enerji tüketimleri, optimizasyon sıkıntıları ve farklı dönemlerde yaşanan kontaminasyon riskleri sebebiyle üreticiler için her dönem üretimin ciddi bir problemi olarak görölmektedir. Yetiştiriciliği yapılan deniz balığı türlerinin erken dönem mikropartikül toz yeme geçişi sindirim sistemi metabolizmasının daha iyi anlaşılmasına bağlıdır. Özellikle larval dönemde çözümlenen sindirim sistemi besleme problemleri başarılı üretimin anahtarıdır.

Bu çalışmada levrek (*Dicentrarchus labrax*) balığında döngüsel açlığın enzimatik, histolojik ve morfometrik açıdan incelenmesi ele alınmıştır. Bu inceleme levrek larvalarının metamorfoz öncesi erken dönemini kapsamakta olup, yapılan enzimolojik, histolojik ve morfometrik analizler dahilinde erken dönemde açlığın levrek larvalarının üzerindeki etkisinin anlaşılmasını hedeflemiştir. Yapılan denemeler standart resirküle kapalı devre sistemde (RAS) gerçekteştirilmiştir. Çalışma sonucunda larval gelişim, enzim aktiviteleri, canlı boyları, büyüme parametreleri ve metamorfoza geçiş yakından takip edilip değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada levrek larvaları açılımdan sonra 8. günden toz yemin girildiği 25. güne kadar aç bırakılmış ve döngülü olarak beslenmiştir. Ancak elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde aç bırakılan her iki grupta da başta büyüme parametreleri olmak üzere larvalarda fizyolojik, enzimatik ve histolojik olarak olumsuz gelişmeler kaydedilmiştir.

Hvas et al., 2022 yılında yaptıkları çalışmada uzun dönem açlığın Atlantik somonu (*Salmo salar*) üzerine etkilerini incelemiştirler. Çalışmada kullanılan tanklarda her biri ayrı ayrı etiketlenmiş Atlantik somonları (1200 g, 46 cm) kullanılmıştır. Bu balıklar 8 hafta boyunca 12 °C'de aç bırakılmıştır. Ardından 5 hafta boyunca yeniden beslemeye alınmıştır. Bu işlem kafes yetiştiriciliği

koşullarında yapılmıştır. Ayrıca 6300 g ve 73 cm boyuna ulaşmaya kadar sürekli beslenen bir kontrol grubu gözlemlenmiştir. Açlık süresinin sonunda balıklar %7,3 kütle kaybetmiş ve kondisyon faktörü 1.23'ten 1.26'ya düşmüştür. Aç bırakılan balıkların %50'lik boyut farkına denk gelen 544 g daha hafif ve 3.8 cm daha kısa ölçüldüğü tespit edilmiştir. Yeniden beslemenin başlamasıyla kademeli olarak artmış ve balıklar kontrol grubundan daha fazla yem almaya başlamıştır. Bu sebepten aç bırakılan balıklar deneme sonunda telafi büyümesi göstermiştir. Hasat ağırlığına ulaştıklarında ise kontrol grubuyla benzer sonuçlara ulaştıkları bulunmuştur. Ancak cinsel olgunluğa ulaşan balık sayısı kontrol grubunda %25 daha yüksek tespit edilmiş ve aç bırakılan dönemde gözlemlenen balıkların davranışları kontrol grubundan farklılıklar göstermemiştir. Deneme sonunda somon refah indeksine göre her iki grup birbirine yakın puanlar aldıkları vurgulanmış ve vertebral deformiteler incelenmiş ve iki grup arasında farklılık gözlemlenmemiştir.

Sonuç olarak Atlantik somonlarının gıda mevcudiyetine yanıt olarak büyüme modelleri açısından oldukça esnek olduğu ve uzun süreli açlık seviyesinin bu balıklarda balık refahı ve büyüme üzerine olumsuz etkileri olmadığı gözlemlenmiştir. Çalışmada cinsel olgunluğa ulaşan balık oranındaki farklılıklar daha fazla araştırma ihtiyacını göstermektedir.

Modern su ürünleri yetiştiriciliği, üretim verimliliğini etkilemeden üretim maliyetini ve çevre üzerindeki olumsuz etkiyi azaltmanın yollarını aramaktadır. Yemleme bu sektördeki en yüksek maliyeti temsil eder, bu nedenle bu maliyeti azaltabilecek stratejilerin oluşturulması sürekli hedef olmuştur. Böyle bir strateji, gıda yoksunluğu dönemlerinden sonra telafi edici büyümeye dayalı beslenme protokolleridir (Jobling, 2010). Balıklarda yem kısıtlaması ve telafi edici büyüme, balıkların büyüme performansını arttırmanın potansiyel bir yolu olarak besleme stratejisinin uygulanması, yeniden beslemeden sonra besleme aktivitesinin iyileştirilmesi ve ardından üretim sisteminin verimliliğinin iyileştirilmesi ile ilgili olarak incelenmiştir. Yetiştiricilik ortamlarında kullanılan suyun kalitesinin iyileştirilmesi çalışmalarında da telafi büyümesi çalışmalarının yeri vardır (Turano et al., 2008). Yeniden besleme sırasında büyüme hızı, metabolik maliyetlerde bir azalma, yem alımında bir artış veya yem kullanımında bir iyileşme ile telafi edilir (O'Connor et al., 2000). Gerçekten de bazal metabolizmanın azalması beslenme dönüşüm verimliliğinin artmasını sağlar. (Jobling, 2010; Skalski et al., 2005,)

Ayrıca hiperfaji (bazı balık türlerinde açlık dönemlerini takiben veya aralıklı besleme sürecinde gözlenmiştir) gözlemlenmiştir (Hayward et al., 1997; Wang et al., 2000; Gaylord and Gatlin, 2001; Gurney et al., 2003; Känkänen and Pirhonen, 2009, Jobling, 2010).

Balıklarda telafi edici büyüme tepkisi balık türüne (Wu et al., 2002), diyet besin içeriğine (Gaylord and Gatlin, 2001; Cho and Heo, 2009; Sevgili ve ark., 2012), su sıcaklığına (Falahatkar et al., 2012) ve yeniden beslemeden önce uygulanan yem kısıtlamasının süresine ve şiddetine bağlıdır (Hayward et al., 1997; Turano et al., 2008; Cho and Heo, 2009; Känkänen and Pirhonen, 2009; Känkänen and Pirhonen, 2009).

Urbinati et al., 2014 yılında yaptıkları çalışmada matrinxa (*Brycon amazonicus*) balıklarında kısa dönem açlık denemelerinin telafi büyümesi tepkileri üzerine çalışmıştır. Çalışmada deneme grupları 60 gün boyunca gözlemlenmiştir. Çalışmada 3 farklı besleme protokolü uygulanmıştır. 1. grup 2 gün aç bırakılıp 3 gün boyunca yeniden beslenmiştir (2S3F). 2. grup 2 gün boyunca aç bırakılarak 4gün boyunca yeniden beslenmiştir (2S4F). 3. grup ise günlük besleme yapılarak devam edilmiştir. Ardından tüm gruplar 15 gün boyunca aralıksız beslenmiştir. Deneme sonucunda grup 1 ve grup 2 yem alımını ve yem verimliliğini artırarak tam telafi edici büyüme elde etmiştir. Genel olarak aç bırakılan balıklar günlük beslenen balıklardan %40 (2S3F), %36 (2S4F) daha az yem tüketmişlerdir. Yemden yoksun bırakılan her iki grubun yeniden yem verilmesiyle birlikte yem alımı artmıştır.

Denemenin ikinci kısmında 15 gün tokluk evresinden sonra tüm balıklar benzer bulunmuştur. Ancak yemden yoksun kalan gruplar Grup 1 ve 2 yemleme döneminde daha fazla yem tüketmiştir. Fakat bu dönem için yem verimliliği fark göstermemiştir. Sonuç olarak aralıklı besleme protokollerinin üretim maliyetlerini yem tüketimini azaltarak düşürülmesinde etkili bir araç olabileceği düşünülmüştür.

Yem yoksunluğu dönemlerine tepki olarak telafi edici büyüme, çok çeşitli balık türlerinde rapor edilmiştir (Ali et al., 2003; Jobling, 2010). Ayrıca, telafi edici büyüme, meydana gelme derecesine göre farklı kategorilere ayrılabilir (Ali et al., 2003). Telafi edici büyümenin kesin mekanizmaları hala anlaşılmamıştır. Bununla

birlikte, yeniden besleme sırasında büyüme hızının metabolik maliyetlerde bir azalma, yem alımında bir artış ya da yem kullanımında bir iyileşme ile telafi edildiği ileri sürülmektedir. Gerçekten de düşük bazal metabolizma, hiperfaji ve artan yem dönüşüm verimliliği çeşitli balık türlerinde açlık veya aralıklı besleme dönemlerinden sonra gözlemlenmiştir (Skalski et al., 2005; Jobling, 2010). Aksi takdirde, artan besleme dönüşümü, sindirim sisteminin gelişmiş işleviyle bağlantılı olabilir. Döngüsel açlık sırasında balıkların sindirim esnekliğini gözden geçiren Zaldúa and Naya (2014), beslenmeye yeniden başladıktan sonra bağırsak ıslak kütledeki ilerleyici azalmanın ve bağırsak kütledeki ve sindirim enzimi aktivitesindeki artışın, enterosit devir hızında ve bağırsakta değişiklikleri içerebileceğini öne sürdüler. Periyodik yem yoksunluğu altında rohu (*Labeo rohita*) yavrularında daha yüksek proteaz ve amilaz aktiviteleri ve daha yüksek anahtar glikolitik enzim aktiviteleri, gelişmiş sindirim ve metabolik fonksiyonlara gösterdikleri saptanmıştır (Yengkokpam et al., 2013).

Yengkokpam et al., 2013 yılında yaptıkları çalışmada *Labeo rohita* yavrularında kısa süreli periyodik yem yoksunluğunun sindirim, metabolik ve anti oksidan enzimler üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışmada balıkların ortalama ağırlığı $3,73 \pm 0,06$ gr olarak ölçülmüştür. Deneme grupları, 1. grup 1 hafta içerisinde 1 gün aç bırakılırken (1 dpw), 2. grup haftada 2 gün aç bırakılmış (2 dpw) ve 3. grup ise haftada 3 gün açlığa maruz kalmıştır (3 dpw). Çalışma toplam 10 hafta sürmüş ve besleme günlerinde balıklar doyana kadar günde 2 kere beslenmiştir. Balıklar %30 ham protein ve %6 lipid içeren bir yemle beslenmiştir. Kontrol grubunda herhangi bir açlık uygulaması yapılmamıştır. İlk çalışma sonuçlarına göre; aç bırakılan gruplarda proteaz ve amilaz aktivitelerinde artışlar gözlenmiştir. Çalışma sonunda haftada 6 gün veya 5 gün (1 dpw, 2 dpw) balık beslemenin sindirim istemini önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında balıkların sindirim kapasitesinde artış görülmüştür. Periyodik yem yoksunluğu sebebiyle lipaz ve amilaz aktiviteleri önemli ölçüde yanıt vermemiş ($p > 0,05$) ve 1 dpw balıklardan alınan örneklerde yapılan incelemelerde metabolik ve antioksidatif enzim aktivitelerinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir. 2 dpw grubundan yapılan ölçümlerde daha yüksek hepatik glikolitik enzim aktiviteleri heksokina ve pirüvat gözlenmiş, ancak glukeneojenik ve krep döngüsü enzimlerinin aktivitelerinde değişiklik olmamıştır. 3 dpw

grubunda ise malat dehidrojenaz gibi antioksidatif enzimlerin arttığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada 2 ve 3 dpw grupları rohita yavrularının yem yoksunluğundan kaynaklanan oksidatif stresle başa çıkmak için daa yüksek proteaz ve amilaz aktivitesi sergiledikleri gözlemlenmiştir. 2 dpw grubundaki yüksek anahtar glikolitik enzim aktiviteleri ise gelişmiş sindirim anlamına gelmektedir.

Birçok balık türü doğal yaşamlarında çevresel faktörler sebebiyle doğal açlık süresine maruz kalır. Bu açlık dönemlerine doğada dayanabilmek için etkileyici bir mekanizma geliştirmiştir (Navarro and Gutierrez, 1995). Kış ayları yumurtlama göçü, yumurtlama dönemi bazı balıklar için doğal açlık dönemleri olabilir. Bu sebepten su ürünleri yetiştiriciliğinde gıda yoksunluğu uygulamaları karasal hayvan yetiştiriciliğine göre daha anlaşılabilir olmuştur. (Kroghdahl and Bakke-McKellep, 2005). Yapılan birçok çalışmada erken dönem sindirim sistemi gıda yoksunluğu için çok hassas olduğu bildirilmiştir

Atlantik somonu üzerinde yapılan çalışmalarda açlıkla beraber disakkaridaz-maltaz trehalaz ve laktaz seviyelerinde azalma gözlemlendi ayrıca lösin tripsin ve aminopeptidaz aktivitelerinde azalma gösterdiği bildirilmiştir (Kroghdahl and Bakke-McKellep, 2005). Balıklar yemden yoksun bırakıldıklarında depolanan vücut rezervlerini kullanmaya başlar ve enerji akışındaki bu değişim metabolik adaptasyonu zorunlu kılmaktadır. Bu dönemde glukoneojenik faaliyetler ve enzim faaliyetleri karaciğer tarafından yeniden düzenlenir. (Morales et al., 2004). Birçok teleost balıkta bildirildiği gibi açlık durumunda indirgenmiş ya da depolanmış trigliseritler hidrolize edilmiştir. Bu işlem hücrelere enerji sağlayan alternatif yol olarak adlandırılabilir. (Moon and Johnston, 1980; Shimeno et al., 1997; Guderley et al., 2003; Meton et al., 2003). Açlık veya kısıtlı besleme periyodu sırasında hücreye enerji sağlamak için meydana gelen oksidasyon işlemi sırasında reaktif oksijen türlerinin üretimi gerçekleşir ve hücresel oksidatif stres meydana gelir. Hücreleri korumak için savunma mekanizmalarından biri oksidatif strese karşı süperoksit dismutaz ve katalaz gibi antioksidant enzimlerdir.

