

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**FARKLI DÜZEYDEKİ MANYETİK ALANLARIN
ERKEN DÖNEMDEKİ ÇİPURA (*Sparus aurata*, L.)
YUMURTA VE LARVALARINDA GELİŞİME OLAN
ETKİSİ**

Gökmen YOLDAŞ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cüneyt SUZER

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 10.05.2019

Bornova-İZMİR

2019

KABUL ONAY SAYFASI


Gökmen YOLDAŞ tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “Farklı Düzeydeki Manyetik Alanların Erken Dönemdeki Çipura (*Sparus aurata*, L.) Yumurta ve Larvalarında Gelişime Olan Etkisi” başlıklı bu 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 10.05.2019 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:**İmza**

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Cüneyt SUZER

Üye : Prof. Dr. Deniz ÇOBAN

Raportör Üye : Doç. Dr. Şükrü YILDIRIM

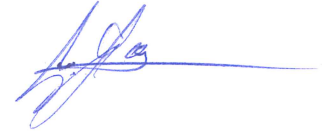


EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Farklı Düzeydeki Manyetik Alanların Erken Dönemdeki Çipura (*Sparus aurata*, L.) Yumurta ve Larvalarında Gelişime Olan Etkisi” 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.

10 / 05 / 2019

Gökmen YOLDAŞ



ÖZET**FARKLI DÜZEYDEKİ MANYETİK ALANLARIN ERKEN DÖNEMDEKİ ÇİPURA (*Sparus aurata*, L.) YUMURTA VE LARVALARINDA GELİŞİME OLAN ETKİSİ**

YOLDAŞ, Gökmen

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cüneyt SUZER

66 sayfa

Bu çalışmada üç farklı manyetik alanın çipuralarda (*Sparus aurata*) embryonik gelişim, büyüme parametreleri, sindirim fizyolojisi (iç besin rezervlerinin kullanımı), yumurta ve vitellüs kesesinin oksidatif durumu (süperoksit dismutaz ve katalaz) ve sindirim enzimleri (total proteaz) aktivitesi incelenmiştir. Bu amaçla *S. aurata* yumurtaları doğal üreme sezonunda kuluçkahaneden alınıp deney tanklarına taşınıp dört gruba ayrılmıştır. Benzer olarak, yeni çıkan larvalarda dört gruba ayrılmıştır. Manyetik alanlar neodyum mıknatıslarla 1, 3 ve 5 mT olmak üzere üç farklı seviyede uygulanmıştır. Kontrol grubu manyetik alana maruz bırakılmamıştır. Yumurtanın embriyolojik gelişimi 3 ve 5 mT gruplarında hızlanmıştır, bu gruplar 1 mT grubuna göre nispeten daha önce yumurtadan çıkmıştır. Yumurta açılım oranları açısından 3mT ve 5mT grupları diğer gruplara göre önemli farklılıklar göstermiştir. Besin keseli larvalarda ise manyetik alan uygulamaları büyüme parametreleri üzerinde önemli farklılıklar yaratmamasına rağmen antioksidan ve sindirim enzimleri aktivitesinde önemli yükselmelere neden olmuştur. Larva yaşama oranı açısından ise 5 mT grubu diğer deneme gruplarına göre önemli farklılık göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Manyetik alan, yumurta, vitellüs kesesi, büyüme parametreleri, antioksidan enzimler, sindirim enzimleri, *Sparus aurata*.

ABSTRACT**EFFECTS OF DIFFERENT LEVELS OF MAGNETIC FIELDS ON DEVELOPMENT OF EGG AND YOLK SAC LARVAE OF GILTHEAD SEA BREAM (*Sparus aurata*, L.)**

YOLDAŞ, Gökmen

MSc in Aquaculture and Fisheries Science

Supervisor: Prof. Dr. Cüneyt SUZER

66 pages

In this study the influence of three different magnetic fields investigated on embryonic development, growth parameters, digestive physiology (absorption of endogenous food reserves) and oxidative status (superoxide dismutase and catalase) and digestive enzyme (total protease) activities of egg and yolk sac larvae in gilthead sea bream, *Sparus aurata*. In this sense *S. aurata* egg were obtained from breeders in natural spawning season and transferred to experimental tanks in four groups. Similarly, newly hatched yolk sac larvae of *S. aurata* were classified into four groups. Magnetic fields were established with neodymium magnets in three different levels, 1, 3 and 5 mT. Control groups were not exposed magnetic field. Embryonic development of egg was accelerated in 3 and 5 mT groups, they hatched out relatively earlier than control and 1mT groups. In terms of hatching rate, M3 and M% was found significantly different than M1 and control group. In yolk-sac larvae, although magnetic fields did not achieve significant differences on growth parameters, it caused significant differences on activities of antioxidant and digestive enzymes. In terms of larval survival, M5 presented significant differences compared to other experimental groups.

Keywords: Magnetic field, egg, yolk sac larvae, growth parameters, antioxidant enzymes, digestive enzymes, *Sparus aurata*.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında farklı düzeylerdeki manyetik alanların etkisine maruz bırakılan çipura yumurtalarında embriyolojik gelişim süreci ve yumurtadan çıktıktan sonraki lecithotrophic dönem süresince yumurta ve besin keseli larvaların gelişimlerinin ve oksidatif stres kapsamında fizyolojik değişimlerinin incelenmesini amaçladık. Çalışmamın bu konudaki büyük bir boşluğu dolduracağı düşüncesindeyim. Önceki çalışmalara baktığımda daha çok iç su balıkları türleri üzerinde yürütülen çalışmaların daha çok yayınladığını gördüğümde danışmōanınla birlikte ülkemizde yoğun olarak üretimi yapılan deniz balıklarından biri olan çipura türü üzerinde bu çalışmayı yaptığımızda gerek konu ile ilgilene bilim insanları gerekse üreticiler açısından değerli bilgiler sunacağımızı düşündük.

Çalışma boyunca canlıyı olumsuz etkileyebilecek tüm koşulları kontrol altında tutarak gece gündüz demeden tüm ekip olarak büyük çaba sarfettik. Deneme sonuna geldiğimizde ise canlılar için olumlu sonuçlar tespit ettik. Tespit edilen açılım ve yaşama oranlarındaki farkların, endojen besin rezervlerindeki olumlu emilim profiline intensif ve hiperintensif kültür koşullarında uygulanması ile önemli oranda ekonomik kazancın elde edileceği düşünülerek, akuakültür sektörü içerisinde de daha pratik kullanımına yönelik uygulamaların yapılabilmesi için yeni çalışmalara başladık.

İZMİR

12/04/2019

Gökmen YOLDAŞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇ KAPAK.....	ii
KABUL ONAY SAYFASI	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1 Çipura (<i>Sparus aurata</i> , L. 1758) Biyolojisi.....	4
2.2 Çipura Larva Yetiştiriciliği.....	6
2.2.1 Embriyolojik dönem.....	6
2.2.2 Prelarval Dönem	7
2.3. Manyetik Alanla İlgili Önceki Çalışmalar	8
3. MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1. Anaç Yönetimi ve Yumurtlatma	17
3.2. Deneme Düzeni.....	18
3.2. Örneklem	20
3.3. Enzim Analizleri.....	21
3.3.1. Süperoksit dismutaz (SOD) analizi	21
3.3.2. Katalaz (CAT) analizi.....	24
3.3.3. Total proteaz analizi.....	27
3.3.4. İstatistiksel Analiz	27
4. BULGULAR.....	28
4.1. Yumurta	28
4.1.1. Embriyolojik gelişim	28
4.1.2 Enzim aktiviteleri	29

İÇİNDEKİLER (devam)

4.2. Besin Keseli Larva	31
4.2.1. Endojen besin rezervlerinin emilimi	31
4.2.2. Enzim aktiviteleri	34
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	36
KAYNAKLAR DİZİNİ	47
TEŞEKKÜR	59
ÖZGEÇMİŞ	61
EKLER	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Çipura genel görünümü	4
2.2. Çipura dağılım alanları	5
2.3. Antioksidan enzim şeması	13
3.1. Denemede kullanılan çipura anaç tankları ve anaç balıkları	17
3.2. Anaç tanklarından alınan yumurtaların kolektörlerde toplanması.....	18
3.3. Denemelerde kullanılan neodimium mıknatıslar ve inkübatörler.....	19
3.4. Mıknatısların konumlandırılması	19
3.5 Yumurta ve larva örneklenmesi ve fotoğraflandırılması	20
3.6. Larva ölçümleri.....	21
3.7. Yumurta ve besin keseli larva örneklerinin çoklu plaka okuyucuda SOD analizi	24
3.8. Yumurta ve besin keseli larva örneklerinin çoklu plaka okuyucuda CAT analizi	26
4.1. Yumurta açılım oranları.....	29
4.2. Çipura yumurtalarının total proteaz aktivitesi	30
4.3. Çipura yumurtalarının SOD aktivitesi	31
4.4. Larvada yağ damlası emilimi.....	32
4.5. Larvada vitellüs kesesi emilimi	32
4.6. Larvada total boy gelişimi	33
4.7. Larva yaşam oranları	33
4.8. Larvada total proteaz aktivitesi.....	34
4.9. Larvada SOD aktivitesi.....	35
4.10. Larvada CAT aktivitesi	35

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Yıllara bağlı Türkiye su ürünleri üretimi	2
2.1. Çipura yumurtalarının embriyolojik gelişim safhaları	7
3.1. Kuyucuklar için reaktif miktar çizelgesi	23
4.1. Farklı düzeydeki manyetik alanlara maruz bırakılan çipura yumurtalarının gelişim safhaları ve saatleri.	28
5.1. İnkübasyon süreleri karşılaştırma tablosu.....	42
5.2. Total boy karşılaştırma tablosu.....	42
5.3. Yumurta açılım oranları karşılaştırma tablosu.....	43
5.4. Larva yaşama oranları karşılaştırma tablosu.....	43

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
W	Watt
HP	Ham protein
HY	Ham yağ
SBO	Spesifik büyüme oranı
YDO	Yem dönüşüm oranı
SOD	Süperoksit dismutaz
CAT	Katalaz
T	Tesla

1. GİRİŞ

Dünyada en büyük alanı sucul bölgeler yani denizler ve tatlı su kaynakları oluşturmaktadır. Evrim süreci içerisinde de büyük bir etkiye sahip olan sucul alanlar ve bu alanlarda yaşamakta olan canlılar, geçmişten günümüze insanlar için büyük bir öneme sahiptir. Hem tatlı su hem de denizler, bitkisel ve hayvansal besin kaynağı olarak oldukça önemli bir yere sahiptirler. Sucul alanların besin potansiyelinin keşfedilmesiyle insanoğlu sucul alanlarda avcılık yoluyla, başta balık olmak üzere, bitkileri (yosunlar), kabuklu canlıları ve yumuşakçaları toplayarak hem karnını doyurmuş hem de bundan para kazanarak kazanç sağlamıştır. Ancak yıllar içinde insan nüfusunun artışına paralel olarak besin ihtiyacının artması, denizlerde gerçekleştirilen aşırı avcılık ve denizlerde kirlilik yoluyla sucul alanların doğal yapısını kaybetmesine ve buna paralel olarak sucul canlıların azalması, beraberinde su ürünleri yetiştiriciliği konusunu gündeme getirmiştir. Su ürünleri tarihi çok eskilere dayanmasına rağmen gelişimi geçtiğimiz yüzyılın ortasından sonra teknolojik gelişimin desteğiyle sağlanmış ve insan eli altında üretime elverişli türler tespit edilerek üretime alınma çalışmaları yapılmaktadır. Çizelge 1.1.'de Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü (BSGM) tarafından hazırlanan 2017 yılı verilerine göre ülkemizde yapılan kültür balığı üretimi değerleri verilmiştir. Dünya genelinde yapılan yıllık su ürünleri üretiminin toplamı 154 milyon tondur. Bunun 93,4 milyon tonu avcılık yoluyla, yaklaşık 73,8 milyon tonu ise yetiştiricilik yoluyla elde edilmektedir. (FAO, 2016).

Ülkemizdeki su ürünleri üretiminin yıllara bağlı profiline baktığımızda avcılık açısından yıllar içinde büyük değişimlerin yaşandığı görülmektedir. Özellikle 2000'li yılların başında 500 bin tondan fazla olan avcılık miktarı sonraki yıllarda azalış eğilimine girmiş ve son beş yılda 400 bin tona yaklaşmıştır. Bununla birlikte, su ürünleri avcılık miktarında yaşanan bu dalgalanmaların yanında su ürünleri yetiştiricilik miktarı özellikle 2000'li yılların başında yakaladığı büyük bir ivmeyle yıllara bağlı olarak düzenli artış göstermiştir. Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü (BSGM) 2017 yılı verilerine göre ülkemizdeki toplam avcılık yolu ile elde edilen su ürünleri miktarı 354.318 ton iken yetiştiricilik yolu ile elde edilen miktar 276.502 tona ulaşmış olup, ülkemiz

2017 yılı toplam su ürünleri üretimi 630.820 ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizdeki toplam su ürünleri üretiminin % 56,2'lik kısmı avcılık yoluyla elde edilirken % 43,8'lik kısmı yetiştiricilik yoluyla sağlanmıştır (BSGM, 2018). Dünya su ürünleri üretiminin % 46,8'lik kısmı yetiştiricilik faaliyetlerinden elde edilirken ülkemizde bu oran % 43,8 düzeyinde olup önümüzdeki yıllarda dünya ortalamasını yakalayacağı öngörülmektedir. Tüm bu veriler ışığında değerlendirildiğinde Türkiye dünya su ürünleri üretiminde toplam üretim açısından 37. sırada iken yetiştiricilik bakımından 21. sırada yer almaktadır. Ayrıca 28 ülkenin dahil olduğu Avrupa Birliği (AB) ülkeleri arasında bir karşılaştırma yapıldığında ise toplam üretim bakımından 5. sırada yer alırken yetiştiricilik açısından ise 2. sırada bulunmaktadır (BSGM, 2018).

Çizelge 1.1, Yıllara bağlı Türkiye su ürünleri üretimi (BSGM,2018)

Yıllar	AVCILIK (ton)			YETİŞTİRİCİLİK (ton)			TOPLAM (Ton)
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam	
2000	460.521	42.824	503.345	35.646	43.385	79.031	582.376
2001	484.410	43.323	527.733	29.730	37.514	67.244	594.977
2002	522.744	43.938	566.682	26.868	34.297	61.165	627.847
2003	463.074	44.698	507.772	39.726	40.217	79.943	587.715
2004	504.897	45.585	550.482	49.895	44.115	94.010	644.492
2005	380.381	46.115	426.496	69.673	48.604	118.277	544.773
2006	488.966	44.082	533.048	72.249	56.694	128.943	661.991
2007	589.129	43.321	632.450	80.840	59.033	139.873	772.323
2008	453.113	41.011	494.124	85.629	66.557	152.186	646.310
2009	425.275	39.187	464.462	82.481	76.248	158.729	623.191
2010	445.680	40.259	485.939	88.573	78.568	167.141	653.080
2011	477.658	37.097	514.755	88.344	100.446	188.790	703.545
2012	396.322	36.120	432.442	100.853	111.557	212.410	644.852
2013	339.047	35.074	374.121	110.375	123.019	233.394	607.515
2014	266.078	36.134	302.212	126.894	108.239	235.133	537.345
2015	397.731	34.176	431.907	138.879	101.455	240.334	672.241
2016	301.464	33.856	335.320	151.794	101.601	253.395	588.715
2017	322.173	32.145	354.318	172.492	104.010	276.502	630.820

Ülkemiz başta olmak üzere Akdeniz ülkelerinde deniz balığı üretimi daha çok çipura ve levrek üzerine yoğunlaşmış durumdadır. Özellikle son yıllarda akuakültürdeki biyoteknolojik gelişmelere bağlı olarak her geçen gün yeni yetiştiricilik yöntem ve prosedürleri eklenmekte ve bu konudaki bilimsel verilere olan ihtiyaç da bu gelişime paralel olarak artmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde teknolojik gelişimlerle birlikte, ekonomik değere sahip ve et

kalitesi yüksek olan türleri kültüre alma çalışmaları hızlandırılmıştır. Özellikle Akdeniz'e kıyısı olan bir ülke olarak Türkiye günümüzde denizlerde yoğun bir şekilde çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) üreten lider ülke konumundadır. Fakat bu türlerin üretiminde karşılaşılan sorunlar bütünüyle aşılmış durumda değildir. Son yıllarda, yetiştiricilik alanında üretim miktarının ve ürün kalitesinin arttırılmasına yönelik çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalar arasında özellikle biyoteknoloji alanında (enzimoloji, genetik, histoloji, vb.) yapılan araştırmalar önemli bir yere sahiptir. Bu konulardaki bilimsel araştırmalar sonucunda ortaya çıkan larva ve yavru balık kalitesinin arttırılması, larvalarda yaşama oranının yükseltilmesi, spesifik büyüme oranının arttırılması, larvanın yemi değerlendirmesi, hastalıklara karşı bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi gibi çalışmalar kaliteli larval üretim üzerinde doğrudan etkili olmaktadır.