Besleme sıklığı veya açlık ve buna bağlı olarak yeniden besleme ile ilgili çalışmalarda, balıklar tipik olarak deney boyunca önceden belirlenmiş sıklıklarla beslenir. Bununla birlikte, beslemeler arasındaki zaman aralıkları birkaç gün veya

hafta ise, balığın bu tür seyrek besleme rejimlerine alışması oldukça uzun zaman alabildiği belirtilmiştir (Pirhonen and Forsman, 1998; Nikki et al., 2004; Blake et al., 2006). Bu durumda çalışma, balıkların mide kapasitelerini öğün boyutuna göre ayarladıkları bilindiğinden (Ruohonen et al., 1997) yem alma kapasitesinde bir artış anlamına gelir ve yemleme sıklığındaki azalma, yem alma kapasitesinde bir artışa yol açar, beslenme başına alınan yem miktarı ve buna bağlı olarak mide hacmindeki artış gözlenmektedir (Känkänen and Pirhonen, 2009; Mattila et al., 2009).

Bir açlık veya yem kısıtlaması döneminden sonra hayvanlar, fazla gıda verildiğinde tipik olarak bir büyüme atağı gösterirler. Yeniden beslenme sırasında hayvanlar, kayıp büyümeyi yeniden kazanmaya çalışırken başka türlü gözlemlenmeyen maksimum büyüme oranları gösterebilir (Metcalf and Monaghan, 2001; Ali et al, 2003). Bu fenomen, telafi edici büyüme olarak adlandırılır ve ticari çiftçilikte, kilo alımından veya kas beslenme kalitesinden ödün vermeden geliştirilmiş yem verimliliği elde etmek için kullanılmak üzere balıklarda da geniş çapta araştırılmıştır. Bununla birlikte, araştırma sonuçları bu açıdan değişkendir ve kompanzasyon genellikle gelişmiş yem verimliliğinden ziyade hiperfaji tarafından indüklenmektedir (Ali et al., 2003; Fu et al., 2007; Huang et al., 2008; Känkänen and Pirhonen, 2009; Mattila et al., 2009). Yemleme sıklığında veya açlıkta azalma da göreceli karaciğer boyutunu ve viseral yağ birikimini azaltabilmektedir (Weatherley and Gill, 1981; Nikki et al., 2004; Känkänen and Pirhonen, 2009; Mattila et al., 2009; Güroy et al., 2011), ancak büyük bireysel farklılıklar nedeniyle beslenme sıklığıyla ilgili net bir azalma da olmayabilir (Nikki et al., 2004). Açlık, hematokrit veya plazma iyonlarındaki değişiklikler olarak görülen fizyolojik tepkileri de değiştirebildiği rapor edilmiştir (Einarsdóttir and Nilssen, 1996; Caruso et al., 2011; Caruso et al., 2012; Falahatkar, 2012).

Uzun zincirli ω -3 çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) diyetinde bulunması balıkların büyümesini ve gelişimini etkilediği (Tocher, 2010; Glencross et al., 2014), aynı zamanda balığın besin değerini de doğrudan etkilediği bildirilmiştir (Sargent et al., 1995). Önceki çalışmalar, diyetdeki düşük dokosaheksaenoik asit içeriğinin (DHA, 22:6 ω 3) bu yağ asidi bakımından zengin balık yemine kıyasla daha düşük büyüme oranları ile sonuçlandığını göstermiştir (Murray et al., 2014; Taipale et al., 2018). Bununla birlikte, balıklar uzun zincirli ω -3 PUFA, DHA ve

eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5 ω 3) sentezleme yeteneğine sahip olduğundan, balık fizyolojisi ve metabolizması balık dokularındaki yağ asitleri (FA) kompozisyonunu da etkileyebilir. a-linolenik asit (ALA, 18:3 ω 3) (Tocher, 2003; Murray et al., 2014). Bununla birlikte, dönüştürme yeteneği balık türüne ve yaşına göre değişir (Tocher, 2010). Örneğin, yetişkin ve genç gökkuşacağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) yüksek konsantrasyonlu diyet ALA'sından EPA ve DHA sentezleyebildiği rapor edilmiştir (Gregory and James, 2014), ancak doğrudan DHA kaynağı larvalar için çok önemlidir (Wirth et al., 1997; Taipale et al., 2018). Öte yandan, balıkların büyümesi ve gelişmesi için uzun zincirli PUFA'ya ek olarak proteinler ve amino asitlerin de gerekli olduğu (Wilson and Halver, 1986; Rønnestad et al., 1999) ve esansiyel aminoasitlerin kısıtlı mevcudiyeti olduğu bilinmektedir. Asitler (EAA) büyüme geriliğine ve yüzgeç erozyonuna neden olur (Ketola, 1982). Juvenil gökkuşacağı alabalığı ile yapılan bir çalışmada bu türün düşük EAA'yı telafi etme kabiliyetini gösterirken ancak düşük DHA içeriği olan diyetlerde bu durum saptanmamıştır (Taipale et al., 2018).

Augustine et al. 2011 yılında değişken besleme rejimleri ve balık larvalarının metabolizmasının açlık ile başa çıkabilme durumu üzerine çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada erken dönem larval beslemede açlık üzerine deneyler yapmışlardır. Besin kesesi (bk) ve yağ damlası tüketim durumları göz önüne alındığında yumurtadaki erken dönem başlangıç enerjisi yumurtadan yeni çıkmış bireylerin geç endojen beslemeye rağmen durumunu etkilememiştir. Ancak beslemeye kadar geçen süre içerisinde beslemeye ilk başladığı gün geç beslenen grupların boyutu küçük fakat beslemeyle beraber büyüme hızları arasında bir farklılık gözlemlenmemiştir. Mantık olarak yapılan modellemelerde somatik oluşum için gerekli olan enerji karşılanamadığında bu büyümeyi negatif etkilemektedir. Bu karşılayamama durumu modellemelerde canlı kaybı ile sonuçlanabilir. Model simülasyonları, ilk beslemenin gecikmesi sonrası çatlama, beslenme sonrası büyümenin başladığı boyutun küçülmesi ve ani ölümler gibi sonuçlar yaratmıştır.

Yumurtanın başlangıçtaki kalori içeriği doğum sonrası yaşam süresini ve beraberinde açlık koşullarında ve diğer koşulları da etkilemektedir. Sonuç olarak yapılan çalışmada erken dönem açlığın canlının doku ve organ gelişimini doğrudan

etkilediği büyümeye direk etkisi gözükme de yaşam oranları üzerine ciddi etkileri olduğu saptanmıştır.

Dar et al. 2018 yılında yaptıkları çalışmada *Labeo rohita* yavrularında farklı besleme rejimlerinin moleküler mekanizma ve telafi edici büyüme üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışma 60 gün süresince 5 gruba ayrılan balıklar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubu doyana kadar beslenmiştir. Grup 1 vücut ağırlığının %3 kadarına denk gelecek yem oranıyla, Grup 2 %5 besleme oranıyla Grup 3 %1 besleme oranı Grup 4 ise %2 besleme oranıyla 30 gün süresince beslenmiştir. Çalışmanın 2. yarısında kalan 30 gün boyunca ise %3 besin oranıyla beslenmişlerdir. Çalışma sonucunda grup 2'de en yüksek FCR değerlerine ulaşılmıştır. Ayrıca en yüksek ve en düşük gruplar arasında kilo alımında anlamlı bir fark tespit edilmiştir. ($p \leq 0.05$). G2 grubu en yüksek gen ekspresyon seviyelerine denemenin 30. günü ulaşmıştır. Leptin ekspresyon seviyesi gruplar arasında farklılık göstermiştir. ($p \leq 0.05$). Çalışma sonucunda besleme oranlarındaki değişim artan ghlerin seviyelerini ve azalan leptin seviyelerini hiperfajiye bağlı olduğunu düşündürmektedir. Mevcut çalışmanın farklı bir yem kısıtlama rejiminin telafi edici büyümenin arkasındaki mekanizmanın anlaşılmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

Açlık gibi besleme rejimindeki değişiklikleri üzerine yapılan çalışmalar yem kısıtlamaların belirli şartlar altında canlı üzerine olumsuz etki olmaksızın uygulanabileceğini kısmen göstermiştir. Salmonidler (Jobling et al., 1993), cyprinidler (Russell ve Wootton, 1992), çiklitler (Wang et al., 2000) ve yayın balığı (Gaylord ve Gatlin, 2000) gibi birçok türde kısıtlama ve telafi edici büyüme çalışmaları yapılmaktadır. Açlık çalışmaları balıkların rutin büyüme ve beslenme dönemlerinde yapılabildiği gibi daha özel ve zor durumlarda da araştırılmaktadır. Örneğin larval dönem doku organ gelişimi döneminde birçok araştırmacı açlık ya da ötelenmiş besleme çalışmaları yapmıştır. Şekil 15.1' de bu çalışmalara bazı örnekler gösterilmiştir.

Tablo 5.1 Ötelenmiş besleme ile ilgili yapılan çalışmalar

TÜR	NORMAL BESLEME	ÖTELENMİŞ İLK BESLEME	GERİ DÖNÜŞÜ OLMAYAN NOKTA	ARAŞTIRICI
Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	6. gün	8, 9 ve 10. gün	10. gün	Suzer ve ark. (2011)
Kum levreği (<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>)	2. gün	3, 4 ve 5. gün	5. gün	Peña et al., (2005)
Asya levreği (<i>Lates calcarifer</i>)	2. gün	3, 4 ve 5. gün	4. gün	Kailasam et al., (2007)
Kaya çipurası (<i>Oplegnathus fasciatus</i>)	3. gün	4, 5, 6, 7 ve 8. gün	7. gün	Shan et al., (2008)
California halibut (<i>Paralichthys californicus</i>)	3. gün	4, 5, 6, 7 ve 8. gün	7. gün	Gisbert et al., (2004)
Lahos (<i>Epinephelus fuscoguttatus</i>)	54. saat	60, 66, 72, 78. saat	72. saat	Fui Fui et al. (2011)

Bolasina et al. (2006) yaptıkları çalışmada açlığın Japon pisi balığının (*Paralichthys olivaceus*) açlığa bağlı ontogenik gelişimi sırasındaki enzim aktivitelerini incelemiştir. Çalışma kapsamında Japon pisi balığı larvaları ve erken yaştaki yavrular, pankreasın belirlenmesi için yumurta çatladıktan (gün) sonra 39 gün süreyle gözlemlenmiştir. Ontogenez sırasında florojenik substratlar kullanarak enzim (tripsin ve nötr lipaz) aktivitelerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Gelişim aşamalarında larvalar L tipi rotifer *Brachionus plicatilis* ile 3-28. gün, *Artemia nauplii* 14-39. günler arasında beslenmiştir. Mikropartikül toz yeme 25. günde geçilmiş, sıcaklık 18 °C'de tutulmuş ve fotoperiyot 12L:12D olarak ayarlanmıştır. Üç grup şeklinde incelenmiş 2 ila 8 günler arasında (premetamorfik larva), 23-29 gün (metamorfik) ve 31-39 günler arasında (Metamorfik ve postmetamorfik). Tek tek larvalar üzerinde florometrik tayinler tripsin ve lipaz aktivitesi için spesifik substratlar kullanılarak yapılmıştır. Örnek alınan 2 günlük larvalarda (0.18F0.09 U Ag protein 1 ve 25.12F7.36 nmollerde tripsin ve nötr lipaz aktiviteleri bulunmuştur 10 34MU Ag proteini 1 dakika 1, sırasıyla ortalama FSD), ilk besleme sırasında her iki enzim aktivitesinin evrimi yerleşim sırasında azalmalarla işaretlenmiş bir profil

göstermiştir (27-36 DAH). Spesifik olarak belirgin bir artış olmuştur (P b0.05). Denemenin 15. gününde tripsin aktivitesi, *Artemia* beslemesinin başlamasına ve lipaz aktivitesinde önemli bir azalmaya karşılık gelir. İlk açlık deneyinde larva mortalitesi 6 gün sonra %100 olarak tespit edilmiştir. İkinci denemede açlık besleme deneyi iki ve dört gün aç bırakılan larva ile yapılmıştır. 6. günde yaşama oranı sırasıyla %50 ve %25 idi. Postmetamorfik üçüncü denemede larvalar 5 gün aç bırakılmıştır, 6. günde hayatta kalma %81 idi. Genel bir eğilim olarak, açlık balıklarında enzim aktiviteleri önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiş (P b0.05). İki günlük açlıkla beslenen balıklarda, lipaz tripsin aktivite seviyelerinin kontrol seviyelerine ulaşması iki gün sürdü; Öte yandan dört gün açlıktan sonra beslenen balıklar tekrar beslendikten iki gün sonra önemli enzim değeri farklılıkları gösterdi. Son denemede (31-39 gün) lipaz ve tripsin aktiviteleri azaldı. Bu sonuçlar tripsin ve nötr lipaz aktivite ölçümlerinin ontogenezdeki kritik dönemleri ve larvaların beslenme durumunu belirlemek için kullanılabileceğini göstermektedir. Öte yandan bu çalışmadan elde edilen sonuçlara bakıldığında sindirim enzimleri profilindeki değişimler ile bizim çalışmamızdan elde edilen sindirim enzim profil değişimleri yakın benzerlikler göstermiştir.