Deniz balıkları kültür tekniklerinde çevresel koşulların üretime olan etkilerinin incelediği çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Artan arayışlar bilim insanlarını birim alandan ve mevcut biyolojik koşullardan en yüksek miktar ve kalitede üretimin hedeflendiği tekniklere yönlendirmiştir. Bu kapsamda biyolojik olmayan çevresel koşullardan biri de manyetik alanlardır. Kültür koşulları altında yapay olarak oluşturulan manyetik alanlar üzerine yoğunlaşan çalışmalarda gerek embriyolojik gerekse larva ve erişkin dönemlerde büyüme ve gelişme üzerinde manyetik alanın önemli etkilere sahip olduğu belirtilmiştir (Formicki et al., 1998).

Bu çalışmada, ülkemizde yoğun olarak kültürü yapılan çipura (*Sparus aurata*) embriyo ve larvalarında in vitro manyetik alan çalışmaları üzerinde yapılacak araştırmalar için optimum manyetik alan yoğunluğunu belirlemek amacıyla farklı düzeylerdeki (0, 1, 3 ve 5 mT) manyetik alanlar uygulanmıştır. Çalışmanın amacı, manyetik alanın büyüme parametreleri, endojen besin rezervleri olan vitellüs kesesi ve yağ damlasının absorpsiyonu ile birlikte sindirim ve antioksidan enzimlerin aktiviteleri üzerindeki etkilerini belirlemektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Çipura (*Sparus aurata*, L. 1758) Biyolojisi

Çipuranın sistematikteki yeri aşağıda verilmiştir.

Regnum : Animale

Subregnum : Metezoa

Phylum : Chordata

Subphlum : Vertabrata

Superclassis : Gnathostamata

Classis : Osteichyues

Ordo : Perciformes

Subordo : Percoidei

Familya : Sparidae

Genus : Sparus

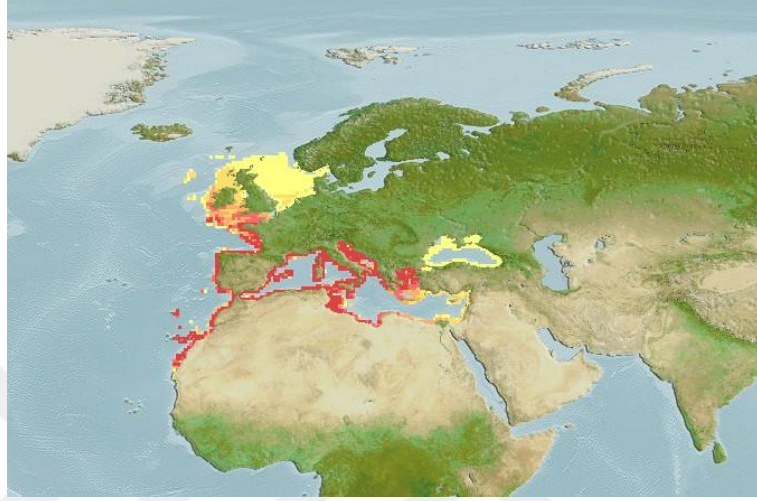
Species : *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758)

şekliyle sistematikteki yerini almıştır. Yabancı dillerdeki adlandırması ise gilthead seabream (İng.), daurade royale (Fra.) ve Meerbrasse (Alm.) şeklindedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1, Çipura genel görünüşü (Aqua-plongee,2018).

Tüm İngiltere kıyılarından başlayarak bütün Akdeniz bölgesinde dağılım gösterir. Genellikle tropikal, subtropikal ve ılıman kuşaklarda yayılım gösteren çipura deniz fenogramlarının bulunduğu kumlu-çamurlu ve çamurlu ortamlarda yaşamını sürdürür. Bunun yanı sıra nehir ağzlarına ve lagüner bölgelere de girer (Alpbaz, 1990; Saka ve Fırat, 2000) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2, Çipura balığının dağılım alanları (Fishbase, 2018)

Çipuralar öncelikle erkek birey özelliği daha sonra ise dişi balık özelliği gösterirler. Doğumdan sonraki sekizinci aydan itibaren ovaryum gelişimleriyle beraber dişi birey özellikleri gösterirler. Onikinci aylarında üremenin ilk sezonunda tüm çipuralar erkek fonksiyondadır. Gonadın alt kısmında olgunlaşmış testiküller belirir. Gonadın dişi olan kısmında ise herhangi bir gelişme görülmez. Erkekten dişiye doğru geçiş iki yaş civarındayken görülmeye başlamaktadır. Bu dönemde gonadlarda belirgin bir matürasyon görülmektedir. Bu cinsiyet değişimi bir anda olmasada özellikle üçüncü yaştaki çipuralar interseks özelliğindedir. Çipuraların üreme dönemi ülkemizde sonbahar ortası ve kış başı arasında olmakla birlikte gelişimin en ideal olduğu sıcaklık ise 22-25 °C arasındadır. Yaşamaları için optimal sıcaklıklar ise 6-32 °C ve ideal tuzluluk değeri ‰5-40 olarak rapor edilmiştir. İdeal pH değeri 6.5-9.0 arasındadır. (Alpbaz, 1990; Saka ve Fırat, 2000).

Sırt yüksekliği fazla olup yanlardan yassılaşmış ve simetriktir. Çipuraların başı iri ve burnu küttür. Ayrıca ağzı düz olmakla beraber terminal konumdadır. Üst ve alt çenedesindeki dişler ön tarafta 4 tane kanin diş, arka tarafta ise alt

çenede 4 ve üst çenede molar biçimde olup üç sıradır. Alt dudak üst dudağa göre daha incedir. Üst dudak gözün başladığı noktanın hizasında sonlanır. Gözler orta düzeyde gelişmiştir. Göz çapı, göz çukuru önündeki kısımdan iki kat daha kısadır. Operkulum ve prooperkulum pullarla kaplıdır. Üzerinde 73-85 adet pul bulunan yanal çizgi hafif eğimlidir. Yanal çizgi ayrıca operkulumdan kaudal yüzgece kadar devam eder. Anal yüzgeç dorsal yüzgeçten daha kısadır. Anüse kadar uzanan bir pektoral yüzgeç bulunur. Homoserk yapıda kaudal yüzgeçi vardır. Çipura için yüzgeç formülü DXI/13-14, AIII/11-12, PI/5, AV/5 şeklindedir. Dorsalde esmer-gri, ventralde ise gümüşü renktedir. Pektoral yüzgecin alt tarafında ve operkulumun üst kısmında ki kırmızı-menekşe rengi leke karakteristik bir özelliktir. Ortalama boyları 25-40 cm olan çipuraların maksimum boyları 70 cm e kadar ulaşabilir. 0-3 yaş arası çipuralarda yapılan bir çalışmada, bu türün karnivor bir form olduğu ve özellikle ergin bireylerinin Crustacea ve Mollusca familyasına ait türlerle beslendiği bildirilmiştir (Alpbaz, 1990; Saka ve Fırat, 2000).

2.2 Çipura Larva Yetiştiriciliği

2.2.1 Embriyolojik dönem

Ortalaması 0.9-1 mm olan canlı yumurtalar saydamdır. Genel olarak tek bir yağ damlası bulunan yumurtalar pelajiktirler. İnce ve şeffaf bir koryon vardır. Mikropil deliği ise yaklaşık olarak 14 mikrondur. Opak renkte olan döllenmemiş veya ölü olan yumurtalar birkaç saat içinde tankın dibine çöker. Tekli ya da çiftli reküparatörler yumurtlama tankından canlı yumurtaları toplamak için kullanılabilir. Atık maddelerin ilk kollektörde toplandığı çiftli sistemde, buradan geçen su diğer kollektörde bulunan canlı yumurtaların toplanmasını sağlar. Toplanan yumurtalar toplandıkları ortamla ile aynı sıcaklıktaki inkübatörlere yerleştirilmelidir, toplandıkları ortam ile inkübatör arasındaki sıcaklık farkı ± 0.5 °C dereceden daha fazla olmamalıdır. Doğal deniz suyu kullanılması gereken inkübatörlerin sıcaklıkları 16-18 °C arasında olmalıdır. İnkübatörlere yumurtalar yaklaşık olarak 1500-2500 adet/lt olacak biçimde konulur. İnkübasyon boyunca ortam karanlıktır. İnkübatörlerin olduğu tanklara %40-60 arası su değişimi saate bir uygulanır. 18 °C deki embriyolojik gelişimi görülen çipura yumurtaları Çizelge 2.1'de gösterilmiştir (Kamacı ve diğ., 2005).

Çizelge 2.1, Çipura yumurtalarının embriyolojik gelişim safhaları (Kamacı ve diğ, 2005)

Embriyolojik Safhalar	Oluşum Süresi
2'li Blastomer Safhası	0.45
8'li Blastomer	1.45
Morula Safhası	3.15
Gastrulasyon Safhası	10.00
Gastrulasyon $\frac{1}{2}$	11.00
Gastrulasyon $\frac{3}{4}$	14.00
Embriyo $\frac{1}{2}$	25.00
Somit Oluşumu	26.30
Kupfer Cisimciğinin Görülmesi	28.00
Kalp oluşumu	30.00
Pigmentasyon Başlangıcı	32.00
Embriyo $\frac{3}{4}$	43.00
Yüzgeç oluşumu	43.20
Yıldızsı Kromotoforlar	45.00
Kalp Atışı	46.00
Açılım	60.00

2.2.2 Prelarval Dönem

Prelarvaların boyları 2,6-2,8 mm boylarındadır. Çapları 0,9-1 mm arasında olan Vitellus kesesinin arka tarafında 0.2-0.22 mm çapında bir yağ damlası bulunur. Anüs ve ağız kapalıdır. Vücuda göre kafa kısmı küçüktür. Pigmentsiz ve büyük gözleri bulunur. Pigmentasyon sarı ve siyah olup pigmentler başta birkaç tane postanal ve medio-ventralde bir sıra olarak bulur. Su geçirmez bir zarla kaplı olan vitellus kesesi baş kısmının altındadır. Üçüncü günde ilk olarak pektoral yüzgecin taslak şeklinde oluşumu gözlenir. İlk başta yatay daha sonra ise dikey

konumda oluşmaya başlar. Primordial yüzgeç vitellüs kesesine kadar uzanır. Vücudun medio-dorsali boyunca uzanır. Primordial yüzgeç larvanın oksijen ihtiyacını karşılar ve su üstünde kalmasını sağlar. Otositler dengenin sağlanmasını sağlayıp gözlerin arkasında bulunur. Burun delikleri tam gelişmemiştir (Saka ve Fırat, 2000).

Düz bir boru şeklinde olan sindirim sistemi düzensizdir. Pankreas ve karaciğer oluşmuş olmasına rağmen salgı bezleri ve lipid rezervleri bulunmamaktadır. Vitellüs kesesinin büyük bir kısmı ağız açılmadan önce özümseilir. Vitellüs kesesinin azalması ile prelarvaların boyundaki toplam artış ile oldukça yakından ilişkili olup sıcaklığın etkisi altındadır. Boyun hızlı bir şekilde büyümesine neden olan hızlı tüketilen vitellüs kesesi larva için iyi değildir. Boyun daha geç uzadığı düşük sıcaklıktaki vitellüs absorpsiyonunda toplam boy artışı daha fazla olmaktadır. Prelarval dönemde enerji daha çok organların gelişimine harcanır ve larvalarda az hareketlilik gözlenir (Saka ve Fırat, 2000).

2.3. Manyetik Alanla İlgili Önceki Çalışmalar

Manyetizma alanındaki ilk bilgiler M.Ö 800'lü yıllarda edinilmiştir. M.Ö 800'lü yıllarda Yunanlılar manyetit taşı kullanarak demir parçacıklarını çekebildiklerini görmüşlerdir. Manyetit taşına ismini veren ise ayakkabısının çivilerinin ve sopasının ucunun manyetit parçalarına yapışıp kalması sonucu, manyetit taşlarını fark eden "Magnes" isimli çobana dayanmaktadır (Serway and Beichner, 2002).

1269 yılında Pierre de Maricourt, yaptığı çalışmada mıknatıs bir yüzeyin farklı noktalarına iğneler yerleştirerek, bu iğnelerin hareket ettiği yönlerin haritasını çıkartmıştır. Bu harita, çağ boyunca iki farklı noktadan geçen ve küreyi saran çizgiler yarattığını fark etmiştir. Bu noktalara mıknatıs kutupları ismini vermiştir. Daha sonra yapılan çalışmalar ise, şekil gözetmeksizin her mıknatısta güney ve kuzey kutup adı verilen iki farklı kutba sahip olduğu bildirilmiştir. (Serway and Beichner, 2002).

1600 yılında William Gilbert, Maricourt'un deneylerini farklı cisimler ile tekrarlamıştır. Bir pusula iğnesinin sabit bir tarafa yöneldiği gerçeğini savunarak Dünya'nın bir mıknatıs olduğunu belirtmiştir (Serway and Beichner, 2002).

1819 yılında Danimarkalı bilim adamı Hans Christian Oersted'in, bir gösteri deneyi sırasında üzerinden elektrik akımı geçen bir telin yakınında bulunan bir pusulayı saptırdığını bulması ile elektrik ve manyetizma arasındaki ilişki keşfedilmiştir (Serway and Beichner, 2002).

1820-1825 yılları arasında gerçekleştirdiği deneylerle, Andre Ampere, akım taşıyan iki ilmeğin birbirlerine uyguladıkları manyetik kuvvetlerin özelliklerinden yola çıkarak, iki akım elemanın birbirine uyguladığı manyetik kuvvetin hesaplanmasında kullanılan kuramsal ifadeyi ortaya koymuştur (Bleaney and Bleaney, 1976). Bunun yanında, Ampere, tüm manyetik olayların molekül büyüklüğündeki akım ilmeklerinden kaynaklandığını da önermiştir (Serway and Beichner, 2002).

Yine 1820'li yıllarda, Jean Baptiste Biot ve Felix Savart, bir elektrik akımının yakınındaki bir mıknatısa uyguladığı kuvvetle ilgili nicel deneyler yapmışlar ve bu deneysel sonuçlardan yola çıkarak uzayın bir noktasındaki manyetik alanı, kendisini oluşturan akım cinsinden veren kuramsal ifadeyi ortaya koymuşlardır (Serway and Beichner, 2002).

Joseph Henry'nin Amerika Birleşik Devletleri'nde Michael Faraday'ın ise İngiltere'de 1831 yılında yaptığı deneylerde, bir devrede indüksiyon elektromotor kuvvetinin oluşmasının manyetik alanın değişmesiyle sağlanabileceğini göstermiştir. (Serway ve Beichner, 2002).