Galaviz et al. 2011 yılında beyaz levrek *Atractoscion nobilis* larvalarının sindirim kanalı gelişimi ve enzimatik aktiviteleri üzerine çalışma yürütmüştür. Çalışmada beyaz levrek larvalarının sindirim sistemi ve sindirim enzimi aktivitesinin gelişimi, histolojik ve biyokimyasal yaklaşımlar kullanılarak kuluçkadan 40 gün sonrasına kadar analiz edilmiştir. *A. nobilis* larvaları deniz suyunda 18 °C'de üretilen 3. gün (0.55 ± 0.001 mg ağırlık ve toplam 3.6 ± 0.02 mm uzunluk) larvaları, tüm yapıları (yani, sindirim kanalının buccopharynx, özofagus, ön ve posterior bağırsaklara farklılaşması, proteinler ve lipitler gibi besinlerin sindirimi ve emilimi için gerekli olan zimojen granüller, karaciğer, safra kesesi ve açık ağızlı pankreas) sindirim sisteminin gelişimi diğer deniz balıkları türleri için bildirilen değerlere oldukça benzer olduğu vurgulanmıştır. Bu sırada larvalar, mikropartikül toz yem ile beslemeyi sindirmelerine ve bağırsak duvarları boyunca besinleri emmelerine izin veren tam gelişmiş sindirim sistemlerine sahip olduğu belirtilmiştir. Öte yandan, çoğu sindirim enzimleri aktivitesi kuluçka anında tespit edilmiştir. Tripsin aktivitesi, 1. günde (0.51 ± 0.001 mg ağırlık) 0.80 ± 0.16 mU / mg protein⁻¹ iken ve takip eden günlerde kademeli olarak artmış ancak özellikle 4.

günde ilk eksojen beslemeden sonra artış göstermiştir. Kimotripsinin spesifik aktivitesi, 1. günde $7.21 \pm 1.29 \text{ mU} \times 10^{-4} / \text{mg protein}^{-1}$ iken ve 18. günde ($6.6 \pm 0.003 \text{ mg}$ ağırlık) pik seviyesine ($15.9 \pm 1.02 \text{ mU} \times 10^{-4} / \text{mg protein}^{-1}$) ulaşmıştır. Lösin aminopeptidazın spesifik aktivitesi sürekli olarak 1. günde $1,31 \pm 0,05 \text{ mU} \times 10^{-3} / \text{mg protein}^{-1}$ seviyesinden 18 günde $15,91 \pm 0,40 \text{ mU} \times 10^{-3} / \text{mg protein}^{-1}$ düzeyine yükselmiştir. Ayrıca 1. günde alfa-amilaz aktivitesi, $1,35 \pm 0,09 \text{ U} / \text{mg protein}^{-1}$ iken 16. günde $8,07 \pm 0,98 \text{ U} / \text{mg protein}^{-1}$ düzeyine yükseldiği belirtilmiştir. Pepsin aktivitesi ise 10. günde çok düşük bir seviyede ($0,71 \pm 0,53 \text{ U} / \text{mg protein}^{-1}$) tespit edilmiş ve maksimum seviyeye ($13,92 \pm 0,09 \text{ U} / \text{mg protein}^{-1}$) ulaşarak 16 ila 20. gün arasında kademeli bir aktivite artışı gözlenmiştir. Bu sonuçlar, bu türde sindirim sisteminin hızla geliştiğini ve midenin 16 ila 18 gün arasında işlevsel hale geldiğini göstermektedir. Bu nedenle, bu genç yaşta balıkları beslemeye başlamanın mümkün olmadığı düşünülmüştür. Bu çalışmada pepsin aktivitesinde 16-20. günler arasında izlenen önemli artış bizim çalışmamızda 20-25. günler arasındaki artış profiline karşılık gelmektedir. Bu bağlamda ilk pepsin sentezi yani fonksiyonel mide oluşumunun izlendiği günler arasındaki farklılığın hem tür hem de üretim sırasında uygulanan protokollerin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmada belirtildiği gibi histolojik çalışmalar ve enzim aktivitesi çalışmalarını bir arada yürütmek fonksiyonel doku ve organları belirlemede besinsel ihtiyaçları ve besleme rejimlerini belirlemede önemlidir.

Akbulut ve Aksungur, 2000 yılında yaptıkları çalışmada dönemsel olarak aç bırakılan levrek, çipura ve gökkuşağı alabalığının boy ve ağırlıkça büyüme etkilerini araştırmıştır. Yapılan çalışmada toplam 180 adet levrek yaklaşık 19 aylık ve 120 adet çipura yaklaşık 19 aylık, Bodrum-Muğla bölgesinden temin edilerek kullanılmıştır. Bunun yanında Yomra bölgesinde bulunan deniz kafeslerinde tutulmuş 9 aylık olan 120 adet gökkuşağı alabalığı değerlendirilmiştir. Levrekler çalışmada 3 gruba ayrılmış, A grubu burada 3 hafta her gün doyana kadar beslenmiş ve daha sonra 3 hafta aç bırakılmıştır. (Tedavi süresi A1) daha sonra için 3 hafta açlık periyodu uygulanmıştır (tedavi süresi A2). B alt grupları aç bırakılmış ve ilk 3 hafta boyunca (tedavi süresi B1) ve daha sonra ikinci 3 hafta boyunca (tedavi süresi B2), beslenmiştir. Çalışma sonucunda açlık döngüsünün ardından balıklarda tekrar büyüme aktivitesinin geliştiği ve gerçekleşen büyümenin iç organ yağlanmasından kaynaklanmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, beslenme

uygulamasında basit bir değişiklik, yem maliyetlerinin yarıya inmesiyle büyümenin gerçekleştiğini, burada ivmelenen beslenme ve açlıktan ölme durumları olumlu sonuçlar verse de daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir.

Adaklı ve Taşbozan, 2015 yılında yaptıkları levrek juvenilleri ile yürüttükleri çalışmada, açlık ve yeniden besleme döngülerinin büyüme performansı ve vücut üzerindeki etkilerini incelemiştir. Deneme kapsamında başlangıç ortalama ağırlıkları 5.85 ± 0.54 g olan 720 adet levrek juvenili 400 lt tanklara yerleştirilmiştir. Toplam 12 adet tank kullanılmış ve 3 grup 3 tekrarlı olacak şekilde tasarlanmıştır. Kontrol grubunda her gün üç öğün doyana kadar besleme yapılmıştır. Diğer deneme gruplarından Grup 1’de levrekler 2 gün aç 8 gün tok 5 döngü şeklinde ayarlanmış, Grup 2’de ise 5 gün aç 20 gün tok 2 döngü şeklinde ve Grup 3’te ise 10 gün aç 40 gün tok 1 döngü şeklinde tasarlanmıştır. Yapılan çalışmada 50 gün sonunda ölçümlenmeler yapılmış sadece grup 1 de telafi büyümesi gözlemlenmiş ve gruplar arası son ağırlık (SA) farklılıkları istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Aç bırakılan grupların spesifik büyüme oranları (SGR) kontrol grubuna göre daha düşük bulunurken ($P < 0.05$) G1 grubunun olduğu belirlenmiş ve yem dönüşüm oranı (FCR) ve ekonomik dönüşüm oranı (ECR) açısından en iyi yem değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Hepatosomatik indeks (HSI) arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($P > 0.05$). Toplam yağ (TF) G3'te en düşük düzeyde ölçülmüştür ($P < 0.05$). Çalışma sonuçlarına göre levrek juvenilleri telafi büyüme çalışmalarına grup 1 de gözlemlendiği gibi kısmi telefi büyüme göstermektedir. Bu durumun ekonomik açıdan değerlendirilebileceği düşünülebileceği vurgulanmıştır.

Konstantinos et al. 2022 yılında yaptıkları çalışmada uzun süreli besin yoksunluğunun ve sıcaklık değişimlerinin granyöz (*Argyrosomus regius*) balıklarındaki hücresel fizyoloji üzerine etkilerini çalışmıştır. Bu çalışmada balıkların uzun süreli yem yoksunluğu altında su sıcaklığının antioksidan savunma sistemi ve apoptatik yol üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu nedenle üçlü balık grupları 4 ayrı su sıcaklığına (17, 20, 23 ve 26 °C) maruz bırakılmış ve 60 gün boyunca yemden yoksun bırakılarak gözlemlenmiştir. Isı şoku yanıtı (HSR) göstergeleri (HSP70 ve HSP 90), MAPK ailesi üyelerinin aktivasyonu, her yerde bulunabilme, süperoksit dizmutazın (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon redüktazın (GR), antioksidan enzimatik aktiviteleri ve kaspaz seviyeleri gibi apoptatik göstergeler ve 0, 14, 41 ve 60. günlerde alınan karaciğer ve kas örneklerinden

Bax/Bcl 2 oranı belirlenmiştir. Uzun süreli yem yoksunluğu ve sıcaklık değişimleri granyözlerde granülopatöz, HSR indüksiyonu, MAPK aktivasyonu, her yerde bulunabilme ve antioksidan savunması ve apoptatik mekanizmanın tetiklenmesi ile sonuçlanmıştır. Bu tepkiler, uygulanan her farklı sıcaklıkta farklı şekilde ifade edilmiş olsa da en önemli değişiklikler esas olarak 20 °C'nin altında ve 23 °C'nin üzerinde gözlenmiştir. Korelasyon analizi, incelenen göstergeler arasında önemli bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bu nedenle burada elde edilen veriler, uzun süreli besin yoksunluğunun balıklarda oksidatif stresi indüklediğini göstermiştir.

Balıklar doğal ortamlarında çeşitli faktörlere (örneğin sıcaklık, yumurtlama göçü, üreme, vb.) yanıt olarak beslenme ve açlık dönemlerini değiştirir. Kültür balıkları da aynı faktörlerden kaynaklanan ve aynı zamanda rutin kültür balıkçılığı prosedürlerinin dayattığı bu tür durumları yaşar. Bu gıda kısıtlamalarından kurtulmak için balıklar enerji rezervlerini harekete geçirir ve bu da türe bağlı metabolik ayarlamaları zorunlu kılar. Bu koşullara özgül ayarlamalar ayrıca balığın yaşı, beslenme durumu vb. gibi farklı faktörlere de bağlıdır (Navarro ve Gutiérrez, 1995).

Çoğu türde, karaciğer glikojeni genellikle bir enerji kaynağı olarak kullanılan ilk substrattır. Ayrıca glikojenden türetilen glikoz, açlığın ilk aşaması sırasında glisemiye korumak için kullanılabilir. Karaciğer glikojen tükenmesine neredeyse paralel olarak, enerji elde etmek için lipid rezervleri kullanılır. Her iki rezerv de pratik olarak tükendiğinde, esas olarak iskelet kasından protein mobilize edilir (Navarro ve Gutiérrez, 1995; Echevarría et al., 1997; Metón et al., 2003). Buna karşılık, bazı türler karaciğer glikojen depolarını korumaya, proteini glukoneogenez için parçalamaya ve enerji substratları olarak lipid ve/veya proteini kullanmaya çalışırlar (Sheridan and Mommsen, 1991; Navarro ve Gutiérrez, 1995; Gillis ve Ballantyne, 1996). Kasta, glikojen, gıda yoksunluğu sırasında tükenbilir veya karaciğerde sürekli glikoz üretimi yoluyla korunabilir (Navarro ve Gutiérrez, 1995). Öte yandan bazı yazarlar, keton cisimlerinin balıklarda açlık sırasında bir enerji kaynağı olarak önemli bir rol oynamadığını öne sürmektedir (Zammit and Newsholme, 1979; Black and Love, 1986). Bununla birlikte, diğer yazarlar aksini gösterdikleri için bu hala tartışılmaktadır (De Roos, 1994; Soengas et al., 1996).

Yeniden besleme ayrıca farklı tepkilere neden olabilir, çünkü gıda yoksunluğundan geri kazanım, söz konusu türler, çevresel koşullar, gıda

yoksunluğu dönemi ve önceki beslenme geçmişi gibi faktörlere bağlıdır (Navarro ve Gutiérrez, 1995). Yiyecek yoksunluğunun geri dönüşü olmayan hasara neden olduğu durumlar dışında, çoğu balık türünde metabolik profil, kısa bir yeniden besleme döneminden sonra açlık öncesi değerlere dönüyor gibi görünmektedir (Black and Love, 1986; Soengas et al., 1996; Metón et al., 2003, Morales et al., 2004). Levrek, Akdeniz ülkeleri su ürünleri yetiştiriciliğinde en önemli deniz balıkları türleri arasındadır. Bu türde gıda yoksunluğunun büyüme ve bazı plazma metabolitleri üzerindeki etkisine odaklanan birkaç çalışma vardır (Stirling, 1976, Gutiérrez et al., 1995, Echevarría et al., 1997, Santulli et al., 1997),

Türkmen ve arkadaşları 2012 yılında yaptıkları çalışmada dönemsel açlığa ve sınırlı rasyonla karşı karşıya kalan levreklerin telafi edici büyüme yanıtı değerlendirmiştir. Yavrular (10.5 g), tank başına 25 balık yoğunluğunda 15 tanka konulmuş ve üç farklı balık grubu üzerinde beş farklı beslenme rejimi incelenmiştir. Denemeler, Kontrol grubu: yoksunluk olmadan 60 gün boyunca beslenen kontrol, Kısıtlı: %25 kısıtlı beslenme, SR: 1 gün açlık sonra 4 gün besleme, RF: 1 gün beslenme sonra 4 gün doyana kadar ve son olarak SF: 1 gün açlık sonra 4 gün doyana kadar besleme şeklinde tasarlanmıştır. Spesifik büyüme oranları sırasıyla kontrolde ($2.5 \pm 0.06 \text{ gün}^{-1}$), SF ($2.5 \pm 0.11 \text{ gün}^{-1}$) ve RF ($2.4 \pm 0.18 \text{ gün}^{-1}$) olarak tespit edilmiştir. Yem dönüşüm oranlarında önemli bir fark bulunmamış, ancak R-F ve S-F, ilk yeniden beslenme gününden sonraki CSatiation'dan yaklaşık %34 daha fazla yem tüketti. En yüksek lipit içeriği CSatiasyonda (%14,4) görülmesine rağmen, S-R (%33,3 kuru madde) CSatiation ve CRestricted'e göre en yüksek su içeriğine (sırasıyla %37,8 ve %36,9 kuru madde) sahip olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, levrek döngüsünün açlık/yeniden beslenmeye hızlı tepki verdiği ve levreklerde telafi edici bir büyüme yanıtı oluşturmak için %25 kısıtlı beslenme oranının yetersiz olduğu sonucuna varıldığı rapor edilmiştir.

Fang et al. 2017 yılında yaptıkları çalışmada, açlık süresi ve tekrar beslemenin büyüme, vücut kompozisyonu, bağırsak morfolojisi ve sindirim enzimleri aktiviteleri üzerine olan etkilerini dil balıklarında (*Cynoglossus semilaevis*) çalışmıştır. Deneme grupları sırasıyla bir (D1- 1gün aç), iki (D2- 2 gün aç) ve dört (D4-4 gün aç) gün boyunca açlıktan çıkan balıklar üç (R3, R6, R12 R canlının açlık sonunda geri kazandığı günü ifade eder), yedi (R7, R14, R28) ve onbir (R11, R22, R44) için geri kazanıldı) kontrol balıkları sürekli beslenirken

deneme grupları döngüsel açlığa maruz bırakılmıştır. Denemeler 96 gün sürdürülmüş ve D1R11, D2R14 ve D2R22'deki balık bireyleri, bu balık bireylerinde tam bir telafi edici büyümenin mevcut olduğunu belirtilmiş ve ağırlık artışı tespit edilmiştir. En yüksek vücut ağırlığı artışı ve toplam spesifik büyüme oranları D2R22'de gözlenmiştir. D1R7 ve D2R22 hariç çoğu tedavide gıda alımı kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde artmıştır ($P < 0.05$). D2R22'deki gıda dönüşüm verimliliği ve görünür sindirim katsayısı, kontrolünkinden daha yüksek olacak şekilde önemli ölçüde yükseltilmiştir ($P < 0.05$). Tripsin ve lipaz aktivitelerinin büyüme performansı ile yakından ilişkili olduğu bulunmuştur. D2R22'de karaciğer ve son bağırsakta tripsin, ayrıca orta bağırsak ve son bağırsak lipaz aktiviteleri, kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($P < 0.05$). Ön bağırsak ve orta bağırsağın kat yüksekliği (HF) D2R22'de önemli ölçüde arttığı ve HF D1R3, D2R6 ve D4R12'de önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, optimum açlık ve yeniden beslenme stratejisinin 2 gün boyunca açlıktan öldüğü ve 22 gün boyunca yeniden beslenme olduğu sonucuna varıldığı bildirilmiştir. Açlık ve yeniden beslenme stratejisinde, telafi edici büyüme çoğunlukla gıda dönüşüm verimliliğinin ve sindirilebilirlik katsayısının artırılmasına bağlanabildiği vurgulanmıştır.

Yukarıdaki çalışmalarda belirtildiği gibi açlık ve telafi büyümesi sadece canlının aç kaldığı dönem ile açıklanamamaktadır. Bu dönem içerisindeki beslenme rejim ve sıklıkları da sonuçları doğrudan etkilemektedir. Birçok araştırmacı erken dönem larvalarda besinsel değişimin larval sindirim enzimleri üzerine etkilerini çalışmışlardır.

Suzer et al. 2011 yılında yaptıkları çalışmada erken sövraj yani canlı yemden kesmenin (*Artemia*) ve mikropartikül toz yeme geçmenin levrek larvaların üzerine olan etkisini araştırmıştır. Bu kapsamda kontrol grup *Artemia* ile beslenirken deney gruplarında erken dönemde toz yeme geçiş yapılmaya çalışılmıştır. Deneme gruplarının birinde 15. günde diğesinde ise 25.günde *Artemia*'dan kesme hedeflenmiştir. Deney sonucunda en düşük büyüme ve yaşama oranları 15 günde *Artemia*'dan kesilen grupta tespit edilmiş, en yüksek büyüme ve yaşama oranları 25 günlük iken *Artemia*'dan kesilen grupta gözlenmiştir. *Artemia* ile beslemeden erken dönemde tripsin, kimotripsin, elastaz ve pepsin seviyelerinin düştüğü yani yetersiz beslenme gözlemlenmiştir. Mikropartikül toz yemlerin

yüksek nişasta içeriğinden dolayı az da olsa amilaz seviyesinde yükseliş gözlemlenmiştir. Sonuç olarak 20. günden önce erken dönem *Artemia* kesme çalışmalarının canlıya zarar verdiği ve bu tarz bir besleme protokolünün uygulanmaması gerektiği vurgulanmıştır.

Madani et al. 2018 yılında yaptıkları çalışmada *Bacillus licheniformis* ve *Bacillus subtilis* bakterilerinin farklı dozlarını; büyüme parametreleri, balıkların kimyasal bileşimi, karaciğerin aktivitesi ve asya levreklerinin (*Lates calcarifer*) sindirim enzimleri üzerinde değerlendirmiştir. Deneme kapsamında 8 hafta boyunca, genç Asya levrekleri, ilave mikroorganizmaları olmayan bir kontrol diyetine ek olarak $1 \times 10^1 \times 10^6$ ve 1×10^9 CFU g⁻¹ probiyotik ile takviye edilmiş diyetler ile besleme yapılmıştır. Denemenin sonunda büyüme indeksleri (toplam ağırlık, toplam uzunluk, spesifik büyüme oranı, toplam kilo artışı, gıda dönüşüm oranı ve durum faktörü), vücut kompozisyonu (ham protein, ham lipit, kül ve kuru madde), sindirim enzimleri (proteaz, lipaz ve amilaz), karaciğer enzimleri aspartat aminotransferaz (AST), alanin aminotransferaz (ALT), alkalın fosfataz (ALP)], immünolojik göstergeler (lizozim) ve hematolojik parametreler hematokrit (Hct), hemoglobin (Hb), kırmızı kan hücreleri (RBC'ler), beyaz kan hücreleri (WBC'ler) değerlendirilmiştir. Probiyotik *Bacillus* (*Bacillus licheniformis* ve *Bacillus subtilis*) ilave edilmiş yemlerle beslenen Asya levrekleri, bazal diyetle beslenenlerden (kontrol) önemli ölçüde daha iyi büyüme göstermiş, vücut kompozisyonu ile ilgili olarak, toplam protein seviyeleri ve kuru madde, kontrol grubuna göre 1×10 CFU g⁻¹ probiyotik içeren diyetle beslenen balıklarda daha yüksek ve lipit seviyeleri daha düşük bulunmuştur (P <0.05). Sindirim enzimlerinin (proteaz, lipaz ve amilaz) ve hematolojik parametrelerin (RBC, WBC ve Hb) hepsi, 1×10^6 CFU g⁻¹ probiyotik *Bacillus* ile desteklenmiş balıkla beslenen diyetle en yüksek ölçülmüştür. Ayrıca, karaciğer enzimleri (AST, ALT, ALP), 1×10^6 CFU g⁻¹ probiyotik *Bacillus* yemlerle desteklenmiş diyetle daha düşük tespit edilmiştir. Sonuçta, diyetle 1×10^6 CFU g⁻¹ *Bacillus* takviyesi en iyi sonuçları veren doz olmuştur.

Castro et al. 2015 yılında yaptıkları çalışmada balık yem rasyonlarında kullanılan balık yağının bitkisel kaynaklı yağlarla değiştirilmesinin levrek sindirim enzimleri ve doku histomorfolojisi üzerine olan etkilerini çalışmıştır. Bu çalışmada yaklaşık %70 balık yağının (FO) bir bitkisel yağ (VO) harmanı (kolza tohumu,

keten tohumu, palmiye yağları; 20:50:30) ile levrek yavrularının (96 ± 0.8 g) diyetlerinde değiştirilmesinin etkisi değerlendirilmiştir. Deneme kapsamında ön (AI) ve arka (PI) bağırsakta sindirim enzimlerinin (amilaz, lipaz, alkalın fosfataz, tripsin ve toplam alkalın proteazlar) aktiviteleri açısından (pilorik çeka-PC, AI, PI, distal bağırsak-DI ve karaciğer) değerlendirilmiştir. Bu amaçla, balıklara 36 gün boyunca deneysel diyetler verilmiş ve son beslemeden 2, 6 ve 24 saat sonra karaciğer ve bağırsaktan örnekler alınmıştır. Alkalın proteaz karakterizasyonu, yemleme sonrasındaki 6. saatte AI ve PI'de de yapılmış ve diyet VO, AI'da beslenmeden 2 saat sonra ve PI'deki tüm örnekleme noktalarında daha yüksek alkalın fosfataz aktivitesini tetiklediği belirtilmiştir. Toplam alkalın proteaz aktivitesi, FO diyetiyle beslenen balıkların PI'sinde beslenme sonrası 6. saatte daha yüksek bulunmuş ve her iki diyetle beslenen balıkların alkalın proteazlarının zimogramlarında aynı sayıda bant gözleendiği rapor edilmiştir. VO diyetleri ile beslenen balıklarda PC, AI, PI veya DI histomorfizmasında hiçbir değişiklik gözlenmezken, karaciğerde lipit birikimine bağılı olarak hepatosit vakuolizasyonuna yönelik bir eğilim gözlenmiştir. Genel olarak ve daha yüksek bir bağırsak alkali fosfataz aktivitesi haricinde, levrekler için diyetlerde bir VO harmanıyla %70 FO ikamesi, sindirim enzimi aktivitelerinin ve bağırsak histomorfolojisinin postprandiyal paterninde belirgin bir değişiklik ile sonuçlanmadığı vurgulanmıştır.

Buraya kadar belirtilen çalışmalarda araştırmacıların sindirim enzimleri ve yetiştiriciliği yapılan balık türlerindeki sindirim metabolizmasının çalışma düzenini araştırma isteğinin giderek artmakta olduğu gözlemlenmektedir. Sindirim enzimleri konusu bu enzimlerin doku ve organlardan salgılanması sebebiyle çoğu zaman doku organ gelişimi konularıyla beraber ele alınmaktadır. Ayrıca besin nevi ve türevindeki değişimlerin balıklarda enzim aktivitelerini özellikle erken dönemde değiştirebileceği düşünülmektedir.