James Clerk Maxwell 1860 yılında manyetizmayla ilgili temel kuramsal gelişmelere son sözü söylemiştir. Manyetizma ve elektrik kuramları arasında simetri eksikliğini fark eden Maxwell, değişim gösteren bir elektrik alanının da bir başka manyetik alana neden olabileceğine dair önerisini ortaya koymuştur. Ortaya koyduğu öneriyle birlikte manyetizmayla ilgili bilinen yasaları dört işlem ile birleştirmiştir. (Bueche ve Jerde, 2000).

Manyetizma insan hayatıyla beraber doğada da birçok canlıyı etkilemektedir. Buna örnek vermek gerekirse yunus ve balina gibi sucul canlılar, bal yapan arılar ve bazı göç eden kuşlar verilebilir. (Hickey ve Schibeci, 1999).

1993 yılındaki yayınında belirttiği balinaların karaya vurmalarının sebeplerini yerin manyetik alanındaki yerel bozulmalardan kaynaklandığını, Hickey ve Schibeci (1999) yaptıkları çalışmada belirtmiştir.

Manyetik alan daha çok ABD’de kullanılan Gauss (G) ya da uluslararası kabul görmüş Tesla (T) birimi ile ve $1T = 10.000 G$ eşitliğinde tanımlanır. Manyetik alan ölçümlerinde karşılaşılan miligauss; $1/1.000$ gauss ve mikrottesla ise $1/1.000.000$ tesla’dır. Miligauss ve mikrottesla arasındaki ilişki $1\mu T = 10mG$ şeklindedir (NIEHS, 2002).

Yerküre $25-65\mu T$ arasında statik manyetik alan ile çevrelenmiştir (Feychting, 2005). Yerkürenin sıvı haldeki metal çekirdeğinin magma hareketinden kaynaklanan doğal manyetik alanı ile binlerce kilometre uzunlukta elektrik donanımına sahip insan vücudu uyum içindedir. Yerkürenin doğal EMA’na ek olarak elektrik ve elektrikli araçların kullanımı ile insan yapımı EMA kaynaklarında ve maruziyette sürekli artış olmaktadır. Teknolojik gelişme, yerkürenin doğal elektromanyetik alanından çok daha fazlasını oluşturan insan yapımı EMA maruziyetini insanlık tarihinin en yüksek seviyesine ulaştırmıştır.

Manyetik alan tüm canlılar için kaçınılmaz bir çevresel faktördür (Eşitken ve Turan, 2004). Biyolojik sistemlerde manyetik ve elektromanyetik alanın hücresel tepkilerini açıklamaya çalışan çeşitli hipotezler vardır. Bunlardan birincisi, yaşam sistemlerinde ferromanyetik özellikler sunan partiküllerin oryantasyonu, diğeri ise, iyonik olarak biçimlendirilmiş atom ve elektromanyetik dönüş koşullarında enerji seviyesi değişiklikleri ve paramanyetik özellikler

gösteren moleküllerin değişmesidir (Van et al., 1998). Bazı araştırmacılar, 0.001 ile 0.01 tesla arasında olan manyetik alanların, elektronların dönüş konumlarını değiştirerek kimyasal reaksiyonlara sebep olabileceğini ve bu yüzden biyolojik sebeplerle sonuçlanma potansiyeli olduğunu belirtmişlerdir (Fomicheva et al., 1992; Grundler et al., 1992; Belyavskaya et al., 1992).

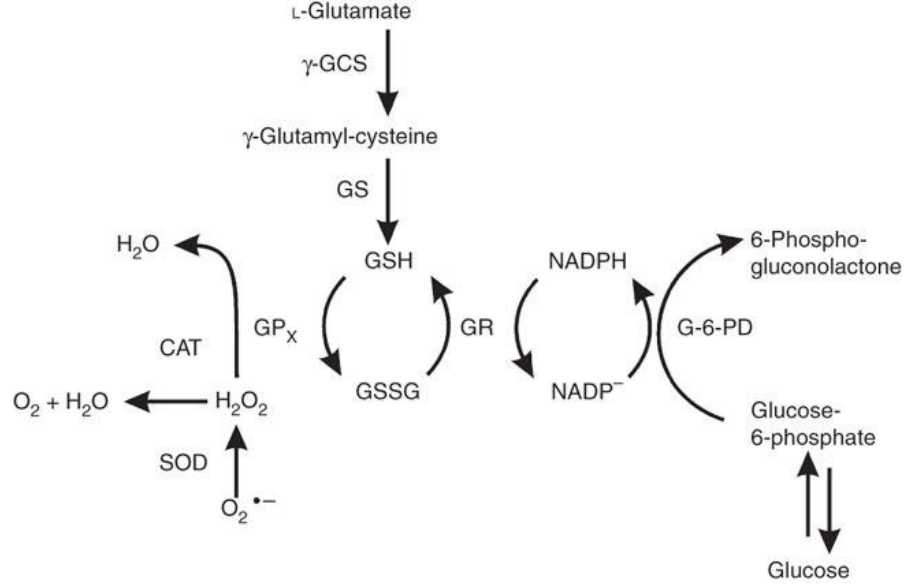
Manyetik alan ile canlı organizmalar üzerindeki etkileri arasındaki olası bağlantı MA'nın oksidatif strese neden olması, yani MA'nın serbest radikallerin aktivitesini, konsantrasyonunu ve ömrünü arttırmak için elektronların enerji seviyelerini ve dönüş yönelimini değiştirmesidir (Repacholi and Greenebaum 1999; Sahebamei et al., 2007). Aynı zamanda enzim aktivitesini, gen ekspresyonunu ve hücre içindeki depolama alanlarından kalsiyumun salınmasını da etkiler, bu da membran yapısını, hücre büyümesini ve hücre ölümünü etkiler, böylece kanser ve lösemiye katkıda bulunur (Green et al., 1999). Canlı organizmalar, çeşitli stres koşullarında oksidasyona karşı hücreleri korumak için karotenoidler ve bir enzim sistemi dahil olmak üzere antioksidanların birikmesine yol açan metabolik yollar geliştirmiştir (Gouveia et al., 1996a). Hücre zarları, genel ve spesifik gen ekspresyonu ve sinyal transdüksiyon yolları üzerinde MA etkilerini ortaya çıkarmak için *in vitro* maruz bırakılan kültürlenmiş hücreler üzerinde birçok çalışma yapılmıştır (Phillips et al., 1992; Liburty et al., 1993; Paradisi et al., 1993; Fanelli et al. 1999; Albertini et al., 2003).

Manyetik alan uygulamalarının bitki enzim aktiviteleri üzerindeki etkileri konusunda çalışmalar oldukça yenidir. Farklı bitkilerle yapılan çeşitli çalışmalar, manyetik alanın antioksidan savunma sisteminin α - ve β -amilaz aktiviteleri, glutatyon S-transferaz, süperoksit dismutaz, katalaz ve askorbat peroksidaz enzimleri üzerinde değişikliklere neden olduğunu bildirmiştir (Rochalska and Grabowska, 2007; Sahebamei et al., 2007).

Canlı hücrelerdeki metabolik reaksiyonlar sırasında ağır metaller, pestisitler, radyoaktif maddeler ve kontamine olmuş sular gibi birçok kirleticiler serbest radikallerin oluşumuna yol açar. Serbest radikaller, besinlerin oksijen kullanılarak enerjiye dönüşümü sırasında meydana gelen reaktif moleküllerdir. Oksijen molekülleri yaşam için vazgeçilmez olmakla birlikte, metabolizma sırasında serbest radikal kaynağı olarak bilinen ve son derece reaktif olan ara

ürünler oluşturmaktadır. Reaktif oksijen türleri/metabolitleri olarak bilinen bu moleküller lipid, protein ve DNA gibi hücre bileşenlerine zarar verir. Aerobik organizmalarda serbest radikal oluşumunu kontrol altında tutmak ve bu moleküllerin zararlı etkilerine engel olmak üzere antioksidan savunma sistemleri gelişmiştir. Ancak bazı durumlarda mevcut antioksidan savunma sistemi serbest radikallerin etkisini tamamen önleyemez ve oksidatif stres olarak adlandırılan durum ortaya çıkar. Serbest radikalleri yakalama ve stabilize etme yeteneğine sahip maddelere antioksidan denir. Birincil antioksidanlar, mevcut radikallerle reaksiyona girerek zararlı formlara dönüşmelerini ve yeni serbest radikal oluşumunu önleyen bileşiklerdir. Aynı zamanda canlı hücrelerde oksidatif hasara karşı savunma sistemini oluşturan enzimler bulunmaktadır. Bu enzimler arasında süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GPx) ve katalaz (CAT) gibi enzimler yer almaktadır (Arora et al., 2002).

Biyoişaretçi ve antioksidan enzimlerden olan katalaz (CAT) enzimi, organizmada toksik olan hidrojen peroksiti (H_2O_2), su (H_2O) ve oksijen (O_2) moleküllerine çevrilmesinde görev alır. Ayrıca, peroksidaz olarak davranarak çeşitli organik maddeler ile etkileştiğinde hidrojen donörü görevi de görür. Bu enzim oksijenli solunum yapan tüm canlılarda aynı şekilde katalizleme görevini yapmaktadır. Ağır metal iyonlarının çoğu katalaz inhibitörü olarak görev alır. Diğer bir antioksidan enzim olan süperoksit dismutaz (SOD) enzimi, süperoksit anyonunun, hidrojen peroksit ve oksijene dönüşünü kataliz ederek bu maddelerin etkisini azaltmaktadır. SOD enzim aktivitesini hızlandıran, aktif bölgesinde kofaktör olarak bulunan çinko (Zn), enzim için önemli bir mineraldir. Glutatyon peroksidaz (GPx) ise, glutatyonun indirgenmiş formunu (GSH), oksitlenmiş haline (GSSG) dönüştürmektedir. Enzim aktivitesi için Selenyum (Se) mineraline ihtiyaç duymaktadır (Arora et al., 2002).



Şekil 2.3, Antioksidan enzim şeması (Weydert ve Cullen, 2009).

Süperoksit radikali (O_2^-), hidroksil radikalleri (OH) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi reaktif oksijen türleri (ROS), kloroplastlar, mitokondri ve peroksisomlar gibi farklı hücre bölümlerinde küçük miktarlarda üretilir. Bitkilerde ROS üretimi ile süpürme arasındaki denge antioksidan savunma sistemi ile kontrol edilir. ROS üretimi hücrel antioksidan sistemin üstesinden gelebileceği seviyenin ötesine geçtiğinde, klorofil molekülü, nükleik asitler, membran lipidleri ve proteinler gibi hücre bileşenlerinde hasar meydana gelir. Detoksifikasyon işleminin ilk enzimi, katsayı olarak Zn, Cu, Mn ve Fe gibi eser elementleri kullanan bir metaloenzim olan süperoksit dismutazdır (SOD, EC 1.15.1.1). Mn-SOD, Cu/Zn-SOD ve Fe-SOD gibi üç farklı izoenzime sahip olan SOD süperoksit radikallerini temizler ve ayrıca Haber-Weiss reaksiyonu ile hidroksil radikallerinin üretimini azaltır (Bowler et al., 1992; Arora et al., 2002).

Katalaz (CAT, EC 1.11.1.6), peroksidaz (POX, EC 1.11.1.7) ve askorbat peroksidaz (APX, EC 1.11.1.11); Serbest radikallere karşı enzimatik savunma sistemi oluşturan, bitkileri hidrojen peroksidi (H_2O_2) suya (H_2O) ve moleküler oksijene (O_2) demutasyon reaksiyonu ile dönüştürerek toksisiteye karşı korur (Bowler et al., 1992; Asada, 2000).

Günümüzde tarımla ilgili modern araştırmalar, fidelerin gelişimi ve mahsul oluşumunu arttırmak için tohumlar üzerinde fiziksel çalışmalara dayanan

verimli bir çevre dostu üretim teknolojisi üzerine yoğunlaşmıştır. Tohumların manyetik alanlara maruz kalmaları, filizlenme sonrası bitki gelişimini ve mahsul standardını geliştirmek için güvenli ve uygun maliyetli fiziksel ön ekim uygulamalarından biridir. Düşük seviyeli bir elektromanyetik alana 12 saat boyunca maruz bırakılan soğan ve pirinç tohumları, filizlerin ve kök uzunluğunun yanı sıra filizlenmeyi de önemli ölçüde artırmıştır (Alexander and Doijode, 1995). Harichand ve diğ. (2002) ayrıca bir manyetik alana (10 mT; 40 saat) tohumların maruz kalmasının bitki boyunu, başak başına tohum ağırlığını ve sonrasında buğday ekinlerinin arttığını gözlemlemiştir. Mısır tohumlarının 150 mT manyetik alana maruz bırakılmaları filiz gelişimini tetiklemiş ve mısır bitkisinin filizlenmesinde, taze ağırlığın ve filizlerin boyunun artışına neden olmuştur (Aladjadjiyan, 2002). Florez ve diğ. (2007), tohumlar sabit bir manyetik alana maruz bırakıldıklarında, mısır fidelerinin filizlenmeleri ve erken büyümelerinin arttığını bildirmişlerdir. Fischer ve diğ. (2004), 16 Hz sinüzoidal 20 mT (rms) dikey manyetik alanlara maruz kalan ayçiçeği fidelerinin, toplam taze ağırlıklarında ve kök taze ağırlığında küçük fakat belirgin artışlar gösterdiğini ve çimlenme oranlarının etkilenmediğini bildirmiştir. Filizlenen bakla (*Vicia faba*) fidelerinin büyümesi, artmış mitotik indeks ve H-timidin alımı ile desteklenen güç frekansı manyetik alanların (100 mT) uygulanmasıyla artış göstermiştir (Rajendra et al., 2005). Vashisth ve Nagarajan (2007, 2008), statik manyetik alanlara maruz bırakılan 1 aylık mısır bitkileri ve nohut tohumlarının filizlenme, fide, filiz / kök büyümesinde önemli artışlar bildirmiştir.

Manyetik alan etkilerinin kültürü yapılan balıkların embriyolojik ve larval dönemlerinde meydana gelen fizyolojik değişimlerin incelendiği farklı türler üzerinde yürütülen çalışmalar bulunmaktadır. Düşük değerli sabit manyetik alan, alabalık (*Salmo trutta*) ve gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yumurtalarının embriyolojik gelişimini yavaşlatmaktadır. Manyetik alana maruz bırakılan, yumurtadan yeni çıkmış olan yavrular kontrol grubundakilere göre total boy ve ağırlık olarak daha ileridedir. Embriyolarda, özellikle kalbin erken nabız döneminde, kalp ritminde bir artış gözlemlenmiştir. Gökkuşacağı alabalığı embriyolarında gaz alış-verişinde manyetik alana maruz bırakılan grupta değişiklik gözlemlenmiştir. Solunum süreçlerinin yoğunluğu manyetik alana

maruz bırakılarda artmıştır, ancak bu embriyolojik gelişim evresine bağlı olarak değişmektedir ve özellikle gelişmiş bir organogenez dönemine kadar sürmektedir.

Balıklar da dahil olmak üzere canlı hayvanları etkileyen faktörler ikiye ayrılabilir: değiştirilebilir (iklimsel vb.) ve sabit ya da nispeten stabil (yerçekimi, dünyanın manyetik alanı). Araştırmacılar tarafından şimdiye kadar dikkat çeken şeylerin başında değişken faktörler gelmektedir, çünkü istikrarlı olanlar yeryüzünün içsel unsurlarını yaratmaktadır. Son zamanlarda balıkların oryantasyonu gibi, birçok biyolojik fenomenin açıklanmasındaki zorluklar göz önüne alındığında çalışmalar, manyetik alan da dahil olmak üzere kararlı faktörlere yönelmiştir (Tenforde, 1979; Blank, 1993). Bu tip çalışmaların akuakültür ve balıkçılık sektöründe az rastlanılmasından dolayı araştırmacılar öncelikli olarak balık davranışları ve göçler üzerine manyetik alanın etkisine başvurmuştur (Kalmijn, 1978; Kirshvink and Walker, 1986; Chew and Brown, 1989).