Zhang et al. 2018 yılında yaptıkları çalışmada Japon Levreği (*Lateolabrax japonicus*) yem rasyonlarında kullanılan balık unu ile değiştirilen soya ununun büyüme, sindirim enzimleri, bağırsak histolojisi ve bağırsak iltihabı üzerine etkileri araştırılmıştır. Japon levreklerinde balık unu (FM) yerine soya küspesi (SM) kullanılmış büyüme performansı, sindirim enzimleri aktivitesi, bağırsak histolojisi

ve bağırsak proenflamatuar ve taşıyıcı gen ekspresyonu üzerine etkilerini değerlendirilmiştir. Toplam üç deneme diyeti hazırlanmıştır, bunlar bazal FM bazlı diyet ve FM'nin %50 veya 75'ini SM (FM, SM50 ve SM75 diyetleri) ile ikame ederek iki SM diyetidir. Her diyet, sekiz hafta boyunca günde iki kez ad-libutum besleme tekniği ile üç grup balık (6.67 ± 0.03 g) ile beslenmiştir. Sonuçlar, FM ve SM50 grupları arasındaki büyüme performansında önemli ($P > 0.05$) farklar göstermezken, replasman düzeyinin %75'e çıkarılması, önemli ölçüde ($P < 0.05$) azalmış büyüme oranına yol açmıştır. Bununla birlikte hem SM50 hem de SM75 grupları, FM grubuna göre önemli ölçüde daha düşük yem verimliliği ve protein verimlilik oranı göstermiştir. SM75 diyeti uygulanan grupta kuru madde ve proteinin önemli ölçüde düşük sindirilebilirlik katsayıları elde edilmiş ve brüt enerjinin sindirilebilirlik katsayısı hem SM50 hem de SM75 gruplarında azalmıştır. Ayrıca, SM75 ile beslenen balıklar, diğer tedavilerden çok daha düşük sağkalım oranı sergilemiştir. SM75 grubunda FM ile beslenen balıklardan daha düşük tüm vücut proteini ve lipit içeriği tespit edilmiştir. FM gruplarına kıyasla SM gruplarının ön tanısında proteaz, amilaz ve lipaz aktivitelerinde önemli düşüşler bulunmuştur. SM75 diyeti verilmesi, önbağırsak ve ortabağırsak'ta villus yüksekliği, villus kalınlığı ve kas kalınlığında önemli azalmaya neden olmuştur. SM gruplarında serum D-laktat konsantrasyonunda dikkate değer bir artış tespit edilmiş ve SM75 grubunda serum diamin oksidaz aktivitesi yükselmiştir. FM'nin değiştirilmesi, TNF-a, IL-1 β , IL-2, IL-8 gibi bağırsak pro-enflamatuar genlerinin yüksek ekspresyonu ile sonuçlanırken, anti-enflamatuar gen IL-4 için zıt bir eğilim gözlenmiştir. PepT1, LAT1 ve SLC1A5 dahil olmak üzere bağırsak taşıyıcı genlerin ekspresyonu, SM replasmanı ile önemli ölçüde yukarı regüle edilmiştir. Sonuç olarak, FM'nin %50'sinin SM ile değiştirilmesi büyüme performansını önemli ölçüde etkilememiştir, ancak yem kullanımı, sindirim enzimleri aktivitesi ve bağırsak sağlığı üzerinde daha yüksek replasman seviyesinde daha belirgin olan olumsuz etkiler bulunmuştur.

Coz-Rakovac et al. 2005 yılında levreklerde kan kimyası ve histolojik özellikleri üzerine çalışma yapmışlar bu değerleri kültür orijinli ve doğadan yakalanan levrekler ile karşılaştırmıştır. Çalışmada Aspartat aminotransferazlar (AST), alanin aminotransferaz (ALT), trigliserit (TRIG), kolesterol (CHOL), glikoz (GLU) ve toplam protein (TP) plazma seviyelerini kültür orijinli (CSB) incelemek

için histolojik ve biyokimyasal prosedürler kullanılmış ve Adriyatik Denizi'nin kuzey kesiminden elde edilen doğal levrekler (WSB) ile çalışılmıştır. Karaciğerdeki histopatolojik değişiklikleri incelenen kültür levreklerinde değişen derecelerde infiltrasyon ve hepatositlerin lipit dejenerasyonunu gözlemlenmiştir. CSB (44 IU) ve WSB (45 IU) medyan AST değerleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Her iki grupta ALT değerleri <5 IU iken TRIG, CHOL, GLU ve TP seviyeleri CSB'de (sırasıyla 2.08 mmol / L, 3.67 mmol / L, 10.66 mmol / L ve 49 g / L) WSB'den (0.67 mmol / L, 2.74 mmol / L, 3.68) daha yüksekti sırasıyla mmol / L ve 36 g / L) olarak tespit edilmiştir. Çalışma plazma biyokimyasal parametreleri ile CSB ve WSB'nin karaciğer histomorfolojisi arasında farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bu, enerji metabolizmasını etkileyen farklı diyetlerin (doğal gıdaların aksine yapay) bir sonucu olarak açıklanabileceği bildirilmiştir.

Bir diğer çalışmada Bonaldo et al. 2008 yılında yaptıkları çalışma Soya fasulyesi unu (SBM) 'nin çipura ve levrek büyüme performansı ve bağırsak histolojisi üzerindeki etkisini belirlemek için yapılmıştır. 0 (0 SBM), 180 (180 SBM) ve 300 (300 SBM) g kg⁻¹ içeren üç izonitrojen ve izolipid ekstrüde diyet (ham protein, 470 g kg⁻¹ diyet; ham yağ, 200 g kg⁻¹ diyet) formüle edilmiştir. 1 diyet SBM ve her iki tür üzerinde iki ayrı deneyde test edilmiştir. Ortalama ağırlığı 18 g civarında olan balıklar, kapalı resirküle sisteme bağlı 800 l, kare tanklara rastgele stoklanmıştır. Denemeler çipura için 80 gün, levrek için 89 gün sürmüştür ve tüm balıklar doyana kadar elle beslenmiştir. SBM düzeyinin artırılmasının her iki türdeki spesifik büyüme hızı, yem alımı ve yem dönüşüm oranı üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Çipura distal bağırsağında, mononükleer hücreler tarafından temsil edilen hücre infiltrasyonundaki bir artış nedeniyle lamina propria, bazı balıklarda orta ve yaygın bir şekilde genişlemiştir. Bu diyet 300 SBM ile beslenen hayvanlarda daha sık görülmüştür. Herhangi bir grubun çipura distal bağırsaklarında bağırsak kıvrımlarında, enterositlerde veya diğer iltihaplanma işaretlerinde başka hiçbir morfolojik değişiklik fark edilmedi. Hiçbir deney grubunda levreklerde histolojik farklılık bulunmadığı vurgulanmıştır.

Bonvini et al. 2018 yılında yaptıkları çalışmada yetiştiricilik sistemlerinde kullanılan yemlerde her geçen gün yüksek lif oranına ulaşılması balık yemi formülasyonundaki değişen eğilimler ve bu bileşenin (lif) çoğu balık tarafından

kullanılmamasına rağmen, her zaman daha fazla lif katma eğilimi incelenmiştir. Artan çözünmeyen lif düzeyinin levreklerde büyüme, besin kullanımı, kan parametreleri ve bağırsak sağlığı üzerine etkileri 117 günlük bir süre boyunca gözlenmiştir. Ayrıca, gastrointestinal boşaltım modeli ve sindirim karakteristikleri yoluyla sindirim geçiş süresi araştırılmıştır. Beş izoproteik diyet, artan çözünmeyen lif seviyeleri, nötr deterjan lifi, NDF (%7,2- 8,9- 11,5- 13,1 ve 15,5), ayçiçeği gövdeleri ve soya fasulyesi kabuklarının dahil edilmesiyle türetilecek şekilde formüle edilmiştir. Son vücut ağırlığı, spesifik büyüme oranı, yem alımı, yem dönüşüm oranı, protein ve lipit veriminde lif içerme seviyelerine bağlı olarak önemli bir fark gözlenmemiştir. Serum toplam proteini, glikoz, trigliseritler, alkalın fosfataz ve inorganik fosforda anlamlı bir fark bulunmamıştır. Tüm histolojik bölümler normal bağırsak yapısı göstermiş ve incelenen tüm deneklerin herhangi bir histolojik bölümünde inflamatuvar ve/veya dejeneratif değişiklikler tespit edilmemiştir. Gastrointestinal boşaltım modeli üzerine yapılan araştırmalar, tedaviler arasında önemli bir farklılık göstermemiş ancak daha yüksek diyet lifi seviyeleri mideyi boşaltmak için gereken süreyi arttırırken, arka bağırsak içeriğinin %90'ını boşaltmak için gereken süre tüm tedavilerde (yaklaşık 46– 47 saat) benzer görünüm sergilemiştir. Sindirim yolları boyunca nem içeriğindeki diyetler arasında fark bulunmamıştır. Bu denemede test edilen farklı çözünmeyen lif seviyelerinin, levreklerdeki genel performanslar ve yem verimliliği üzerinde hiçbir etkisi olmadığı sonucuna varabiliriz. Kan biyokimya profili ve histolojiden elde edilen sonuçlar, tüm beslenme tedavileri altında balıkların iyi beslenme ve sağlık durumunu doğrulamaktadır. Liflerin dahil edilmesinin sindirim geçiş süresi üzerinde hiçbir etkisi bulunmazken levreklerin büyümesi için yem formülasyonunda, ayçiçeği kabuklarından ve soya fasulyesi kabuklarından elde edilen çözünmeyen lif %15,5'e kadar bir seviyede dahil edilebileceği belirtilmiştir.

Bolasina et al., 2006 yılında Japon pisi balığı (*Paralichthys olivaceus*) larvaları ve erken dönem juvenillerinde yapılan bir çalışmada farklı gelişim aşamalarında aç bırakılan balıkların enzim aktiviteleri karşılaştırılmıştır. Denemede su sıcaklığı 18 °C olup 12 saat aydınlık 12 saat karanlık olacak şekilde aydınlatma uygulanmıştır. Bu denemede 3 farklı yaş grubundan çalışmalar yapılmıştır. Bu yaşlar 2-8. gün, 23-29. gün ve 31-39. gün aralarında balıklar aç bırakılmıştır. 2-8. günlerde yapılan denemede balıklar 2 gün aç bırakıldıktan sonra besleme

yapılmıştır. Enzim aktivitelerine bakıldığında, aç bırakılan gruplarda enzim aktivitelerinin düştüğü gözlemlenmiştir. İlk deneme incelendiğinde tripsin ve lipaz aktivitelerinde kontrol grubu ve deneme grubu arasında önemli ölçüde farklılıklar görülmüştür. İkinci deneme grubunda ise kontrol grubu ve diğer gruplar arasında önemli ölçüde farklılıklar oluşmuştur. 2 gün aç bırakıldıktan sonra tekrar beslenen grupta tripsin aktivitesinin kontrol grubu seviyesine gelmesi 2 gün sürmüştür. Üçüncü deneme grubunda ise sadece tripsin aktivitesinde önemli ölçüde farklar görülmüştür (Bolasina et al., 2006). Bu çalışmadan elde edilen enzim profilindeki değişimlere ait sonuçlar ile bizim çalışmamızdan elde edilen sonuçlar arasında önemli benzerlikler tespit edilmiştir.

Bir başka çalışmada Sheng et al., 2007 yılında açlığın *Hippocampus trimaculatus* ve *Hippocampus kuda* türü denizatlarında erken juvenil dönemlerinde beslenme yeteneği, büyüme ve hayatta kalma oranları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. *H. trimaculatus* ve *H. kuda* juvenillerinin 23–25 °C sıcaklıkta ve %32–33 tuzlulukta açlığa karşı büyük bir tolerans gösterdiği saptanmıştır. Denemede larvalar 0, 24, 48, 72 ve 96 saat aç bırakılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde açlığın *Hippocampus trimaculatus* türünde yaşama oranı en yüksek 24 saat aç bırakılıp daha sonra beslenmeye başlanan grupta bulunmuştur. Kontrol ve 48 saat aç bırakıldıktan sonra beslenmeye başlanan grup arasında önemli ölçüde yaşama oranı farkı saptanmamıştır. Bu 3 grubun dışındaki gruplarda 7 günlük deneme sonunda canlı larva kalmamıştır. *Hippocampus kuda* türüne bakıldığında kontrol, 24 ve 48 saat aç bırakılan gruplar 7 günlük denemenin sonunda %45'ten fazla yaşama oranına ulaşmıştır. Sonuçta 72 saatlik grupta ise bu oran %10'a kadar düşmüş ve 96 saatlik grupta ise deneme sonunda canlı larva kalmamıştır. *H. trimaculatus* juvenilleri dönüşü olmayan noktaya (PNR) 116.7 saatte ulaşırken ve *H. kuda* juvenilleri ise 115.6 saatte ulaştığı belirtilmiştir.

Kailasam et al., 2007 yılında yaptığı çalışmada Asya levreğinin larvalarında ötelenmiş beslemenin büyüme ve yaşama oranını incelemiştir. Denemede larvalar yumurta açılımından 48, 72, 96 ve 120 saat sonra beslenmeye başlanmıştır. 21 günlük besleme periyodundan sonra en yüksek yaşama oranı %31 ile 48 saat sonra beslenen grupta gözlenmiştir. 72 sonra beslenen larvalarda %21, 96 saat sonra beslenen larvalarda %8 yaşama oranı tespit edilmiştir. 120 sonra beslenmeye

başlanan larvaların ise 21 günün sonun tamamen öldüğü görülmüştür. Veriler istatistiksel açıdan incelendiğinde 48 saat sonra beslenen grubun diğer gruplarla oluşturduğu fark önem arz ederken, 72 ve 96 saat sonra beslenen gruplar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde elde edilen yaşama oranı verilerinin bizim çalışmamızla paralel sonuçlar gösterdiği görülmektedir. Kısıtlı beslemenin özellikle larval dönemde yoğun larva kaybına sebep olduğu belirtilmektedir. Bunun en önemli sebeplerinden birinin organogenesis sürecini yavaşlatması ve balığın yaşamsal faaliyetlerini sekteye uğratması olarak özetlenebilir. Kısıtlı beslemenin süresinin uzaması durumunda ise balıkların dönüşü olmayan noktaya girdikleri ve bu noktadan sonra her ne kadar besleme yapılsa da balıkların yem almadıkları ve öldükleri gözlemlenmiştir.