Formicki et al. (1998) yapmış olduğu bir çalışmada, farklı değerlere sahip manyetik alanların, seçilen fizyolojik fonksiyonlarda ve embriyoların ve larvaların davranışlarında bozukluklara ve değişikliklere neden olabileceğini açıklamışlardır. Manyetik alanın hangi değer aralıklarında olduğu, belirli reaksiyon türlerine etkisi olup olmadığını ve bu etkilerin olumlu ya da olumsuz olup olmadığını hakkında denemeler yapmışlardır.

Son yapılan çalışmalar bu konuda yeni biyobelirteçlerinde tanımlanmasını sağlamıştır. Bazılarının, biyosferdeki belirli manyetik kirlilik türlerinden kaynaklanan artan tehdit durumunda, diğerlerinin biyolojik olarak daha geniş bir anlam taşıdıkları görülürken, bazılarının uygulama değerleri ve balık üretimi ve kuluçka biyoteknolojisi ile ilgili olduğu görülmektedir.

Organizmalar sürekli olarak çevresel manyetik alanlara maruz kalmaktadır (Eşitken ve Turan, 2004). Manyetik alanın büyüme, gelişme ve üreme üzerindeki etkileri en çok insancıl olarak değerlendirilmiştir. Bir dizi çalışma, yüksek mukavemetli manyetik alanların varlığının hücre döngüsü üzerinde, hücre büyümesini uyararak ya da inhibe ederek (Sakurai and Miyakoshi, 2008) ve bağışıklık sisteminin fonksiyonu üzerinde etkili olduğunu göstermiştir (Ke et al. 1999; Zhou, 2003). Yapay alanlara duyarlılık organizmalar arasında değişmektedir.

Denizhiyarları kültürü için yapılan araştırmalar, manyetobiyolojik teknoloji, geleneksel kimyasal tedavilere göre bir dizi avantaj sunmakta ve büyüme oranlarını arttırdığı, çocuklarda morbidite ve mortaliteyi azalttığı, bağışıklığı ve verimi arttırdığı gözlenmiştir (Rosen, 2010). Manyetik alanlar, membranların aracılık ettiği iyon geçirgen kanalları ve sinyal iletimi üzerinde etkili olabilmektedir (Dhawi et al., 2009; Luutilainen et al., 2000). Dahası, metal iyonları içeren bazı proteinler ve enzimler paramanyetizmi gösterirler (Schenck, 1996). Bu iyonlar enzim aktivite merkezinde yer aldığından (Lin et al., 1992), biyokimyasal reaksiyonların reaksiyon hızını ve dolayısıyla büyüme hızını etkilerler (Seze et al., 1993).

Uygun seviyedeki manyetik alan kuvvetine maruz kalmak bağışıklık fonksiyonunu iyileştirildiğini öne süren çalışmalar mevcuttur. Örneğın, 15 mT alternatif manyetik alana ya da 80 mT sabit manyetik alana maruz kalma farelerde bağışıklık fonksiyonunu arttırdığı gözlenmiştir (Seze et al., 1993). Benzer şekilde, Ding ve Wang (1998), tümör yükü altındaki fareleri bir manyetik alana maruz bırakarak timus ve dalağın ağırlığında bir artışa, güçlenmiş bir bağışıklık ile tutarlı bir şekilde vücut ağırlığının artışına dikkat çekmişlerdir. Buğdayın orta frekanslı manyetik alanlara maruz kalması, çözünebilir proteinleri ve antioksidan enzimlerin SOD, POX, CAT ve APX seviyelerinin artırıldığı da gözlenmiştir (Alikamanoğlu ve Şen, 2011). Manyetik tedavi tedavisinin gösterdiği etkiler sayesinde, suda yaşayan hayvanlar üzerinde yapılan çalışmaların çoğu, alg ve balık üzerindeki etkilere odaklanmıştır (Li et al., 2001; Schultz et al., 2010; Wang et al., 2005).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Anaç Yönetimi ve Yumurtlatma

Çalışmada kullanılan yumurtalar özel bir firmadan temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan yumurtaların elde edildiği anaç balıklar, 10-20 m³'lük adaptasyon tanklarına alınmıştır. Adaptasyon işleminden sonra anaç bireyler 1:1.5 dişi/erkek oranında ve 3.5-4 kg/m³ yoğunlukta stoklanmıştır. Anaçlara doğal üreme periyodu, Şubat-Mart döneminde, doğal deniz suyu sıcaklığında (16-18 °C) doğal fotoperiyot (10 saat aydınlık:14 saat karanlık) uygulaması yapılmış ve herhangi bir hormonal müdahalede bulunulmamıştır. Şekil 3.1'de denemede kullanılan yumurtaların alındığı anaç tankları ve anaç balıklar gösterilmiştir.



Şekil 3.1, Denemede kullanılan çipura anaç tankları ve anaç balıklar.

Yumurta kalitesinin arttırmak amacıyla anaçların beslenmesinde taze yaş yem olarak sübye (*Sepia officinalis*), kalamar (*Loligo vulgaris*), ahtapot (*Octopus vulgaris*) kullanılmıştır. Ayrıca günde 2 kere, sabah ve öğleden sonra olmak üzere doyuncaya kadar besleme yapılmıştır.

Anaçlardan, doğal üreme periyodu olan Mart ayı boyunca toplanan yumurtalar, kollektörlerde toplandıktan (Şekil 3.2) sonra farklı bir kapta bekletilmiş ve canlı-ölü ayırımı yapılmıştır. Canlı yumurta sayısı belirlendikten sonra yumurtalar strafor köpük kutuda izole edilerek hızla transfer edilmiştir.



Şekil 3.2, Anaç tanklarından alınan yumurtaların kollektörlerde toplanması.

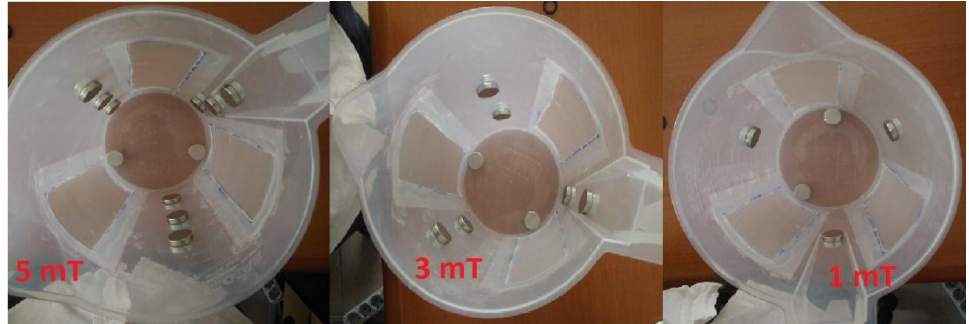
3.2. Deneme Düzeni

Denemeler Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nin Urla Yerleşkesinde bulunan Dr. H. Okan KAMACI Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama Ünitesinde (38.363340 N, 26.770841 E) yürütülmüştür. Transfer edilen yumurtalar 2 litre hacmindeki 300 µm göz açıklığına sahip inkübatörlere 2000-2500 adet/lt olacak şekilde yerleştirilmiştir. Denemede, inkübatörlerin yerleşimi için 4 m³ hacimli, çeperleri siyah, zemini gri renkte, dairesel yapıdaki polyester tanklar kullanılmıştır. Deneme deseni kapsamında 1 mT, 3 mT ve 5 mT olmak üzere üç farklı manyetik alan düzeyi tasarlanmış, kontrol grubuna herhangi bir manyetik alan uygulaması yapılmamıştır. Denemede 2 litre hacme sahip olup tabanı düz silindirik yapıda inkübatörler kullanılmıştır (Şekil 3.3). Hedeflenen üç farklı düzeydeki manyetik alanın oluşturulması için diğer mıknatıslara göre az dirençli fakat daha güçlü olan neodyum (NdFeB, NIB ya da Neo mıknatıs olarak da bilinen) mıknatıslardan farklı sayıda yararlanılmıştır.



Şekil 3.3, Denemelerde kullanılan neodyum mıknatıslar ve inkübatörler.

Denemede 3 farklı grupta (1mT, 3mT, 5mT) manyetik alan teslametre yardımıyla ölçülerek tasarlanmıştır (TES-1394). Bu ölçümler sonucunda sırasıyla 1 mT için minimum 0,875 mT, maksimum 1,375 mT, 3 mT için minimum 2,77 mT, maksimum 3,81 mT ve 5 mT için minimum 4,641 mT, maksimum 5,416 mT değerleri ölçülmüştür. Deneme kapsamında hedeflenen 1 mT, 3 mT ve 5 mT değerleri için sırasıyla 10, 16 ve 22 adet 10 mm çapında, 2 mm kalınlığında neodyum mıknatıs kullanılmış ve inkübatörlerin iç çeperlerine homojen şekilde konumlandırılmıştır (Şekil 3.4). Kontrol grubundaki inkübatörlere ise hiçbir mıknatıs kullanılmadan doğal ortam şartları sağlanmıştır ve yapılan ölçümlerde hiçbir değer gözlenmemiştir.



Şekil 3.4, Mıknatısların konumlandırılması.

Deneme süresince inkübatörlere karıştırma amacıyla düşük debide havalandırma yapılmıştır. Çözünmüş O₂ düzeyi 6 mg/lit, su sıcaklığı 18±1 °C, pH 7,5-8, NO₃⁻ : >0.001 mg/l 7.5, Saturasyon >%85, NH₄⁺ : >0.001 mg/l, NO₂⁻ : >0.001 mg/l olarak ölçülmüştür.

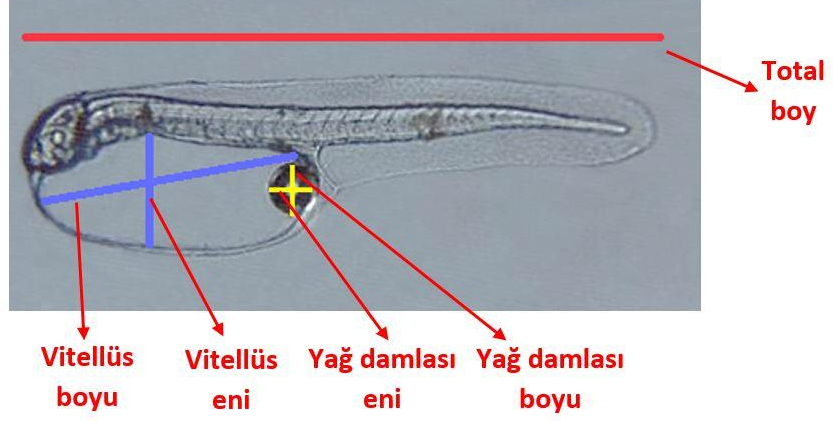
3.2. Örneklem

Yumurtaların, farklı düzeydeki manyetik alanlarda embriyolojik gelişimlerini izleyebilmek için her 30 dakikada bir 3 tekrarlı yürütülen deneme düzeneklerinden homojen olarak alınarak yapılmış ve milimetrik oküler monte edilmiş mikroskop (Olympus CX31) altında fotoğraflanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5, Yumurta ve Larva örnekleme ve fotoğraflanması.

Ayrıca endojen besin rezervlerinin tüketim profillerini tespiti amacıyla her 6 saatte bir besin keseli larva ölçümleri yapılmış (Şekil 3.6) ve larva üzerinde vitellüs kesesi hacim formülü ve yağ damlası hacim formülü Blaxter ve Hempel (1966) yöntemiyle ölçülmüştür ve bu formüller vitellüs kesesi ve yağ damlası hacminin hesaplanması için; $V = \frac{4}{3} \pi (V_e)^2 (V_b)$ şeklindedir.



Şekil 3.6, Larva ölçümleri.

Denemede kapsamında incelenmesi hedeflenen süperoksit dismutaz, katalaz ve total proteaz enzimlerinin analizi için her 24 saatte bir deneme gruplarından 100 adet yumurta ve 100 adet besin keseli larva alınarak soğuk saklama için uygun olan kriyo Eppendorf tüplerine konarak analizler yapılabilmeye kadar likit nitrojen tankında $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de saklanmıştır.

3.3. Enzim Analizleri

Yapılan enzim analizleri çoklu plak mod mikro plaka okuyucu (BioTech Synergy HTX-USA) kullanılarak yürütülmüştür (Şekil 3.8).

3.3.1. Süperoksit dismutaz (SOD) analizi

SOD analizleri ticari analiz kiti ile yapılmıştır (BioVision, SOD Assay Kit).

Reaktif Hazırlığı ve Saklama Koşulları

- *WST Çalışma Çözeltisi:* 1mL WST çözeltisini 19 mL Assay Buffer ile seyreltilir.

Çözelti $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de kalmak koşuluyla 2 ay stabildir.

- *Enzim Çalışma Çözeltisi:* Enzim çözeltisi 5 saniye santrifüj edilir. Daha sonra

pipetleme yolu ile iyice karışması gerekmektedir (Aksi takdirde enzimin iki

tabakası karışmaz). Çözeltinin 15 μ L'si ile 2.5 mL Dilution Buffer ile seyreltilir.

Çözelti 4 °C'de kalmak koşuluyla 3 hafta stabildir.

- *Tris/HCl Tamponu:* 1L hacminde 0.1M Tris/HCl tamponu hazırlığı için 12.114g

Tris tartılır yaklaşık 800mL suda çözülür. Daha sonra HCl ile pH (7.4) istenilen düzeye getirilir. pH ayarından sonra balonjojede 1000 mL ye tamamlanır.

- *%0,5 Triton-X:* 0,5mL Triton-X, 100mL'lik balon jodede saf su ile tamamlanır.
- *5 mM β -Merkaptoetanol:* 35 μ L β -ME, 100mL'lik balonjojede saf su ile

tamamlanır.

- *0.1mg/mL PMSF:* 10mg PMSF, 100mL'lik balon jodede saf su ile tamamlanır.
- *KCl:* 1.118g KCl, 100mL'lik balon jodede saf su ile tamamlanır.

Örnek Hazırlama (Doku ve Hücre)

Doku örnekleri, üzerinde kırmızı kan hücresi kalmaması adına 150 mM KCl ile sıvanmalıdır. Daha sonra doku örnekleri %0,5 Triton-X + 5 mM β -ME (β -Merkaptoetanol) + 0.1mg/mL PMSF (fenilmetilsülfonil florür) içeren 0,1M ve pH 7.4 Tris/HCl tamponunda homojenize edilir. Elde edilen dokular 4 °C sıcaklıkta 10900 rpm'de 5 dakika santrifüj edilir. Oluşan süpernatant sistolik ve mitokondriyal içerikte olan total-SOD'u içerir.

Protokol

1. Her örnek kuyucuğuna ile Blank 2 kuyucuğuna 20 μ L hacminde örnek çözeltisi konur. Blank 1 ve Blank 3 kuyucuklarına ise saf su eklenir.
2. Her kuyucuğa 200 μ L WST Çalışma çözeltisi eklenir.
3. 20 μ L Dilution Buffer Blank 2 ve Blank 3 kuyucuklarına eklenir.

4. 20µL Enzim Çalışma Çözeltisi, her örneğe ve Blank 1'e eklenir. İyiye karıştırılır.

(NOT: pipetleme işlemi çoklu pipetle ve oldukça hızlı olmalıdır.)

5. Plaka 37 °C de 20 dakika inkübasyonda tutulur.

6. 450nm'de absorbans okunur (Şekil 3.7).

Hesaplama

$$\text{SOD Activity (inhibition rate \%)} = \frac{(A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank3}}) - (A_{\text{sample}} - A_{\text{blank2}})}{(A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank3}})} \times 100$$

Çizelge 3.1, Kuyucuklar için reaktif miktar çizelgesi

	ÖRNEK	BLANK 1	BLANK 2	BLANK 3
Örnek Çözeltisi	20 µl		20 µl	
Ultra Saf Su		20 µl		20 µl
WST Çalışma Çözeltisi	200 µl	200 µl	200 µl	200 µl
Enzim Çalışma Çözeltisi	20 µl	20 µl		
Dilution Buffer			20 µl	20 µl



Şekil 3.7, Yumurta ve besin keseli larva örneklerinin çoklu plaka okuyucuda SOD analizi.