Tang et al., 2005 yılında yaptığı çalışmada sarı istiridyelerde (*Meretrix meretrix*) açlık telafisinin büyüme ve yaşama oranına olan etkisini araştırmıştır. Yapılan bu çalışma 25 °C'de gerçekleştirilmiştir. *M. meretrix* larvaları, gelişimin başlangıcından itibaren büyüme telafisini incelemek için çeşitli günlerde gıdadan mahrum bırakıldı. Sonuçlar, açlığın büyüme üzerinde önemli etkileri olmasına rağmen, *M. meretrix* larvalarının uzun süreli beslenme gecikmelerinde hayatta kalabildiğini ve hatta yiyecek eklenmeden metamorfoza erişebildiğini gösterdi. Bu sonuçlar, *M. meretrix* larvalarının alternatif enerji kaynakları kullanarak 'açlıktan' kurtulma kapasitesine sahip olduğunu gösterdi. Gruplar 1, 2, 3 ve 4 gün aç bırakıldıktan sonra beslenmeye başlanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde yaşama oranlarında önemli ölçüde farka rastlanmamıştır. Fakat kabuk uzunluklarına bakıldığında kontrol ve 1 gün aç bırakılan deneme gruplarının diğer gruplara göre önemli ölçüde daha uzun olduğu saptanmıştır. Kailasam et al., 2007 yılında Asya levreğinin larvalarında yaptığı çalışmaya bakıldığında, 48 saat sonunda beslenmeye başlanan grupların diğer gruplara göre total boy ve ağırlık artışında daha olumlu sonuçlar alındığı gözlemlenmiştir. Kamali et al., 2006, yılında yaptığı çalışmada *Acipenser nudiiventris* türünün larvalarında ötelenmiş besleme çalışmış ve büyüme parametrelerini incelemiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda ilk beslemenin ötelenmesinin ağırlık kazancı ve boy artışını etkilediği, besleme ne kadar çok ertelenirse ağırlık ve boy artışının o kadar azaldığı gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada telafi beslemelerinin kısa süre içerisinde etkili olmadığı da görülmüştür. Bu çalışmada ilk besleme 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 ve 16 gün olarak şekilde

ötelenmiştir. 9, 10 ve 11. günler arasında istatistiksel açıdan önem arz edecek bir fark görülmezken, 12. günden itibaren ötelenmiş beslemenin negatif anlamda etkileri görülmeye başlanmıştır. Bu bağlamda 12. günden itibaren beslenen balıkların 9,10 ve 11. günde beslenen balıklara göre gelişimleri anlamlı bir şekilde azaldığı görülmüştür.

Sonuç olarak, yapılan çalışmalarda özellikle larval dönemde aç bırakılan veya döngülü şekilde beslenen larvaların başta büyüme parametreleri olmak üzere fizyolojik, enzimatik ve histolojik olarak olumsuz gelişmeler kaydedildiği görülmüştür. Özellikle metamorfoz sürecinde yaşanan açlık organogenesis sürecinin yavaşlamasına ve durmasına neden olmaktadır. Bu sürecin telafisinin de mümkün olmadığı görülmektedir. Juvenil dönemde gerçekleşen kısıtlı beslemelerin ise balık gelişimi üzerine olumsuz etkilerinin olduğu yapılan birçok çalışma ile kanıtlanmıştır. Özellikle enzim aktiviteleri konusunda kısıtlı beslenen balıkların olumsuz etkiler gösterdiği ve bu etkilerin giderilmesi için belirli süreler gerektiği görülmektedir. Ayrıca aç bırakma süresinin uzun tutulması balıkların geri dönülemez noktaya gelmesine ve bu sürecin sonunda %100 ölüm oranlarına ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

Yukarıdaki çalışma örneklerinden de anlaşılacağı gibi yetiştiriciliği yapılan balık türlerinde her geçen gün verim, performans ve maliyet kazancı sağlayabilmek adına enzim aktivasyonların ve histolojik değişimlerin belirlenmesinin önemi artmaktadır. Bu kapsamda farklı üretim koşullarında ve modellemelerinde birçok tür için bu çalışmalar yapılmaktadır. Üretim koşulları altında yüksek yoğunluklarla stoklanan balıkların yem dönüşüm oranları üretim başarısının ana kriterlerinden biridir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda yüksek stok altında yetiştirilen türlerde açlığın etkisi merak konusu olmuştur. Açlığın ya da dönemsel açlığın canlı üzerine etkileri histolojik ve enzim aktiviteleri açısından incelenmiş ve yorumlanmaya çalışılmıştır.

Toplanan tüm veriler değerlendirildiğinde levrek larva metamorfoz süreci içerisinde besin yetersizliğine maruz kaldığında büyüme, yaşam oranı ve larval kalite parametrelerinin düşüş gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, her ne koşulda olursa olsun döngülü ya da sürekli açlık olgusu organogenesis ve buna bağlı olarak metamorfoz sürecini tamamlamamış larvalarda tüm yaşamsal

fonksiyonların yanında gelişimi de önemli derecede negatif etkilediği bulunmuştur. Yapılan histolojik analizlerde besin eksikliğinin ya da döngüsel açlık periyodunun doku, organel, organ ve sistemik oluşumları geciktirerek ötelediği bunun sonucunda da başta gastrointestinal sistem olmak üzere tüm organ ve sistemlerinde yaşamsal fonksiyonlarını yerine getiremediği sonucuna ulaşılmıştır. Alınan besinlerin değerlendirilmesinde kilit öneme sahip tripsin, pepsin, lipaz ve amilaz gibi sindirim enzimlerinin salgılandığı pankreas ve mide gibi organların gelişmemesi ve/veya gelişiminin ötelenmesi bu enzimlerinde salgılanmasını doğrudan olumsuz etkilemekte ve sonuçta profili bozulan enzim aktiviteleri de alınan besinlerden en üst düzeyde yararlanma düzeyini önemli ölçüde azaltmaktadır. Larval gelişim gibi önemli bir süreçte açlık olgusunun yarattığı organogenesis ve buna bağlı olarak metamorfoz sürecinin sekteye uğraması gibi olumsuzluklar larvanın morfolojik yapısını da negatif yönde etkilediği sonucuna varılmıştır. Özellikle 8-12. günler arasında izlenen hava kesesi gelişiminde meydana gelen olumsuzluklar larvanın morfolojik olarak farklılaşmasına ve büyük olasılıkla sonraki juvenil ve ergin dönemlerinde deforme birey olarak yaşamını sürdürmesine neden olduğu anlaşılmıştır. Bunun yanında, hem kontrol grubundan hemde önceki çalışmalardan (Suzer et al., 2007) elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 25. günde izlenen fonksiyonel mide oluşumunun aç bırakılan deneme gruplarında daha sonraki günlerde oluşması kültür koşullarında sövraj döneminin ve buna bağlı olarak sistemik gelişimlerinde gecikmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda da belirtilen birçok çalışmada özellikle metamorfoz sürecinde yaşanan açlık organogenesis sürecinin yavaşlamasına ve durmasına neden olmaktadır. Bu sürecin telafisinin de mümkün olmadığı görülmektedir. Elde edilen veriler yukarıda bahsi geçen çalışmalarla örtüşmektedir.

Tüm bu veriler ışığında levrek larva kültüründe erken dönemlerde döngüsel açlık uygulamalarının deneme gruplarındaki larvalarda enzimatik, histolojik ve morfolojik açıdan önemli sorunlara yol açtığı, başta larval gelişim ve yaşama oranı olmak üzere büyüme parametrelerinin yanında organogenesis ve metamorfoz süreçlerini yavaşlaması neticesinde organ ve sistem oluşumlarını geciktirerek enzimatik, histo-morfolojik ve morfometrik açıdan larvanın tüm yaşamsal faaliyetlerini olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Adaklı, A., & Taşbozan, O. (2015). The effects of different cycles of starvation and refeeding on growth and body composition on European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 15(3), 419-427.

Ali, M., Niecieza, A., & Wootton, R. J. (2003). Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. Fish and fisheries, 4(2), 147-190.

Alliot, E., Djabali, M., Pastoureaud, A., & Thebault, H. (1984). Changes in the biochemical composition of tissues in juvenile sea bass during forced starvation. Biochemical systematics and ecology, 12(2), 209-213.

Alpbaz, A. G. (1990). Marine fin fish culture. Ege University Publications, (20).

Antonopoulou, E., Kentepozidou, E., Feidantsis, K., Roufidou, C., Despoti, S., & Chatzifotis, S. (2013). Starvation and re-feeding affect Hsp expression, MAPK activation and antioxidant enzymes activity of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 165(1), 79-88.

Augustine, S., Litvak, M. K., & Kooijman, S. A. (2011). Stochastic feeding of fish larvae and their metabolic handling of starvation. Journal of Sea Research, 66(4), 411-418.

Bavčević, L., Klanjšček, T., Karamarko, V., Aničić, I., & Legović, T. (2010). Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates weight, but not length. Aquaculture, 301(1-4), 57-63.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Bayır, M., Bayır, A., & Aras, N. M. (2014). A comparison of the effect of long-term starvation on responses to low-temperature stress by juvenile rainbow (*Oncorhynchus mykiss*) and brown (*a*) trout reveal different responses in the two species. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 47(4), 239-251.

Black, D., & Love, R. M. (1986). The sequential mobilisation and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. *Journal of Comparative Physiology B*, 156(4), 469-479.

Blake, R. W., & Chan, K. H. S. (2006). Cyclic feeding and subsequent compensatory growth do not significantly impact standard metabolic rate or critical swimming speed in rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 69(3), 818-827.

Bolasina, S., Tagawa, M., Yamashita, Y., & Tanaka, M. (2006). Effect of stocking density on growth, digestive enzyme activity and cortisol level in larvae and juveniles of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 259(1-4), 432-443.

Bonaldo, A., Roem, A. J., Fagioli, P., Pecchini, A., Cipollini, I., & Gatta, P. P. (2008). Influence of dietary levels of soybean meal on the performance and gut histology of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture Research*, 39(9), 970-978.

Bonvini, E., Bonaldo, A., Parma, L., Mandrioli, L., Sirri, R., Grandi, M., ... & Gatta, P. P. (2018). Feeding European sea bass with increasing dietary fibre levels: Impact on growth, blood biochemistry, gut histology, gut evacuation. *Aquaculture*, 494, 1-9.

Bowden, T. J. (2008). Modulation of the immune system of fish by their environment. *Fish & shellfish immunology*, 25(4), 373-383.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Cahu, C., & Infante, J. Z. (2001). Substitution of live food by formulated diets in marine fish larvae. *Aquaculture*, 200(1-2), 161-180.

Caruso, G., Denaro, M. G., Caruso, R., Genovese, L., Mancari, F., & Maricchiolo, G. (2012). Short fasting and refeeding in red porgy (*Pagrus pagrus*, Linnaeus 1758): Response of some haematological, biochemical and non specific immune parameters. *Marine Environmental Research*, 81, 18-25.

Caruso, G., Denaro, M. G., Caruso, R., Mancari, F., Genovese, L., & Maricchiolo, G. (2011). Response to short term starvation of growth, haematological, biochemical and non-specific immune parameters in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). *Marine environmental research*, 72(1-2), 46-52.

Caruso, G., Genovese, L., Maricchiolo, G., & Modica, A. (2005). Haematological, biochemical and immunological parameters as stress indicators in *Dicentrarchus labrax* and *Sparus aurata* farmed in off-shore cages. *Aquaculture International*, 13(1-2), 67-73.

Castro, C., Couto, A., Pérez-Jiménez, A., Serra, C. R., Díaz-Rosales, P., Fernandes, R., ... & Oliva-Teles, A. (2016). Effects of fish oil replacement by vegetable oil blend on digestive enzymes and tissue histomorphology of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Fish physiology and biochemistry*, 42, 203-217.

Cetinkaya, O., & Gullu, K. (1995). Production, storage and use of fish silage. Yuzuncu Yil University. *The Journal of Agricultural Faculty (Turkey)*.

Chatakondi, N. G., & Yant, R. D. (2001). Application of compensatory growth to enhance production in channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32(3), 278-285.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Chatzifotis, S., Papadaki, M., Despoti, S., Roufidou, C., & Antonopoulou, E. (2011). Effect of starvation and re-feeding on reproductive indices, body weight, plasma metabolites and oxidative enzymes of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 316(1-4), 53-59.

Cho, Y. J., & Cho, S. H. (2009). Compensatory growth of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, fed the extruded pellet with different feeding regimes. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(4), 505-512.

Coz-Rakovac, R., Strunjak-Perovic¹, I., Hacmanjek, M., Popovic, N. T., Lipej, Z., & Sostaric, B. (2005). Blood chemistry and histological properties of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in the North Adriatic Sea. *Veterinary research communications*, 29, 677-687.

Dar, S. A., Srivastava, P. P., Varghese, T., Gupta, S., Gireesh-Babu, P., & Krishna, G. (2018). Effects of starvation and refeeding on expression of ghrelin and leptin gene with variations in metabolic parameters in *Labeo rohita* fingerlings. *Aquaculture*, 484, 219-227.

Davis, K. B., & Gaylord, T. G. (2011). Effect of fasting on body composition and responses to stress in sunshine bass. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 158(1), 30-36.

De Roos, R. (1994). Plasma ketone, glucose, lactate, and alanine levels in the vascular supply to and from the brain of the spiny dogfish shark (*Squalus acanthias*). *Journal of Experimental Zoology*, 268(5), 354-363.

Demers, N. E., & Bayne, C. J. (1997). The immediate effects of stress on hormones and plasma lysozyme in rainbow trout. *Developmental & Comparative Immunology*, 21(4), 363-373.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Dendrinos, P., & Thorpe, J. P. (1985). Effects of reduced salinity on growth and body composition in the European bass *Dicentrarchus labrax* (L.). *Aquaculture*, 49(3-4), 333-358.

Dincer, T., Cakli, S., Kilinc, B., & Tolasa, S. (2010). Amino acids and fatty acid composition content of fish sauce. *Journal of animal and veterinary advances*, 9(2), 311-315.

Dinçkaya, E., 1997. Enzimatik Analizler. *Enzimoloji Lisansüstü Yaz Okulu 1997* (Editör Azmi Telefoncu), s:307-352.

Domenicali, M., Caraceni, P., Vendemiale, G., Grattagliano, I., Nardo, B., Dall'Agata, M., ... & Bernardi, M. (2001). Food deprivation exacerbates mitochondrial oxidative stress in rat liver exposed to ischemia-reperfusion injury. *The Journal of nutrition*, 131(1), 105-110.

Echevarría, G., Martínez-Bebía, M., & Zamora, S. (1997). Evolution of biometric indices and plasma metabolites during prolonged starvation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 118(1), 111-123.

Einarsdóttir, I. E., & Nilssen, K. J. (1996). Stress responses of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) elicited by water level reduction in rearing tanks. *Fish Physiology and Biochemistry*, 15, 395-400.

Falahatkar, B. (2012). The metabolic effects of feeding and fasting in beluga *Huso huso*. *Marine environmental research*, 82, 69-75.

Fang, Z., Tian, X., & Dong, S. (2017). Effects of starving and re-feeding strategies on the growth performance and physiological characteristics of the juvenile tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*). *Journal of Ocean University of China*, 16, 517-524.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
<https://www.fao.org/publications/sofia/2022/en/> (Erişim tarihi: 12 Ocak 2023)

Fletcher, T. C., & White, A. (1973). Lysozyme activity in the plaice (*Pleuronectes platessa* L.). *Experientia*, 29, 1283-1285.

FIRAT, K., SAKA, Ş. (2000). Levrek (*Dicentrarchus labrax* L.) Balığının Biyolojisi ve Yetiştirme Teknikleri. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ticari Balık Türlerinin Biyolojisi ve Yetiştirme Teknikleri Hizmet İçi Eğitim Semineri, Ankara, s: 67-78.

Foster, G. D., & Moon, T. W. (1991). Hypometabolism with fasting in the yellow perch (*Perca flavescens*): a study of enzymes, hepatocyte metabolism, and tissue size. *Physiological Zoology*, 64(1), 259-275.

Fu, C., Li, D., Hu, W., Wang, Y., & Zhu, Z. (2007). Fast-growing transgenic common carp mounting compensatory growth. *Journal of Fish Biology*, 71, 174-185.

Furné, M., García-Gallego, M., Hidalgo, M. C., Morales, A. E., Domezain, A., Domezain, J., & Sanz, A. (2009). Oxidative stress parameters during starvation and refeeding periods in Adriatic sturgeon (*Acipenser naccarii*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 15(6), 587-595.

Galaviz, M. A., García-Gasca, A., Drawbridge, M., Álvarez-González, C. A., & López, L. M. (2011). Ontogeny of the digestive tract and enzymatic activity in white seabass, *Atractoscion nobilis*, larvae. *Aquaculture*, 318(1-2), 162-168.

Gaylord, T. G., & Gatlin III, D. M. (2001). Dietary protein and energy modifications to maximize compensatory growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 194(3-4), 337-348.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Gaylord, T. G., & Gatlin Iii, D. M. (2000). Dietary lipid level but not l-carnitine affects growth performance of hybrid striped bass (*Morone chrysops*♀×*M. saxatilis*♂). *Aquaculture*, 190(3-4), 237-246.

Gillis, T. E., & Ballantyne, J. S. (1996). The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. *Journal of fish biology*, 49(6), 1306-1316.

Gisbert, E., Piedrahita, R. H., & Conklin, D. E. (2004). Ontogenetic development of the digestive system in California halibut (*Paralichthys californicus*) with notes on feeding practices. *Aquaculture*, 232(1-4), 455-470.

Glencross, B. D., Tocher, D. R., Matthew, C., & Gordon Bell, J. (2014). Interactions between dietary docosahexaenoic acid and other long-chain polyunsaturated fatty acids on performance and fatty acid retention in post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish physiology and biochemistry*, 40(4), 1213-1227.

Gözükara, E. M., 1997, *Biyokimya, Nobel Tıp Kitapevleri, Ankara.*

Gregory, M. K., & James, M. J. (2014). Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Elovl5 and Elovl2 differ in selectivity for elongation of omega-3 docosapentaenoic acid. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1841(12), 1656-1660.

Guderley, H., Lapointe, D., Bédard, M., & Dutil, J. D. (2003). Metabolic priorities during starvation: enzyme sparing in liver and white muscle of Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 135(2), 347-356.

Gurney, W. S., Jones, W., Veitch, A. R., & Nisbet, R. M. (2003). Resource allocation, hyperphagia, and compensatory growth in juveniles. *Ecology*, 84(10), 2777-2787.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Güroy, D., Güroy, B., Merrifield, D. L., Ergün, Sebahattin, Tekinay, A. A., & Yiğit, M. U. R. A. T. (2011). Effect of dietary Ulva and Spirulina on weight loss and body composition of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), during a starvation period. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 95(3), 320-327.

Hayward, R. S., Noltie, D. B., & Wang, N. (1997). Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. *Transactions of the American Fisheries Society*, 126(2), 316-322.

Hoşsu, B., Korkut, A. Y., & Fırat, A. (2001). Fish nutrition and food technology I. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, (50).

<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-Urunleri-2021-45745> (Erişim tarihi: 12 Ocak)

Huang, G., Wei, L., Zhang, X., & Gao, T. (2008). Compensatory growth of juvenile brown flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel) following thermal manipulation. *Journal of Fish Biology*, 72(10), 2534-2542.

Hvas, M., Nilsson, J., Vågseth, T., Nola, V., Fjelldal, P. G., Hansen, T. J., ... & Folkedal, O. (2022). Full compensatory growth before harvest and no impact on fish welfare in Atlantic salmon after an 8-week fasting period. *Aquaculture*, 546, 737415.

Infante, J. Z., & Cahu, C. (1994). Development and response to a diet change of some digestive enzymes in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*, 12, 399-408.

Jobling, M. (2010). Are compensatory growth and catch-up growth two sides of the same coin?. *Aquaculture International*, 18(4), 501-510.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Jobling, M., Meløy, O. H., Dos Santos, J., & Christiansen, B. J. A. I. (1994). The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquaculture International*, 2(2), 75-90.

Jobling, S., & Sumpter, J. P. (1993). Detergent components in sewage effluent are weakly oestrogenic to fish: an in vitro study using rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocytes. *Aquatic toxicology*, 27(3-4), 361-372.

Johnson, D. W., & Katavic, I. (1984). Mortality, growth and swim bladder stress syndrome of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae under varied environmental conditions. *Aquaculture*, 38(1), 67-78.

Kailasam, M., Thirunavukkarasu, A. R., Selvaraj, S., & Stalin, P. (2007). Effect of delayed initial feeding on growth and survival of Asian sea bass *Lates calcarifer* (Bloch) larvae. *Aquaculture*, 271(1-4), 298-306.

Kamacı, H. O., Suzer, C., Çoban, D., Saka, S. and Firat, K., 2010, Organogenesis of exocrine pancreas in sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) larvae: characterization of trypsin expression, *Fish Physiology and Biochemistry*, 36: 993–1000.

Känkänen, M., & Pirhonen, J. (2009). The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish *Coregonus lavaretus* L. *Aquaculture*, 288(1-2), 92-97.

Känkänen, M., & Pirhonen, J. (2009). The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish *Coregonus lavaretus* L. *Aquaculture*, 288(1-2), 92-97.

Katavić, I., Jug-dujaković, J., & Glamuzina, B. (1989). Cannibalism as a factor affecting the survival of intensively cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fingerlings. *Aquaculture*, 77(2-3), 135-143.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Keha, E. E., & Küfrevioğlu, Ö. İ. (2007). Biyokimya, Aktif Yayınevi, 5. Baskı. Sirkeci/İstanbul.

Kennedy, M., & Fitzmaurice, P. (1972). The biology of the bass, *Dicentrarchus labrax*, in Irish waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 52(3), 557-597.

Ketola, H. G. (1982). Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B: Comparative Biochemistry*, 73(1), 17-24.

Krogdahl, Å., & Bakke-McKellep, A. M. (2005). Fasting and refeeding cause rapid changes in intestinal tissue mass and digestive enzyme capacities of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 141(4), 450-460.

Letcher, B. H., Rice, J. A., Crowder, L. B., & Binkowski, F. P. (1996). Size-dependent effects of continuous and intermittent feeding on starvation time and mass loss in starving yellow perch larvae and juveniles. *Transactions of the American Fisheries Society*, 125(1), 14-26.

Lupatsch, I., Kissil, G. W., & Sklan, D. (2001). Optimization of feeding regimes for European sea bass *Dicentrarchus labrax*: a factorial approach. *Aquaculture*, 202(3-4), 289-302.

Loy, A., Cataudella, S., & Corti, M. (1996). Shape changes during the growth of the Sea Bass, *Dicentrarchus labrax* (Teleostea: Perciformes), in relation to different rearing conditions: an application of thin-plate spline regression analysis. *Advances in morphometrics*, 399-405.

Mackas, D. L., Denman, K. L., & Abbott, M. R. (1985). Plankton patchiness: biology in the physical vernacular. *Bulletin of Marine Science*, 37(2), 652-674.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Mattila, J., Koskela, J., & Pirhonen, J. (2009). The effect of the length of repeated feed deprivation between single meals on compensatory growth of pikeperch *Sander lucioperca*. *Aquaculture*, 296(1-2), 65-70.

Métais, P., & Bieth, J. (1968). Determination of alpha-amylase by a microtechnic. In *Annales de biologie clinique* (Vol. 26, No. 1, pp. 133-142).

Metcalf, N. B., & Monaghan, P. (2001). Compensation for a bad start: grow now, pay later?. *Trends in ecology & evolution*, 16(5), 254-260.

Metcalf, N. B., Bull, C. D., & Mangel, M. (2002). Seasonal variation in catch-up growth reveals state-dependent somatic allocations in salmon. *Evolutionary Ecology Research*, 4(6), 871-881.

Metón, I., Fernández, F., & Baanante, A. I. (2003). Short-and long-term effects of refeeding on key enzyme activities in glycolysis–gluconeogenesis in the liver of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 225(1-4), 99-107.

Miller, T. J., Crowder, L. B., Rice, J. A., & Marschall, E. A. (1988). Larval size and recruitment mechanisms in fishes: toward a conceptual framework. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45(9), 1657-1670.

Moon, T. W., & Johnston, I. A. (1980). Starvation and the activities of glycolytic and gluconeogenic enzymes in skeletal muscles and liver of the plaice, *Pleuronectes platessa*. *Journal of comparative physiology*, 136(1), 31-38.

Morales, A. E., Pérez-Jiménez, A., Hidalgo, M. C., Abellán, E., & Cardenete, G. (2004). Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 139(1-3), 153-161.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Murray, D. S., Hager, H., Tocher, D. R., & Kainz, M. J. (2014). Effect of partial replacement of dietary fish meal and oil by pumpkin kernel cake and rapeseed oil on fatty acid composition and metabolism in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Aquaculture*, 431, 85-91.

Navarro Gutiérrez, R. A. (1995). Efecto de intervenciones silviculturales sobre el crecimiento y la producción de la fitomasa de *Acacia caven* en Melipilla, Región Metropolitana.

Nebel, C., Romestand, B., Nègre-Sadargues, G., Grousset, E., Aujoulat, F., Bacal, J., ... & Charmantier, G. (2005). Differential freshwater adaptation in juvenile sea-bass *Dicentrarchus labrax*: involvement of gills and urinary system. *Journal of Experimental Biology*, 208(20), 3859-3871.

Nicieza, A. G., & Metcalfe, N. B. (1997). Growth compensation in juvenile Atlantic salmon: responses to depressed temperature and food availability. *Ecology*, 78(8), 2385-2400

Nikki, J., Pirhonen, J., Jobling, M., & Karjalainen, J. (2004). Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. *Aquaculture*, 235(1-4), 285-296.

Nolting, R. F., Gerringa, L. J. A., Swagerman, M. J. W., Timmermans, K. R., & De Baar, H. J. W. (1998). Fe (III) speciation in the high nutrient, low chlorophyll Pacific region of the Southern Ocean. *Marine Chemistry*, 62(3-4), 335-352.

O'Connor, D. S., Grossman, D., Plescia, J., Li, F., Zhang, H., Villa, A., ... & Altieri, D. C. (2000). Regulation of apoptosis at cell division by p34cdc2 phosphorylation of survivin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(24), 13103-13107.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Olsen, R. E., Sundell, K., Ringø, E., Myklebust, R., Hemre, G. I., Hansen, T., & Karlsen, Ø. (2008). The acute stress response in fed and food deprived Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Aquaculture*, 280(1-4), 232-241.