3.3.2. Katalaz (CAT) analizi

CAT analizleri ticari analiz kiti ile yapılmıştır (BioVision, CAT Assay Kit). Bu çalışma kiti ile CAT aktivitesi 570 nm'de absorbans alınarak kolorimetrik ya da Ex/Em = 535/587 nm değerlerinde florimetrik olarak ölçülebilmektedir. Kit kullanma klavuzuna göre izlenen yollar aşağıdaki gibidir:

Reaktif Hazırlığı ve Genel Hususlar

- *OxiRed Probe*: DMSO çözeltisinin erimesi için kısa süreli ısıtılır. 4°C'de ışık görmeyecek şekilde saklanır. İki ay boyunca kullanılabilir.
- *HRP*: 220 µL Assay Buffer ile çözülür. 4°C'de saklanır. İki ay boyunca kullanılabilir.
- *Pozitif Kontrol Çözeltisi*: CAT-PK'nın üstüne 500 µL Assay Buffer eklenir. Parçalanıp -20°C'de saklanabilir. 4°C'de 2-3 gün, -20°C'de ise 2 ay boyunca kararlıdır.

Not: Örnekler, HRP ve Katalaz kullanım esnasında buz üstünde tutulmalıdır.

CAT Analiz Protokolü

Örnek ve Pozitif Kontrol Hazırlığı: 0,1 g örnek, buzda, 0.2 mL soğuk Assay Buffer ile homojenize edilir. 4°C'de 9200 rpm ve 15 dakika santrifüj edilir. Örneklerin kullanılmayan kısmı -80°C'ye konarak yeniden analiz edilebilir. 2-78 µL örnek ya da 1-5 µL pozitif kontrol çözeltisi kuyucuklara eklenir. Hacim 78 µL'ye Assay Buffer ile tamamlanır. Yüksek Kontrol (HC) hazırlamak için pozitif kontrol çözeltisinin üstüne örnek kuyucuklarına eklenen örnek miktarı kadar örnek eklendikten sonra, bu da diğer örnekler gibi 78 µL'ye tamamlanır. 10 µL Stop çözeltisi HC kuyucuklarına eklenir ve 25°C'de, inkübe edilir. Böylece HC'deki yüksek CAT aktivitesi engellenmiş olur. Bilinmeyen örnekler için farklı doz miktarları ile okumanın standart aralığının içinde kalması sağlanır.

H₂O₂ Standart Eğrisi: 0.88M'lık H₂O₂ çözeltisinden 5 µL alınır, 215 µL saf su eklenir ve 20mM derişimde H₂O₂ çözeltisi elde edilir. 20mM'lık çözeltiden 50 µL alınır, üzerine 0.95 mL saf su eklenerek 1mM'lık H₂O₂ çözeltisi elde edilir. 1mM'lık çözeltiden 0, 2, 4, 6, 8, 10 µL alınır ve 0, 2, 4, 6, 8, 10 nmol/kuyucuk içeren standart kuyucukları elde edilir. Son hacim Assay Buffer ile 90 µL'ye tamamlanır. En son olarak da 10 µL stop çözeltisi tüm standart kuyucuklarına eklenir. Seyrelmiş H₂O₂ kararsız olduğundan her analiz esnasında taze olarak hazırlanmalıdır.

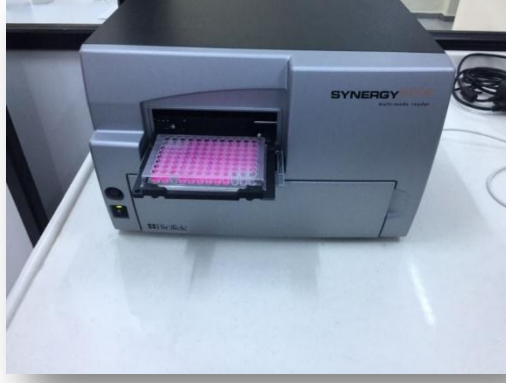
Katalaz Reaksiyonu: Reaksiyonun başlaması için 1mM'lık taze H₂O₂ çözeltisinden 12 µL her örnek kuyucuğuna ve HC kuyucuğuna konur. 25°C'de 30 dakika inkübasyon yapılır. Ardından 10 µL stop çözeltisi eklenerek reaksiyon durdurulur.

Gelişim Karışımı: Analiz yapılacak kuyucuk kadar hazırlanır. 50 µL olan bu karışımdan her standart, kontrol ve örnek kuyucuklarına eklenir. İyice karıştırılır.

Gelişim Karışımının içeriği şu şekildedir.

- 46 µL Assay Buffer
- 2 µL OxiRed Probe
- 2 µL HRP çözeltisi

25°C'de 10 dakika inkübasyon yapılır (Şekil 3.8). 570 nm'de absorbans okunur.



Şekil 3.8, Yumurta ve besin keseli larva örneklerinin çoklu plaka okuyucuda CAT analizi.

Not: Eğer katalaz çok düşük miktarda ise stop çözeltisinin eklenme süresi geciktirilebilir ya da florimetrik analiz yapılabilir. Eğer florimetrik analiz yapılacaksa OxiRed miktarı 0.3 µL'ye indirilir. Aradaki fark Assay Buffer ile tamamlanır.

Hesaplama

- Örneklerdeki sinyal değişimi ($\Delta A = A_{HC} - A_{\text{örnek}}$) Örnek absorbanansı 30 dakika sonundaki absorbanstır.
- H_2O_2 standart eğrisi çizilir. Eğride ΔA değeri yerine konarak, reaksiyon sonucu katalaz yıkımı ile parçalanmış **B** nmol H_2O_2 bulunur.

$$\text{Örnek CAT Aktivitesi} = \frac{B}{30 \times V} \times D$$

$$\text{CAT Aktivitesi} = \text{nmol/min/mL} = \text{mU/mL}$$

B: Standart eğrisindeki katalazla parçalanmış H_2O_2 miktarı (nmol)

V: Reaksiyon kuyucuklarına konulmuş örnek miktarı (mL)

D: Örnek seyrelme faktörü

Ünite Tanımı: 1 mU CAT aktivitesi; 4.5 pH'da ve 25°C ortam koşullarında, dakikada elde edilen 1.0 µmol H_2O_2 miktarına eşittir.

3.3.3. Total proteaz analizi

Örnekleneen yumurta ve besin keseli larvalar homojenizatör yardımıyla 15000xg devir, 4 °C’de 30 dakika süre ile homojenize (1/5:homojenat/soğuk saf su) edilmiş ve elde edilen homojenata 0,1M, KCl-HCl (pH 1.5), glycine-HCl 0.2 M (pH 3.0), sitrat 0.1 M-fosfat 0.2 M (pH 7.0), 0,1M, Tris HCl (pH 8.0) ile glycerol eklenerek enzim analizleri yapıncaya dek -20°C’de saklanmıştır.

Total proteaz enzim aktivitesinin izlenebilmesi amacıyla Walter 1984 yılında yaptıkları çalışmada kullanılan analiz yöntemi ve substrat madde olarak kazein kullanılmıştır.

Prosedür

- Spektrofotometri cihazı 280 nm dalga boyu ve 37°C ayarlanır.
- Quartz küvete 3.0 ml of kazein konulur.
- Quartz küvet spektrofotometrede 5 dakika süre ile 37°C’de inkube edilir.
- 0.2 ml enzim solüsyonu konulur ve 280 nm dalga boyunda, 10. dakika sonundaki değer kaydedilir.

3.3.4. İstatistiksel Analiz

Denemeler 3 kez tekrar edilmiş ve veriler ortalamanın standart sapması (mean±SD) olarak gösterilmiştir. Varyanslar arasındaki homojenite Levene testi ile test edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizinin (ANOVA) ardından Tukey testi ile tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Yaşama oranları arasındaki farklılık ise Fisher’in Ki kare testi ile saptanmıştır. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS 15.0 ve Microsoft Excel 2010 yazılımlarından yararlanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Yumurta

4.1.1. Embriyolojik gelişim

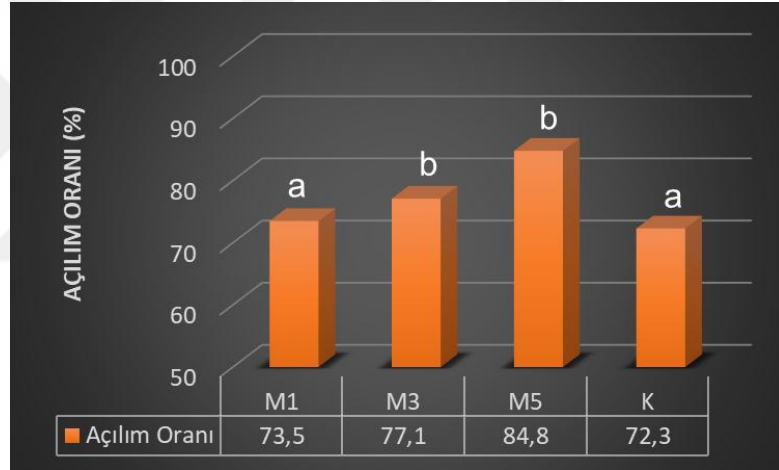
Deneme başında yapılan ilk ölçümlerde yumurta çapı $0,97\pm 0,02$ mm ve yağ damlası çapı da $0,23\pm 0,008$ mm olarak ölçülmüştür. Yumurta gelişim safhalarından 8'li Blastomer her grup için 2:00'inci saatte, 16'lı Blastomer her grup için 2:30'uncu saatte, Morula her grup için 4:15'inci saatte, Erken Blastula her grup için 6:00'inci saatte, Erken Gastrula her grup için 12:00'inci saatte, Neurula her grup için 14:00'üncü saatte, Somit oluşumu K grubunda 18:00'inci, M1 grubunda 17:30'uncu, M3 ve M5 gruplarında 16:30'uncu saatte, Primordial yüzgeç oluşumu K grubunda 32:00'inci, M1 grubunda 31:00'inci, M3 grubunda 30:30'uncu, M5 grubunda 30:00'uncu saatte gerçekleşmiştir. %10'luk açılım K grubunda 48:30'uncu, M1 grubunda 48:00'inci, M3 grubunda 47:30'uncu ve M5 grubunda 46:30'uncu saatlerinde gerçekleşmiştir. Açılımın tamamlanması K grubunda 52:00'inci, M1 grubunda 50:00'inci, M3 grubunda 49:30'uncu ve M5 grubunda 48:00'inci saatlerde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1, Farklı düzeydeki manyetik alanlara maruz bırakılan çipura yumurtalarının 18°C'de gelişim safhaları ve saatleri.

Safha / Grup	K	M1	M3	M5
8 li Blastomer	2:00	2:00	2:00	2:00
16 lı Blastomer	2:30	2:30	2:30	2:30
Morula	4:15	4:15	4:15	4:15
Erken Blastula	6:00	6:00	6:00	6:00
Erken Gastrula	12:00	12:00	12:00	12:00
Neurula	14:00	14:00	14:00	14:00
Somit oluşumu	18:00	17:30	16:30	16:30
Primordial yüzgeç oluşumu	32:00	31:00	30:30	30:00
Açılım (%10)	48:30	48:00	47:30	46:30
Açılım (%100)	52:00	50:00	49:30	48:00

Neurula safhasına kadar yumurtaların gelişiminde farklılık gözlenmezken Somit oluşum safhasından itibaren M3 ve M5 grupları diğer gruplara göre daha hızlı gelişim göstermiştir. M5 grubu ise Primordial yüzgeç oluşum safhasından itibaren M3 grubuna göre daha hızlı gelişim göstermiştir.

Deneme sonunda yumurtaların açılım oranları da incelenmiştir. Embriyolojik gelişim dönemi sonunda açılım oranları sırasıyla K grubunda %72,3±2,6, M1 grubunda %73,5±3,1, M3 grubunda %77,1±4,4 ve M5 grubunda ise %84,8±4,2 olarak tespit edilerek en yüksek açılım oranına M5 grubu sahiptir. M3 ile M5 deneme grupları ile M1 ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilirken ($p>0.05$) M1 ile K grubu ve M3 ile M5 grupları kendi aralarında istatistiki açıdan farklılık göstermemiştir ($p<0.05$). (Şekil 4.1).

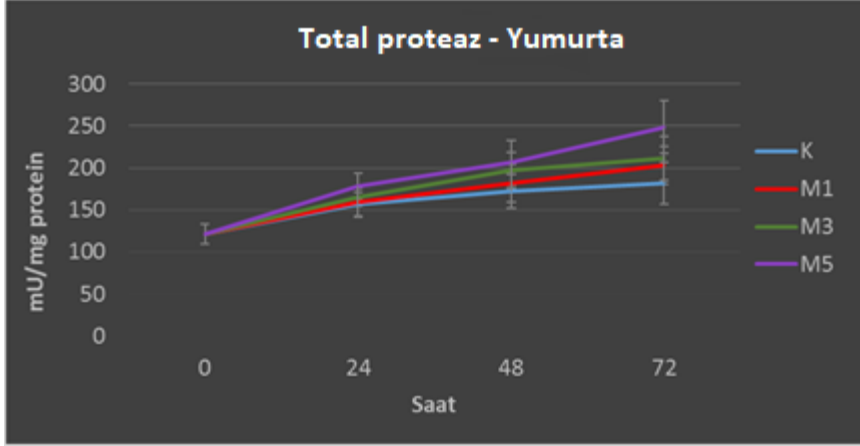


Şekil 4.1, Yumurta açılım oranları.

4.1.2 Enzim aktiviteleri

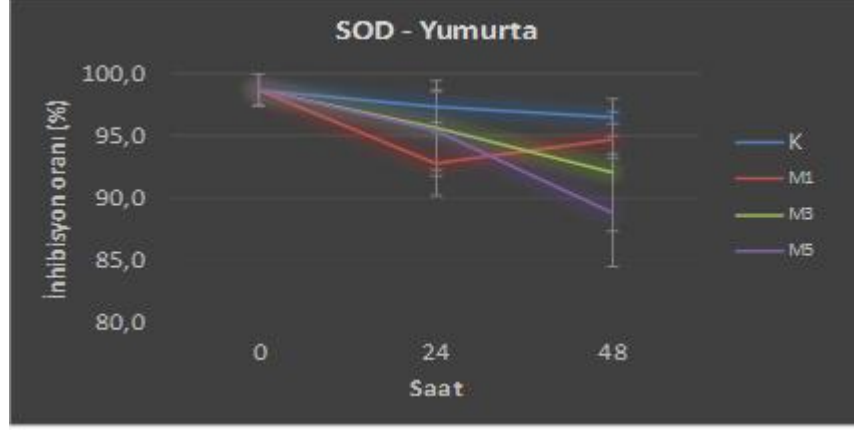
Embriyolojik dönemde yumurtanın protein ihtiyacının ana kaynağı olan vitellüs kesesinin gelişim profili embriyonun gelişimi hakkında önemli ayrıntılar vermektedir. Bu kapsamda deneme boyunca yumurtanın protein içeriği nedeniyle total proteaz aktivitesi incelenmiştir. Tüm enzim analizleri Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü İnciraltı Yerleşkesi, Deniz Bilimleri Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Embriyolojik gelişimin en başında tüm deneme grupları için $87,94\pm 5,6$ mU/mg protein⁻¹ olan total proteaz aktivitesi

açılımın gözlemlendiği 48. saatte K grubu için 116.52 ± 10.1 mU/mg protein⁻¹, M1 grubu için 165.23 ± 6.8 mU/mg protein⁻¹, M3 grubu için 187.42 ± 8.9 mU/mg protein⁻¹, M5 grubu için 236.47 ± 12.1 mU/mg protein⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Sonuçta, M1, M3 grupları kendi arasında istatistiksel açıdan bir farklılık gözlenmezken ($p > 0.05$) kontrol ve M5 grubunun istatistiksel olarak diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$).



Şekil 4.2, Çipura yumurtalarının total proteaz aktivitesi.