Owen, R. W. (1989). Microscale and finescale variations of small plankton in coastal and pelagic environments. *Journal of Marine Research*, 47(1), 197-240.

Pascual, P., Pedrajas, J.R., Toribio, F., López-Barea, J., Peinado, J., 2003. Effect of food deprivation on oxidative stress biomarkers in fish (*Sparus aurata*). *Chem. Biol. Interact.* 145, 191–199. doi:10.1016/S0009-2797(03)00002-4.

Peña, R., & Dumas, S. (2005). Effect of delayed first feeding on development and feeding ability of *Paralabrax maculatofasciatus* larvae. *Journal of Fish Biology*, 67(3), 640-651.

Pirhonen, J., & Forsman, L. (1998). Effect of prolonged feed restriction on size variation, feed consumption, body composition, growth and smolting of brown trout, *Salmo trutta*. *Aquaculture*, 162(3-4), 203-217.

Robinson, P. K. (2015). Enzymes: principles and biotechnological applications. *Essays in biochemistry*, 59, 1.

Roblin, C., & Brusle, J. (1984). Food and feeding offry and juveniles of sea-bass (*Dicentrarchus labrax* L.) from mediterranean lagoons in the gulf of Lion,(France). *Vie et Milieu/Life & Environment*, 195-207.

Rønnestad, I., Thorsen, A., & Finn, R. N. (1999). Fish larval nutrition: a review of recent advances in the roles of amino acids. *Aquaculture*, 177(1-4), 201-216.

Röhm, J. K., & Koolman, J. (2002). Taschenatlas der Biochemie.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Ruohonen, K., Grove, D. J., & McIlroy, J. T. (1997). The amount of food ingested in a single meal by rainbow trout offered chopped herring, dry and wet diets. *Journal of Fish Biology*, 51(1), 93-105.

Russell, N. R., & Wootton, R. J. (1992). Appetite and growth compensation in the European minnow, *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae), following short periods of food restriction. *Environmental Biology of Fishes*, 34(3), 277-285.

Sadat Hoseini Madani, N., Adorian, T. J., Ghafari Farsani, H., & Hoseinifar, S. H. (2018). The effects of dietary probiotic Bacilli (*Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis*) on growth performance, feed efficiency, body composition and immune parameters of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) postlarvae. *Aquaculture Research*, 49(5), 1926-1933.

Santulli, A., Messina, C. M., & D'Amelio, V. (1997). Variations of lipid and apolipoprotein content in lipoproteins during fasting in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Comparative biochemistry and physiology part A: physiology*, 118(4), 1233-1239.

Sargent, J. R., Bell, J. G., Bell, M. V., Henderson, R. J., & Tocher, D. R. (1995). Requirement criteria for essential fatty acids. *Journal of applied Ichthyology*, 11(3/4), 183-198.

Sevgili, H., Hoşsu, B., Emre, Y., & Kanyılmaz, M. (2012). Compensatory growth after various levels of dietary protein restriction in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 344, 126-134.

Shan, X., Quan, H., & Dou, S. (2008). Effects of delayed first feeding on growth and survival of rock bream *Oplegnathus fasciatus* larvae. *Aquaculture*, 277(1-2), 14-23.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Sheng, J., Lin, Q., Chen, Q., Shen, L., & Lu, J. (2007). Effect of starvation on the initiation of feeding, growth and survival rate of juvenile seahorses, *Hippocampus trimaculatus* Leach and *Hippocampus kuda* Bleeker. *Aquaculture*, 271(1-4), 469-478.

Sheridan, M. A., & Mommsen, T. P. (1991). Effects of nutritional state on in vivo lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *General and comparative endocrinology*, 81(3), 473-483.

Shimeno, S., Shikata, T., Hosokawa, H., Masumoto, T., & Kheyyali, D. (1997). Metabolic response to feeding rates in common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*, 151(1-4), 371-377.

Skalski, G. T., Picha, M. E., Gilliam, J. F., & Borski, R. J. (2005). Variable intake, compensatory growth, and increased growth efficiency in fish: models and mechanisms. *Ecology*, 86(6), 1452-1462.

Soengas, J. L., Strong, E. F., Fuentes, J., Veira, J. A. R., & Andrés, M. D. (1996). Food deprivation and refeeding in Atlantic salmon, *Salmo salar*: effects on brain and liver carbohydrate and ketone bodies metabolism. *Fish Physiology and Biochemistry*, 15, 491-511.

Stirling, H. P. (1976). Effects of experimental feeding and starvation on the proximate composition of the European bass *Dicentrarchus labrax*. *Marine Biology*, 34(1), 85-91.

Studnicka, G. M. (1986). Quantitative computer analysis of signal sequence homologies in DNA. *Bioinformatics*, 2(4), 269-275.

Suzer, C., 2018, Bir Başarı Öyküsü; Türkiye’de [CS7] Çipura ve Levrek Üretimi, *Tarım Türk Su Ürünleri Dergisi Özel Eki*, 27-36.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Suzer, C., Aktülün, S., Çoban, D., Kamacı, H.O., Saka, Ş., Fırat, K. and Alpbaz, A., 2007a, Digestive enzyme activities in sharpnout seabream (*Diplodus puntazzo*) larvae, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 148: 470–477.

Suzer, C., Kamacı, H. O., Çoban, D., Saka, S., Fırat, K., Özkara, B. and Özkara, A., 2007b, Digestive enzyme activity of the red porgy (*Pagrus pagrus* L.) during larval development under culture conditions, *Aquaculture Research*, 38: 1778–1785.

Süzer, C., Kamacı, H. O., Çoban, D., Saka, Ş., Fırat, K., & Karacaoğlan, A. (2011). Early weaning of sea bass (*D. labrax*) larvae: effects on growth performance and digestive enzyme activities. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(3), 491-497.

Süzer, C., Kamacı, H. O., Çoban, D., Saka, Ş., Fırat, K., & Karacaoğlan, A. (2011). Early weaning of sea bass (*D. labrax*) larvae: effects on growth performance and digestive enzyme activities. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(3), 491-497.

ŞAHİN, T., AKBULUT, B., & AKSUNGUR, M. (2000). Compensatory growth in sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Zoology*, 24(1), 81-86.

Taipale, T., Seppälä, I., Raitoharju, E., Mononen, N., Lyytikäinen, L. P., Illig, T., ... & Lehtimäki, T. (2018). Fatty liver is associated with blood pathways of inflammatory response, immune system activation and prothrombotic state in Young Finns Study. *Scientific reports*, 8(1), 10358.

Tang, B., Liu, B., Wang, G., Zhang, T., & Xiang, J. (2006). Effects of various algal diets and starvation on larval growth and survival of Meretrix meretrix. *Aquaculture*, 254(1-4), 526-533.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Tocher, D. R. (2003). Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in fisheries science*, 11(2), 107-184.

Tocher, D. R. (2010). Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture research*, 41(5), 717-732.

Tripathi, G., & Verma, P. (2004). Endosulfan-mediated biochemical changes in the freshwater fish *Clarias batrachus*. *Biomed Environ Sci*, 17(1), 47-56.

Tseng, H. C., Grendell, J. H., & Rothman, S. S. (1982). Food, duodenal extracts, and enzyme secretion by the pancreas. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 243(4), G304-G312.

Tuckey, N., & Davison, W. (2004). Mode of locomotion places selective pressures on Antarctic and temperate labriform swimming fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 138(3), 391-398.

Turano, M. J., Borski, R. J., & Daniels, H. V. (2008). Effects of cyclic feeding on compensatory growth of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) foodfish and water quality in production ponds. *Aquaculture Research*, 39(14), 1514-1523.

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) “Kültür Balıkları Üretim Miktarı”

Uçal, O., ve Benli, H. A. (1993). Levrek balığı ve yetiştiriciliği. Bodrum: Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Su Ürünleri, Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Seri A, Yayın, (9).

Urbinati, E. C., Sarmiento, S. J., & Takahashi, L. S. (2014). Short-term cycles of feed deprivation and refeeding promote full compensatory growth in the Amazon fish *Brycon amazonicus*. *Aquaculture*, 433, 430-433.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Varsamos, S., Diaz, J. P., Charmantier, G. U. Y., Flik, G., Blasco, C., & Connes, R. (2002). Branchial chloride cells in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) adapted to fresh water, seawater, and doubly concentrated seawater. *Journal of Experimental Zoology*, 293(1), 12-26.

Vogt, B. L., & Richie Jr, J. P. (1993). Fasting-induced depletion of glutathione in the aging mouse. *Biochemical pharmacology*, 46(2), 257-263.

Wang, Y., Cui, Y., Yang, Y., & Cai, F. (2000). Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, reared in seawater. *Aquaculture*, 189(1-2), 101-108.

Weatherley, A. H., & Gill, H. S. (1981). Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology*, 18(2), 195-208.

Wilson, R. P., & Halver, J. E. (1986). Protein and amino acid requirements of fishes. *Annual review of nutrition*, 6(1), 225-244.

Wirth, M., Steffens, W., Meinelt, T., & Steinberg, C. (1997). Significance of docosahexaenoic acid for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) larvae. *Lipid/Fett*, 99(7), 251-253.

Wu, L., & Dong, S. (2002). Compensatory growth responses in juvenile Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*, at different temperatures. *Journal of Crustacean Biology*, 22(3), 511-520.

Worthington, T.M., 1982. Enzymes and related biochemicals. Biochemical Products Division. Worthington Diagnostic System Freehold, NJ.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Xie, S., Zhu, X., Cui, Y., Wootton, R. J., Lei, W., & Yang, Y. (2001). Compensatory growth in the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. *Journal of Fish Biology*, 58(4), 999-1009.

Xu, Y., Tan, Q., Kong, F., Yu, H., Zhu, Y., Yao, J., & Azm, F. R. A. (2019). Fish growth in response to different feeding regimes and the related molecular mechanism on the changes in skeletal muscle growth in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture*, 512, 734295.

Yengkokpam, S., Debnath, D., Pal, A. K., Sahu, N. P., Jain, K. K., Norouzitallab, P., & Baruah, K. (2013). Short-term periodic feed deprivation in *Labeo rohita* fingerlings: effect on the activities of digestive, metabolic and anti-oxidative enzymes. *Aquaculture*, 412, 186-192.

Zaldúa, N., & Naya, D. E. (2014). Digestive flexibility during fasting in fish: a review. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 169, 7-14

Zambonino Infante, J.L., and Cahu, C.L., 1994a. Influence of diet on pepsin and some pancreatic enzymes in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Comp.Biochem. Physiol.*, 109A: 209-212.

Zammit, V. A., & Newsholme, E. A. (1979). Activities of enzymes of fat and ketone-body metabolism and effects of starvation on blood concentrations of glucose and fat fuels in teleost and elasmobranch fish. *Biochemical Journal*, 184(2), 313-322.

Zhang, C., Rahimnejad, S., Wang, Y. R., Lu, K., Song, K., Wang, L., & Mai, K. (2018). Substituting fish meal with soybean meal in diets for Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*): Effects on growth, digestive enzymes activity, gut

histology, and expression of gut inflammatory and transporter genes. *Aquaculture*, 483, 173-182.



TEŞEKKÜR

Hem yüksek lisans sürecinde hem de doktora eğitim sürecinde her zaman desteğini hissettiren, her durumda sabır ve hoşgörüsünü esirgemeyen, çalışma konusunun belirlenmesinde ve gerçekleşmesinde, tez sürecinin başlangıcından sonuna yanımda olan danışman hocam Prof. Dr. Cüneyt SUZER'e şükranlarımı sunar, teşekkür ederim.

Lisans üstü eğitim ve doktora eğitimime başladığım dönemde okul hayatımda ve çalışma hayatımda kendisinin üzerimde ciddi emeği olan merhum hocam Araş. Gör. Dr. H. Okan Kamacı'ya,

Çalışmanın gerçekleşmesinde gerekli tüm imkanları sağlayan sayın Güngör Muhtaroglu nezdinde Akvatek Su Ürünleri Aş.'ye,

Ve son olarak hayatımı paylaştığım gibi tez aşamasında da beni yalnız bırakmayıp, tüm desteğini esirgemeyen sevgili meslektaşım ve eşim Özge AKSU'ya,

SONSUZ TEŞEKKÜRLER

İrfan Bahadır AKSU

OCAK, 2023



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini tamamladıktan sonra 2000 yılında E. Ü. Su Ürünleri Fakültesinde öğrenim görmeye başladı. 2004 yılında Akvatur Su ürünleri Şakran kuluçkahane tesisinde stajını tamamladı. 2005 yılında Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümünü bitirdikten sonra aynı yıl E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Bununla birlikte aynı dönemde Kılıç Deniz Ürünleri Ören Kuluçkahane tesisinde mühendis olarak göreve başladı. 2005-2010 yılları arasında Kılıç Deniz ürünleri Ören Kuluçkahane tesisinde larva, sörvaj, canlı yem ve adaptasyon ve anaç bölümlerinde görevlerde bulundu. 2009 yılında E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı. 2015 yılında İnve Aquaculture şirketinde Teknik Destek ve Satış Müdürü olarak göreve başladı. Halen bu görevini sürdürmektedir. İrfan Bahadır AKSU evli ve bir çocuk babasıdır.