Bu hızlı gelişmelerin oksidatif stres üzerinde etkili olup olmadığını tespit edebilmek için yumurtaların SOD ve CAT aktiviteleri incelenmiştir. Başlangıçta %100 olan SOD inhibisyon değeri deneme sonunda K grubu için 96.49 ± 1.30 , M1 grubu için 94.74 ± 1.20 , M3 grubu için 92.11 ± 4.80 , M5 grubu için 88.82 ± 4.40 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3). CAT ölçümlerinde ise herhangi bir oksidatif strese bağlı katalaz aktivitesi bulunamamıştır. Bu sonuçlardan yola çıkarak uygulanan manyetik alanların yumurta üzerinde önemli ölçüde bir stres kaynağı oluşturmadığının göstergesi olarak öngörülmüştür. Deneme grupları arasında istatistiksel açıdan bir farklılık görülmemiştir. ($p < 0.05$)



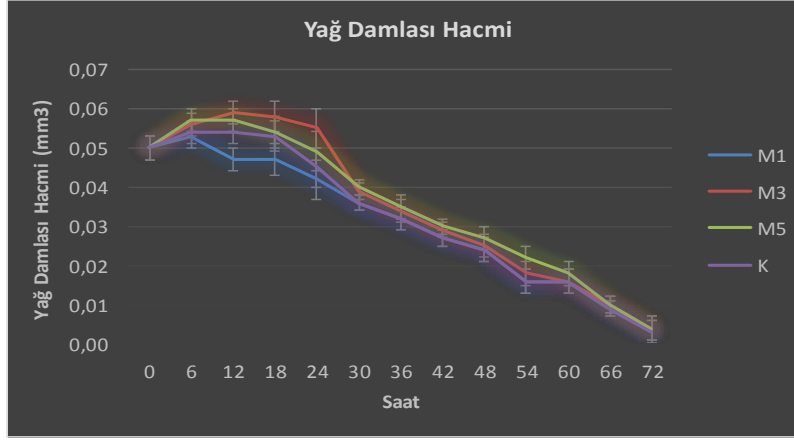
Şekil 4.3, Çipura yumurtalarının SOD aktivitesi.

Katalaz aktivitesine bakıldığında ise yapılan analizlerde deneme boyunca herhangi bir aktivite tespit edilememiştir.

4.2. Besin Keseli Larva

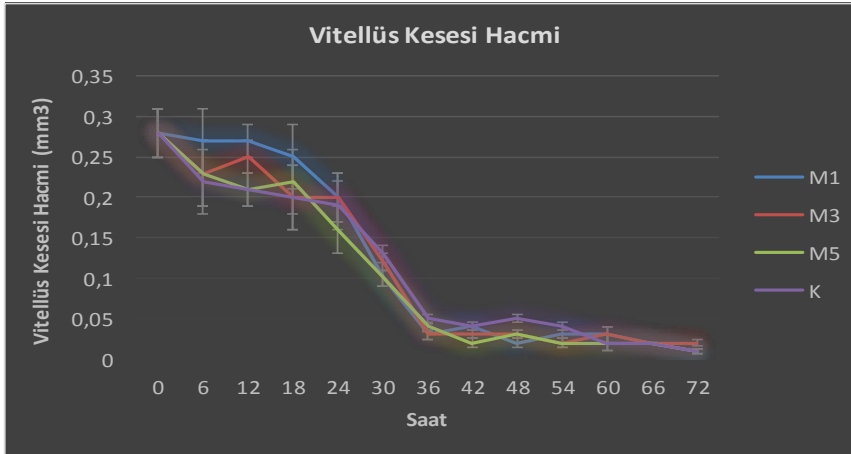
4.2.1. Endojen besin rezervlerinin emilimi

Endojen besin rezervlerinin tüketilmesini sağlamak amacıyla yumurta ve prelarval dönem boyunca karanlık ortam uygulaması yapılmıştır. Larvalarda tüm gruplara ait yağ damlası hacminin absorpsiyon grafiği Şekil 4.4'de verilmiştir. Başlangıçtan itibaren tüm gruplarda absorpsiyon giderek azalan bir profil izlemektedir. Deneme sonunda yağ damlası hacimleri sırasıyla K grubunda $0,03 \pm 0,003 \text{ mm}^3$, M1 grubunda $0,03 \pm 0,004 \text{ mm}^3$, M3 grubunda $0,04 \pm 0,003 \text{ mm}^3$ ve M5 grubunda ise $0,04 \pm 0,004 \text{ mm}^3$ olarak tespit edilmiştir. En düşük absorpsiyon 3 mT ve 5 mT uygulanan M3 ve M5 gruplarına aittir. Deneme grupları arasında istatistiksel açıdan bir farklılık görülmemiştir. ($p < 0,05$)



Şekil 4.4, Larvalarda yağ damlası emilimi

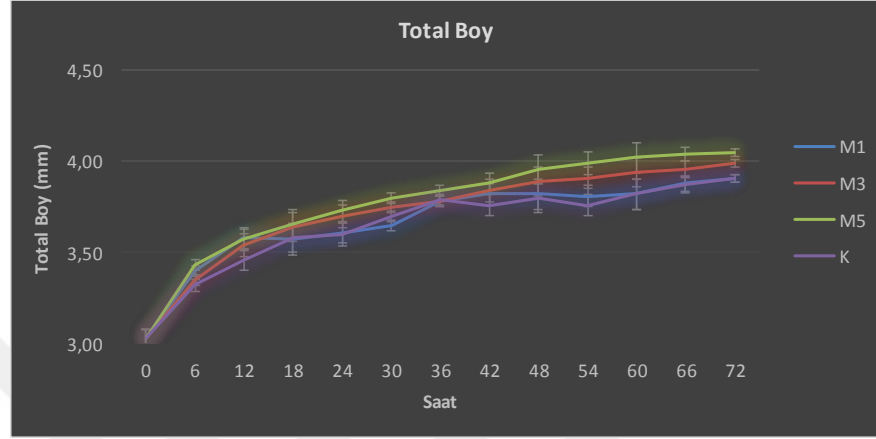
Yapılan bu çalışmada çipura larvalarında tüm gruplara ait vitellüs kesesi hacminin absorpsiyon grafiği Şekil 4.5'te verilmiştir. Başlangıçtan itibaren tüm gruplarda absorpsiyon giderek azalan bir profil izlemektedir. Deneme sonunda vitellüs kesesi hacimleri sırasıyla K grubunda $0,01\pm 0,004$ mm³, M1 grubunda $0,01\pm 0,004$ mm³, M3 grubunda $0,01\pm 0,003$ mm³ ve M5 grubunda ise $0,02\pm 0,003$ mm³ olarak tespit edilmiştir. En düşük absorpsiyon 5 mT uygulanan M5 grubuna aittir. Deneme grupları arasında istatistiksel açıdan bir farklılık görülmemiştir. ($p<0.05$)



Şekil 4.5, Larvalarda vitellüs kesesi emilimi.

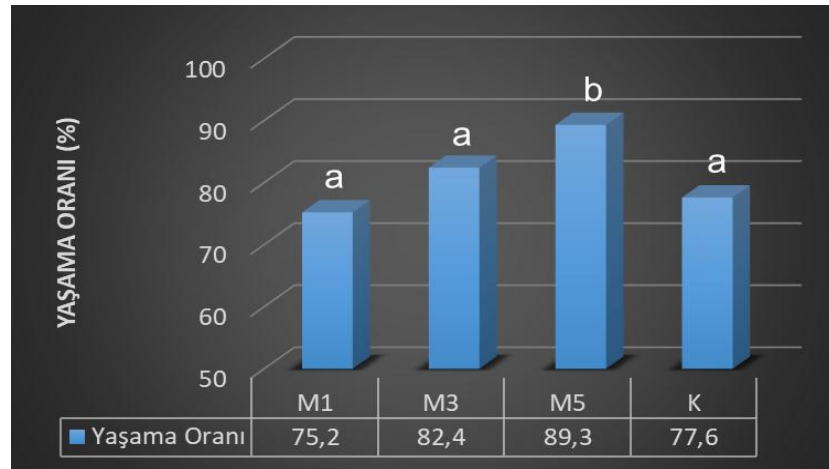
Deneme süresince alınan larva örneklerinin fotoğraflanıp, TPSDig programı yardımıyla hesaplanan total boy gelişimine baktığımızda sırasıyla K grubu $3,91\pm 0,04$ mm, M1 grubu $3,91\pm 0,03$ mm, M3 grubu $3,99\pm 0,03$ mm ve M5 grubu $4,05\pm 0,04$ mm olarak ölçülmüştür. En iyi total boy gelişimi 5 mT uygulanan M5 grubunda tespit edilmiş ve bunu M3, M1 ve kontrol grubu

izlemiştir (Şekil 4.6). Buradan da M5 grubu için en az besin rezervlerinin emilimiyle en iyi total boy gelişiminin sağlandığı çıkarımında bulunulabilir. Deneme grupları arasında istatistiksel açıdan bir farklılık görülmemiştir. ($P < 0.05$)



Şekil 4.6, Larvalarda total boy gelişimi.

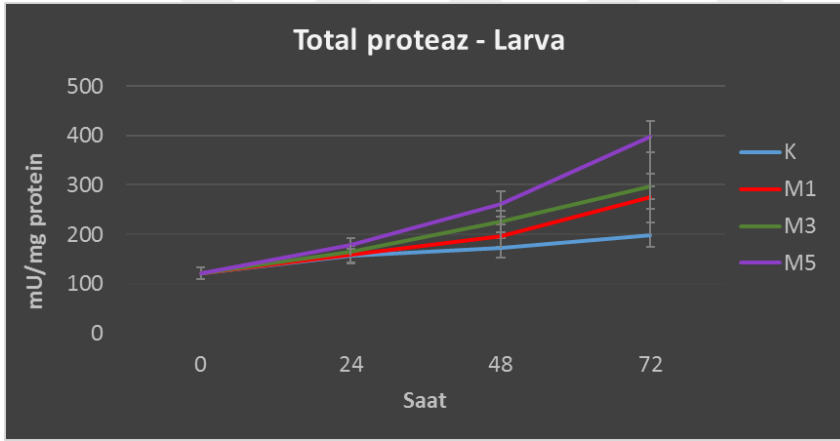
Prelarval dönem sonunda ise yaşama oranları hacimsel ile hesaplanmıştır. Yaşama oranları sırasıyla K grubunda $77,6 \pm 2,3$, M1 grubunda $75,2 \pm 4,1$, M3 grubunda $82,4 \pm 3,8$ ve M5 grubunda ise $89,3 \pm 5,2$ olarak tespit edilmiş ve en yüksek yaşama oranına sahip grup 5 mT uygulanan M5 grubudur. Sonuçta, M1, M3 ve kontrol grupları kendi arasında istatistiksel açıdan bir farklılık gözlenmezken ($p > 0.05$) M5 grubunun istatistiksel olarak diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). (Şekil 4.7).



Şekil 4.7, Larva yaşama oranları.

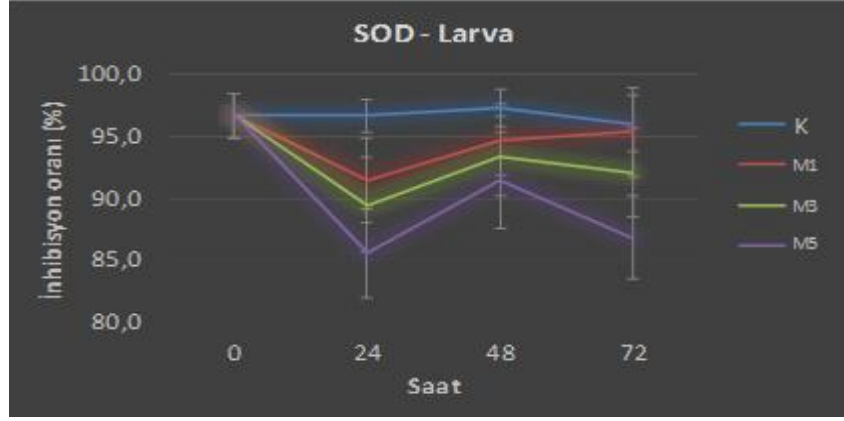
4.2.2. Enzim aktiviteleri

Besin keseli dönemde vitellüs kesesinin emilim profili larvanın gelişimi hakkında önemli ayrıntılar vermektedir. Bu kapsamda deneme boyunca vitellüs kesesinin sahip olduğu protein içeriği nedeniyle total proteaz aktivitesi incelenmiştir. Yumurtadan çıktıktan hemen sonra tüm deneme grupları için $121,36 \pm 11,6$ mU/mg protein⁻¹ olan total proteaz aktivitesi ağız ve anüs açılımının gözlendiği 72. saatte K grubu için $198,71 \pm 24,6$ mU/mg protein⁻¹, M1 grubu için $274,88 \pm 22,3$ mU/mg protein⁻¹, M3 grubu için $296,21 \pm 25,8$ mU/mg protein⁻¹, M5 grubu için $397,82 \pm 12,1$ mU/mg protein⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Sonuçta, embriyolojik dönemdekine benzer bir total proteaz profili gözlenmiş ve M1, M3 grupları kendi arasında istatistiksel açıdan bir farklılık gözlenmezken ($p > 0.05$) kontrol ve M5 grubunun istatistiksel olarak diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$).



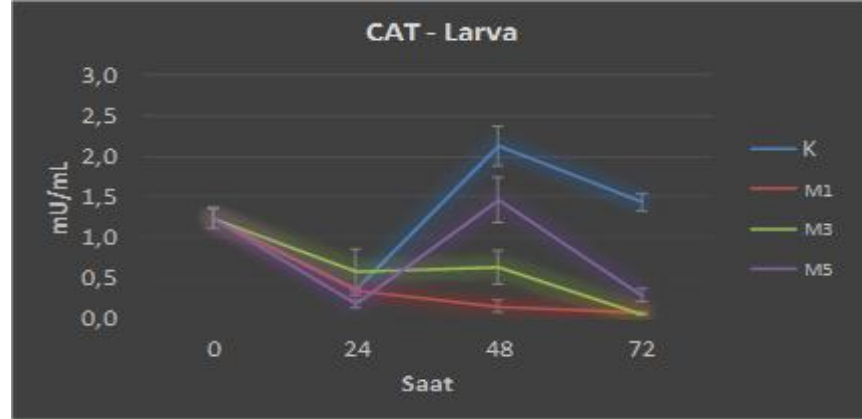
Şekil 4.8, Larvalarda total proteaz aktivitesi

Larvalarda başlangıçta %100 olan SOD inhibisyon değeri deneme sonunda sırasıyla K grubunda $\%96,05 \pm 2,30$, M1 grubunda $\%95,39 \pm 3,60$, M3 grubunda $\%92,12 \pm 3,60$, M5 grubunda ise $\%86,84 \pm 3,40$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.9). Burada da uygulanan manyetik alanların larvalar üzerinde önemli ölçüde stres kaynağı oluşturmadığını ve larval gelişim için önemli bir etken olan stresin önem arz edecek ölçüde olmadığı tahmin edilmektedir. Deney grupları arasında istatistiksel açıdan bir farklılık görülmemiştir. ($p < 0.05$)



Şekil 4.9, Larvalarda SOD aktivitesi

Katalaz aktivitesine baktığımızda ise yumurtada herhangi bir oksidatif strese bağlı katalaz aktivitesi ölçülemediğinden larvada ise katalaz aktivitesi kontrol grubunda daha fazla bulunmuştur. Deneme gruplarında ise bu profil daha düşük seyretmiştir. Bu durumda manyetik alan uygulamasının katalaz aktivitesini regüle ettiğini düşündürmektedir. Deneme sonunda tespit edilen CAT değerleri K grubunda $1,44 \pm 0,11$ mU/ml, M1 grubunda $0,08 \pm 0,01$ mU/ml, M3 grubunda $0,06 \pm 0,006$ mU/ml ve M5 grubunda $0,28 \pm 0,08$ mU/ml'dir (Şekil 4.10). M1 ile M3 grubu arasında istatistiksel olarak farklılıklar gözlenmezken ($P < 0,05$) olup kontrol ve M5 grupları ise M1 ve M3 gruplarına göre farklılık göstermiştir ($p > 0,05$).



Şekil 4.10, Larvalarda CAT aktivitesi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Su ürünleri yetiştiriciliğinde çevresel faktörler başta kültürü yapılan canlıların biyolojisini, fizyolojisini, sonuçta büyüme performansı ve yaşama oranı gibi hayati parametreleri doğrudan etkilemektedir. Bugüne kadar çevresel faktörlerin bu yaşamsal parametrelere olan etkileri üzerine çok sayıda çalışma yürütülmüş olmasına rağmen manyetik alan ve değişen manyetik alan uygulamalarının kültürü yapılan akuatik organizmalar üzerine yürütülmüş çalışma sayısı oldukça az sayıdadır. Yapılan çalışmalar daha çok gökkuşağı alabalığı, tilapia ve zebra balığı gibi iç su balıkları türleri ile yürütülmüştür. Bunun yanında özellikle kültürü yaygın olarak yapılan çipura ve levrek gibi deniz balıkları türleri ile yürütülmüş çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde yoğun olarak üretimi yapılan çipura kültüründe embriyolojik ve larval dönem boyunca farklı düzeydeki manyetik alan uygulamasının başta büyüme performansı olmak üzere sindirim ve antioksidan enzim aktiviteleri üzerine olan etkileri ilk kez incelenmiştir.

Farklı düzeydeki manyetik alanın, kültürü yapılan canlıların gelişimi üzerine yürütülen çalışmalar sadece akuatik ya da karasal hayvanların değil, tarımda da yoğun olarak üretimi yapılan bitkilerin yetiştiriciliğinde kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Ayçiçeği üzerine Vashisth ve ark. (2010) tarafından yürütülen bir çalışmada, ayçiçeği tohumlarının filizlenmeden önce farklı düzeydeki manyetik alanlara maruz kalması filizlenme yüzdesi, filizlenme hızı, filiz ve kök uzunluğu, fide kuru ağırlığı ve hesaplanan canlılık indeksi gibi çimlenme ile ilgili karakterleri önemli ölçüde arttırmıştır. Çeşitli manyetik tedaviler arasında, 2 saatlik maruziyet için 50, 200 ve 250 mT, fide parametrelerinin çoğunu arttırmada diğerlerinden daha etkili olmuştur. Manyetik alana maruz kalma süresi 1-4 saatte önemli ölçüde artmıştır. Bununla birlikte, 2 saat süreyle maruz kalma, tohum çimlenme karakterlerini geliştirmede diğerlerine kıyasla daha etkili olmuştur. Alan çıkışının ortaya çıkması, marjinal olarak, 50 mT tedavide %5 ve kontrollere kıyasla 200 ve 250 mT manyetik tedavide % 6 artmıştır. Manyetik alanda fidenin ortaya çıkış hızının bir indeksi olan alan çıkma indeksi, 200 mT'da %6, 50 mT'da %10 artmıştır. İşleme tabi tutulan bitkilerin 1 aylık fidelerinin filiz yüksekliği, kök uzunluğu, filiz ve kök kuru ağırlığı gibi fide

parametreleri, kontroller üzerinde oldukça yüksek artışlar göstermiştir. Filiz yüksekliği %7–10 ve kök uzunluğu %20–42 artmıştır. Kuru ağırlık, manyetik işlemlerde yaklaşık % 83–94 ve kök kuru ağırlığın %69–107 oranında arttırmıştır. Toplam kök uzunluğu %57–73, kök yüzey alanı %55–81, projeksiyon alanı %55–82, ortalama kök çapı %17–35, kök hacmi ise işlem görmemiş kontrollere göre manyetik olarak maruz kalan tohumlardan iki kat artmıştır.

Aynı çalışmada, farklı düzeydeki manyetik alana maruz kalan tohumlarda α -amilaz, dehidrojenaz ve proteaz enzim aktiviteleri incelenmiş, çimlenmenin çoğu safhasında manyetik alan uygulanmayan kontrol grubuna göre önemli ölçüde daha yüksek enzim aktiviteleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, α -amilaz aktivitesi, 48 saat imbibrasyona kadar anlamlı olarak artmış ve maksimum değer, sırasıyla 50 ve 200 mT pozlamalarda pozlanmamış kontrolden %43 ve %41 daha yüksektir. Dehidrojenaz aktivitesi kontrollerin karşılık gelen değerlerine kıyasla, 42 saatlik imbibisyona kadar belirgin olarak artmış, 50 mT'de (2 saat) %12 daha yüksek ve 200 mT (2 saat) durumunda, % 2 daha yüksek bir değere ulaşmıştır. İmbibasyondan 24 saat sonra meydana gelen proteaz aktivitelerinin maksimum değeri, 50 mT'de (2 saat) %22, ve 200 mT'de (2 saat), pozlanmamış kontrollerin karşılık gelen değerlerine kıyasla %15 daha yüksektir. Proteaz aktivitesi 40 saat imbibrasyona kadar belirgin olarak artmış ve her iki işlemde de kontrollerin karşılık gelen değerleri ile karşılaştırıldığında %13 olan maksimum değere ulaşmıştır (Vashisth et al., 2010). Çalışma, farklı düzeydeki manyetik alan uygulamalarının tarımda da gelişim üzerine hızlandırıcı ve büyümeyi artıran bir faktör olduğunu göstermesi bakımından yaptığımız çalışma ile benzerlikler göstermektedir.

Mısır üzerine yürütülmüş diğer bir çalışmada, Florez et al. (2007), değişik zaman aralıklarında 125 ya da 250 mT manyetik alana maruz kaldıklarında mısır tohumlarının daha hızlı filizlendiğini bildirmiştir. Tohum boyları 125 ya da 250 mT'ye maruz kaldığında, 10 günlük yaşlı fidelerin toplam uzunluğu ve taze ağırlığı en yüksek değerdedir. Fischer et al. (2004) manyetik alanlara maruz kalan ayçiçeği fidelerinin toplam taze ağırlığında küçük fakat belirgin artışlar gösterdiğini, kuru ağırlık ve filizlenme oranlarının etkilenmediğini belirtmişlerdir. Manyetik alanın ve maruz kalma süresinin etkileşimi, 2 saat boyunca 50, 200 ve 250 mT gibi belirli manyetik alan ve süre kombinasyonlarının filizlenmeyi

arttırmakta oldukça etkili olduğunu göstermiştir. Bu gözlem, tohumun iç dayanıklılığının uygun bir manyetik alan ve maruz kalma süresi kombinasyonu olduğunda olumlu yanıt verdiğini göstermektedir (Bhatnagar and Deb, 1977). Kavi (1983), ragi (*Eleusine coracana*) tohumlarında 100 mT'lık bir manyetik alana maruz kalmasında iç potansiyel dayanıklılığını değiştirdiğini ve manyetik alan ve maruz kalma süresinin uygun bir kombinasyonunu seçerek, daha yüksek oranda verim elde edilebileceğini bildirmiştir.

Tohumlardaki proteaz aktivitesi, 24 saatlik inhibisyona kadar bir artış ve ardından filizlenmenin başlangıcında bir düşüş göstermiştir. Bu enzimin aktivitesi, manyetik olarak işlem görmüş tohumlarda kontrollerle karşılaştırıldığında önemli derecede daha yüksektir. Proteaz, filizlenmekte olan tohumlardaki proteinlerin parçalanmasında ve endoproteazlar tarafından başlatılan indirgenmede yer alır; bu, suda çözünmeyen depolama proteinini, ekzopeptidazlar tarafından amino asitlere daha da hidrolize edilebilen çözünebilir peptidlere dönüştürür (Shutov and Vaintraub, 1987; Callis, 1995). Depolama proteinlerinin parçalanması ve filizlenen ayçiçeği tohumlarında gözlemlenen proteolitik aktivitedeki artış, çeşitli çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Nielsen and Liener, 1984; Alvarez and Guerra, 1985; Ahmed et al., 1995). Rajendra et al. (2005) ise, fasulye proteazında 100 mT'de büyüme 2. ve 4. günlerde aktivitede önemli düşüşler gösterdiğini bildirmiştir.

Pietruszewski et al. (2001) yapmış oldukları çalışmada, kullanılan tüm manyetik indüksiyonlar için, manyetik alanın tahılların filizlenmesi üzerindeki etkisi önemli ölçüde pozitif olmuştur. 7,5 mT'lık manyetik alanın en zayıf etkiye sahip olduğu ve 35 mT'lık alanın en güçlü etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Uygulanan 50 ve 80 mT'lık manyetik alanlar için, gözlemlenen filizlenme periyodu boyunca etki gözlemlenmiş ve bu süre boyunca istatistiksel olarak farklılık tespit edilmiştir. Filizlenmenin ilk aşamasında 35 mT'nın etkisinin çok güçlü olduğu görülmüştür. Genel olarak, etkinin esas olarak filizlenmenin ilk 50 saatinde uygulandığı gözlemlenmiştir.

Buğdaylar üzerinde manyetik alan uygulaması yapılan bir çalışmada (Alikamanoğlu vd., 2011), rejenere kontrolün ve farklı yoğunlukların toplam SOD, Mn-SOD, Fe-SOD ve Cu/Zn-SOD enzim aktiviteleri manyetik alana maruz

kalan grupların Flamura-85 çeşitli olgun embriyo eksplantları 560 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülerek hesaplanmıştır. Toplam SOD enzim aktivitesinin 2.2 ve 19.8 s MA uygulanan rejenere bitki yapraklarında %62.27, % 88.49, Fe-SOD aktivitelerinde % 77.91 ve % 99.59 oranında artış, Mn-SOD aktivitelerinde % 42.55 ve % 78.72 oranında artış, Cu / Zn-SOD aktivitesi sırasıyla % 29 ve % 54.55 oranında artış gözlemlenmiştir. Rejenere kontrolün ve farklı yoğunlukların CAT enzim aktiviteleri manyetik alanın maruz kalan gruplarının Flamura-85 çeşitli olgun embriyo eksplantları 240 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülerek hesaplanmıştır. Kontrolün katalaz enzim aktiviteleri ve 19.8 s manyetik alana maruz kalan rejenere eksplantlar sırasıyla 3.88 ± 0.51 U mg^{-1} protein ve 6.73 ± 0.94 U mg^{-1} protein olarak bildirilmiştir.

Bitkiler üzerine yürütülmüş çalışmalar genel anlamda değerlendirildiğinde, farklı çalışmalarla manyetik alanların, meristem hücrelerinin hücre metabolizmasını etkileyen, mitoz üzerinde önemli etkiye sahip olduğu ve bitki hücre döngüsünün G_1 fazını değiştiren bir faktör olduğu ortaya konmuştur. Metabolik reaksiyonlar, hücre sinyal sistemleri, hücre döngüsü, transkripsiyon ve protein sentezindeki değişiklikler, bitki sistemleri üzerinde farklı biyolojik tepkilere neden olduğu bildirilmiştir (Dul'binskaya, 1973; Lebedev et al., 1975; Belyavskaya et al., 1992; Fomicheva et al., 1992; Paul et al., 2006). Birçok araştırmacının farklı bitkilerle yaptığı çalışmalara göre, manyetik alanın bitki büyümesini olumlu yönde etkilediği ve rejenerasyon oranını, bitki taze ve kuru ağırlığını, yaprak sayısını, uzunluğunu, filiz oranını, kontrol grubuna göre arttığını bildirmiştir (Lucchesini et al. , 1992; Corneanu et al, 1994; Yayıcı ve Alikamanoğlu, 2005).

Serbest radikaller, elektron taşıma zinciri ve kimyasal reaksiyon kinetiği üzerinde önemli rol oynar. Serbest radikallerin spin koşullarının dış manyetik alan tarafından yönlendirilmesi ve bu yönelimin bir sonucu olarak enerji artışı, hücredeki kimyasal reaksiyonları hızlandırmaktadır (Aladjadjiyan and Ylieva, 2003). Organizmanın metabolik aktivitesi sırasında ortaya çıkan serbest radikallerin reaktif yarı ömrü, manyetik alan ve antioksidan savunma mekanizmasının etkisiyle artmakta, bu radikallerin zararlı etkilerinden korunma görevi görmektedir (Sahebamei et al., 2007; Wang et al., 2008).

Kültürü yapılan akuatik canlılar üzerinde yürütülen manyetik alan çalışmalar çoğunlukla iç su balıkları üzerinde yoğunlaşmış durumdadır. Bugüne kadar bu türler üzerine yürütülen çalışmalarda 5mT altındaki manyetik alan düzeylerinin birçok yaşamsal fonksiyonlar üzerinde olumlu etkilere neden olduğu belirtilmiştir. Farklı düzeydeki manyetik alan uygulamalarının su ürünleri yetiştiriciliğindeki uygulamalarına baktığımızda ise akaukültürde yaygın olarak kullanılan bir alg türü olan *Chlorella vulgaris* üzerine yürütülen bir çalışmada antioksidan enzimlerin katılımı alg hücrelerinin SOD, POD ve CAT aktivitelerindeki değişikliklerin ölçülmesiyle belirlenmiştir. SOD aktiviteleri, 10 ila 50 mT arasında MA'a maruz kalan örneklerde kontrol grubundaki hücrelere göre daha yüksek kalmıştır (P <0.05). Ayrıca 10–45 mT'lık gruplarda SOD aktivitesi kontrol grubuna göre % 50'den fazla bulunurken 50 mT uygulanan grupta % 124 oranında arttığı gözlemlenmiştir. CAT aktivitesi, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, 10-35 mT ile tedavi edilen gruba göre hafif fakat önemli ölçüde artmamıştır (P> 0.05); Kontrolde ve 5 mT manyetik alana maruz kalan hücrelerde benzer bir aktivite göstermiştir. Bununla birlikte, CAT aktivitesi, 45 ve 50 mT manyetik alana maruz kalan hücrelerde belirgin olarak artmıştır. Özellikle 50 mT'da kontrol ile karşılaştırıldığında % 69 arttığı gözlemlenmiştir (Wang et al., 2008). Kendi çalışmam ile ilişkilendirir.

Öte yandan ülkemizde de yoğun olarak üretilen bir iç su balığı türü olan gökkuşaağı alabalıkları ile yürütülen bir çalışmada yüksek manyetik alana maruz bırakılan alabalık yumurtalarının embriyolojik gelişimleri önemli ölçüde yavaşlamış ve böylece yumurtanın kuluçka süresi uzamıştır. Bu yumurtalardan çıkan larvalar, manyetik alan uygulaması yapılmayan kontrol grubundakilere göre daha ağır (ort %27,7) ve daha uzun (%19,4) olarak ölçülmüştür (Formicki and Winnicki, 1982). Daha düşük değerlerin (1–5 mT) manyetik alanları, embriyolojik ve larval gelişim üzerinde pozitif etki göstermiştir İnkübasyon sırasında manyetik alanların etkisi altında kalan yumurtalardan çıkan larvalar, ağız açılımının gerçekleştiği sürede daha uzun ve ağır olmuştur (Formicki et al., 1998). Bu sonuçlar çipuralar ile yaptığımız en yüksek değer olan 5 mT manyetik alan uygulanan gruptan elde edilen total boy bulgusu (%5,7) ile büyük oranda benzerlik göstermektedir.

Akvaryum balıkları sektörünün yanında medikal deneysel çalışmalar açısından büyük bir öneme sahip olan zebra (*Danio rerio*) balıkları ile yürütülen diğer bir çalışmada manyetik alan uygulamasının yumurtaların embriyolojik gelişimleri üzerine olan etkileri incelenmiştir (Skauli et al., 2000). Çalışmada 50 Hz AC 1000 μ T olarak farklı düzeydeki manyetik alan yumurtalar döllendikten 2 ve 48 saat sonra uygulanmaya başlanmış ve embriyolojik gelişim aşamaları izlenmiştir. Deneme sonunda 2 saat sonra uygulanan manyetik alan embriyolojik gelişimde önemli bir farklılık yaratmazken 48 saat sonra başlayan uygulama embriyolojik gelişimi önemli oranda geciktirmiştir. Bunun yanında 48 saat sonra her iki deneme grubuna da progesteron hormonu verilmiş ve gruplarda embriyolojik gelişimin yavaşladığı bildirilmiştir. Bu sonuçlar çipura yumurtalarından elde edilen sonuçlar ile farklılık göstermiş, çipura yumurtalarının embriyolojik gelişimleri daha düşük düzeydeki manyetik alan uygulamalarında 5mT grubu kontrol grubuna göre 4 saat daha da hızlanmıştır. Ancak aradaki önemli farklılığın zebra balıklarına uygulanan 1000 μ T manyetik alan düzeyinin yetersiz olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Formicki et al. (1998) yürüttükleri bir çalışmada ise gökkuşağı alabalığı (*Onchorhynchus mykiss*) ve alabalık (*Salmo trutta*) yumurtalarının embriyolojik gelişimleri üzerine farklı düzeyde manyetik alan uygulaması yapılmıştır. Bu kapsamda denemelerde 2,5, 4,0, 5,5, ve 13,0 mT düzeyinde manyetik alan uygulanırken kontrol grubunda herhangi bir düzeyde manyetik alan uygulaması yapılmamıştır. Yumurtalar açıldıktan sonra yapılan incelemelerde manyetik alana maruz bırakılan embriyoların kontrol grubuna göre daha uzun ve ağır yumurtadan çıktıkları ve sonrasında daha aktif hareketli oldukları izlenirken alabalık embriyolarında dairesel hareketi de etkilediği ve yön bulma yeteneklerinin arttığı belirtilmiştir. Ayrıca manyetik alan uygulamasının yumurtadan yeni çıkan gökkuşağı alabalığı embriyolarda kalp oluşum sürecinin ilk evrelerinde kalp atış hızını artırdığı bildirilmiştir. Bunun doğal sonucu olarak embriyolardaki gaz değişiminin de arttığı ve beraberinde organogenesis sürecini de hızlandırdığı kaydedilmiştir (Formicki and Winnicki, 1998). Bu sonuçlar, çipuralar üzerinde yapılan çalışmamızda incelenen büyüme parametrelerinden elde sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Formicki et al. (2009) gökkuşağı alabalığı ve alabalık yumurtaları üzerinde yapmış oldukları çalışma ile çipura yumurtaları üzerinde yapılan çalışmayı inkübasyon süresi açısından karşılaştıran tablo Çizelge 5.1’de verilmiştir. Gökkuşağı alabalıklarında, kontrol grubuna göre 5,5mT uygulanan grup arasında 5,5 günlük bir geç açılma gözlenmiştir. Alabalık yumurtalarında ise 5mT uygulanan grupta kontrol grubuna göre 11 günlük bir erken açılım gözlenmiştir. Benzer bir erken açılım çipura yumurtaları üzerinde yaptığımız çalışmada da gözlenmiş olup aradaki fark 4 saat olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5.1. İnkübasyon süreleri karşılaştırma tablosu

Tür	İnkübasyon süresi	Değer	Literatür
Gökkuşağı alabalığı (<i>O. mykiss</i>)	20,67 gün (9 ⁰ C)	Kontrol	Formicki, 2009
Gökkuşağı alabalığı (<i>O. mykiss</i>)	26,17 gün (9 ⁰ C)	5,5mT	Formicki, 2009
Alabalık (<i>S. trutta</i>)	15 gün (12 ⁰ C)	Kontrol	Formicki, 2009
Alabalık (<i>S. trutta</i>)	4 gün (12 ⁰ C)	5mT	Formicki, 2009
Çipura (<i>S. aurata</i>)	52 saat (18 ⁰ C)	Kontrol	Bu çalışma
Çipura (<i>S. aurata</i>)	48 saat (18 ⁰ C)	5mT	Bu çalışma

Elde edilen larva total boy verilerinden yola çıkarak en yüksek değere sahip olan 5mT grubunda kontrol grubuna göre %2,3’lük bir fark olduğu tespit edilmiştir. Formicki et al. (2009) gökkuşağı alabalığı larvaları üzerinde yürüttükleri denemelerde 5,5 mT grubunun kontrol grubuna göre %19,42, alabalık larvalarında 5 mT uygulanan grupta ise %14,82’lik bir fark olduğunu bildirmişlerdir. Yang Li (2014), ergin nil tilapularında manyetik alanın total boy açısından bir etkisinin olmadığını tespit etmiştir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Total boy karşılaştırma tablosu

Tür	Total Boy (Larva)	Değer	Literatür
Gökkuşağı Alabalığı (<i>O. mykiss</i>)	15,25mm (%119,42)	5,5mT	Formicki, 2009
Alabalık (<i>S. trutta</i>)	29,36mm (%114,82)	5mT	Formicki, 2009
Tilapia (<i>O. niloticus</i>) Ergin*	15 cm (50.gün)	Kontrol	Ying Li, 2014
Çipura (<i>S. aurata</i>)	4mm (%102,3)	5mT	Bu çalışma

Formicki et al. (2009), 5mT manyetik alana maruz bırakılan alabalık yumurtalarının kontrol grubuna göre 6 katlık bir açılım oranına (%90) sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çipura yumurtaları üzerinde yürütülen manyetik alan çalışmasında ise 5mT uygulanan grup kontrol grubuna göre %7,14'lük bir farkla en iyi yumurta açılım oranına sahip olan grup olmuştur (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3, Yumurta açılım oranları karşılaştırma tablosu

Tür	Yumurta açılım oranı %	Değer	Literatür
Alabalık (<i>S. trutta</i>)	90 (x6)	5mT	Formicki, 2009
Çipura (<i>S. aurata</i>)	83,8 (% 107,14)	5mT	Bu çalışma

Larva yaşama oranlarının karşılaştırma tablosu Çizelge 5.4'te verilmiştir. Çipura larvaları üzerinde 5mT manyetik alana maruz bırakılan grupta %88,3'lük bir oran tespit edilirken Formicki et al. (2009) en yüksek değer olan 5mT grubunda herhangi bir kayıp yaşanmadığını bildirmiştir.

Çizelge 5.4, Larva yaşama oranları karşılaştırma tablosu

Tür	Larva Yaşama oranı %	Değer	Literatür
Alabalık (<i>S. trutta</i>)	100	5mT	Formicki, 2009
Çipura (<i>S. aurata</i>)	88,3	5mT	Bu çalışma

Kültürü yapılan deniz ve iç su balıkları larvaları üzerinde yürütülen manyetik alan çalışmaları embriyolojik dönemde yumurtalar ile yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında daha az sayıda çalışmanın yürütüldüğü görülmektedir. Formicki and Winnicki (1998) tarafından yürütülen bir çalışmada turna (*Esox lucius*) ve sazan (*Cyprinus carpio*) larvaları farklı düzeyde manyetik alana maruz bırakılmıştır. Bu amaçla denemelerde 2,5, 4,0, 5,5, ve 13,0 mT düzeyinde manyetik alan uygulanırken kontrol grubunda herhangi bir düzeyde manyetik alan uygulaması yapılmamıştır. Deneme sonunda manyetik alana maruz bırakılan turna ve sazan larvalarının kontrol grubundaki larvalar ile karşılaştırıldığında dairesel hareketi ve yön bulma yeteneklerinin arttığı belirtilmiştir. Öte yandan, yine

gökkuşığı alabalığı türü üzerinde Fey ve ark., (2019a) tarafından yürütülen diğer bir çalışmada gözlü dönem yumurta aşamasından larva evresine kadar 36 gün boyunca 10 mT manyetik alan ve 50 Hz 1 mT elektromanyetik alana maruz bırakılmıştır. Deneme sonunda manyetik alan ve elektromanyetik alan uygulaması embriyonik ve larval dönemde yaşama oranına, açılım zamanına, larval büyümeye ve zeminden yukarı yüzme hareketine önemli bir etkisi bulunmamıştır. Bununla birlikte, besin kesesi emilim oranını önemli ölçüde artırdığı kaydedilmiştir. Öte yandan aynı araştırmacılar turna balığı yumurta ve larvaları ile yürüttükleri bir diğer çalışmada ise embriyolojik gelişim ve larval dönemin ilk 6 günü boyunca 10 mT düzeyinde manyetik alan uygulaması yapılırken kontrol grubuna herhangi bir uygulamada bulunulmamıştır. Manyetik alan uygulanan yumurtalarda açılım yüzdesi %87,1 tespit edilirken kontrol grubunda bu oran %83,3 olarak bulunmuştur. Çipura yumurtalarında yapılan çalışmada ise kontrol grubunda %72 açılım yüzdesi elde edilirken 5mT grubunda ise %84,8 olarak elde edilmiş ve manyetik alan uygulaması yapılan gruplardaki açılım oranları benzer şekilde kontrol grubuna görece yüksek tespit edilmiştir.

Turna larvaları üzerinde manyetik alan etkisi ise daha hızlı besin kesesi emilimi, boyca daha fazla büyüme ve daha hızlı metabolik oran olarak kendini göstermiştir (Fey et al., 2019b). Benzer bulgular çipura yumurtalarında da elde edilmiş, manyetik alan uygulaması yapılan gruplarda büyüme parametreleri kontrol grubuna görece yüksek olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular karşılaştırıldığında iki çalışma arasında büyük paralellikler tespit edilmiştir. Elde edilmiş benzer sonuçlar ile manyetik alan uygulaması besin keseli larvalardaki besin kesesi emilim oranını önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada, araştırmacıların benzer deneme tasarımında yine gökkuşığı alabalığı türü ile birlikte Baltık deniztarağı (*Limecola balthica*) ve kum kurdu (*Hediste diversicolor*) türleri üzerinde 40 gün süre ile yürütülen çalışmada bu canlılar 50 Hz 1 mT elektromanyetik alana maruz bırakılmış ve genotoksik ve sitotoksik açıdan türe özgü farklı değişimler tespit edilmiş ve özellikle gökkuşığı alabalığında kan parameterlerinde ve kan hücrelerinin çekirdek yapılarında 8-şekilli hücre farklılıklarına rastlandığı bildirilmiştir (Stankevičiūtė et al., 2019).

İç sularda yaygın olarak dağılım gösteren ve kültürü yapılan yaygın balığı (*Siluris glanis*) türü üzerinde yürütülen bir diğer çalışmada larvalar 0,4 ile 0,6 T

arasında değişen düzeydeki manyetik alandan geçirilen su ortamında, kontrol grubundaki larvalar ise herhangi manyetik alandan etkilenmemiş suda 15 gün süre boyunca üretimli yapılmıştır. Deneme kapsamında su kalite parametrelerinde ve larvaların büyüme parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. Sonuçta, manyetik alandan geçirilen sudaki larvalardaki mortalite %19,1 olarak bulunurken manyetik alandan geçmeyen sudak üretilen larvalardaki mortalite %13,5 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sudaki fosfat, amonyum, organik bileşik ve klor konsantrasyonu manyetik alandan etkilenmemiştir (Krzemieniewski et al., 2004).

Yoğun olarak kültürü yapılan diğer bir iç su balığı türü olan tilapia (*Oeochromis niloticus*) juvenilleri ile yürütölen diğer bir çalışmada 50 Hz 30, 100, 150 ve 200 µT düzeyinde aşırı düşük manyetik alan uygulaması 30 gün süre ile yapılmış ve kontrol grubunda ise uygulama yapılmamıştır. Manyetik alan uygulaması bittikten 10 (hızlı etki), 20 ve 30 gün (geç etki) sonra besleme ve büyüme parametreleri incelenmiştir. Manyetik alan uygulamasından 10 gün sonraki dönemde pesin ve proteaz aktiviteleri düşmüş, 20 gün ve sonraki ölçümlerde bu enzimlerin yükselme eğilimine girdiği belirtilmiştir. Aynı profil büyüme parametrelerinde de izlenmiş hatta juvenil tilapialarda telafi büyümesinin ortaya çıktığı vurgulanmıştır.

Son yıllarda giderek popölaritesi artan sucul canlılardan biri olan deniz hıyarları üzerine yapılan üretim çalışmaların sayısı artmıştır. Bir deniz hıyarı türü olan *Apostichopus japonicus* ile yürütölen manyetik alan çalışmasında, bireyler her 3 günde bir yarım ve 1 saat boyunca 0,1, 0,3 ve 0,5 T düzeyinde manyetik alana maruz bırakılmıştır (Tang et al., 2015). Deneme kapsamında ağırlık artışı ve spesifik büyüme oranı gibi büyüme parametrelerinin yanında SOD (x1.11), asit fosfataz (x2.18), alkalın fosfataz (x1.80), pepsin(%63,1), tripsin(%78), lipaz(%63) ve amilaz(%20) gibi antioksidan ve sindirim enzimleri aktiviteleri açısından en yüksek değerler 60 gün sonra 1 saat 0,5 T manyetik alan uygulanan gruptan elde edilmiştir. Benzer şekilde paralel sonuçlar besin keseli ipura larvalarında da izlenmiş, 5 mT düzeyinde uygulanan manyetik alandaki larvalardaki büyüme ve enzim parametreleri açısından diğer gruplara ve kontrol grubuna göre daha yüksek sonuçlar göstermiştir.

Deneme sonunda en yüksek düzey olan 5 mT deneme grubundan elde edilen sonuçlar diğer deneme gruplarına göre görece daha yüksek tespit edilmiştir. Tespit edilen açılım ve yaşama oranlarındaki farkların, endojen besin rezervlerindeki olumlu emilim profilinin intensif ve hiperintensif kültür koşullarında uygulanması ile önemli oranda ekonomik kazancın elde edileceği düşünülmektedir.

Çipura yumurta ve larva yetiştiriciliğinde, 5mT manyetik alan uygulamasının %83,8'lik açılım oranı, 4 saatlik erken açılım, 4,05 mm total boy ve %88,3'lük larva yaşama oranı ile birlikte önemli ölçüde stres faktörü yaratmaması ticari açıdan yetiştiricilik yapan firmalara büyük avantajlar sağlamaktadır.

İç su balıkları türleri ile karşılaştırıldığında, farklı çıkan bu profilin deniz suyunun kimyasal özelliklerinin tatlı suya göre daha yoğun ve farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonraki çalışmalarda daha yüksek (10, 15 ve 20 mT) düzeydeki manyetik alanların diğer deniz balıkları türlerinde denenmesine gereksinin duyulmaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Ahmed, F.A.R., Abdel-Ralim, E.A.M., Abdel-Fatha, O.M., Erdman, V.A. and Lippman, C., 1995, The changes of protein patterns during one week of germination of some legume seeds and roots, *Food Chemistry*, 52:433–7 p.

Aladjadiyan, A., 2002, Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mais*, *Journal Central European Agriculture*, 3(2):89–94 p.

Aladjadiyan, A. and Ylieva, T., 2003, Influence of stationary magnetic field on the early stages of the development of tobacco seeds (*Nicotiana tabacum* L), *Journal Central European Agriculture*, 4(2): 131-137 p.

Albertini, M.C., Accorsi, A., Citterio, B., Burattini, S., Piacentini, M.P., Uguccioni, F. and Piatti, E., 2003, Morphological and biochemical modifications induced by a static magnetic field on *Fusarium culmorum*, *Biochimie* 85:963–970 p.

Alexander, M.P. and Doijode, S.D., 1995, Electromagnetic field, a novel tool to increases germination and seedling vigour of conserved onion (*Allium cepa* L.) and rice (*Oryza sativa* L.) seeds with low viability, *Plant Genetic Resources Newsletter*, 104:1–5 p.

Alikamanoglu, S. ve Sen, A., 2011, Stimulation of growth and some biochemical parameters by magnetic field in wheat (*Triticum aestivum* L.) tissue cultures, *African Journal of Biotechnology*, 10 (53):10957–10963 p.

Alpbaz, A.G., 1990, Deniz Balıkları Yetiştiriciliği, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Yüksekokulu Yayınları*, No.: 20.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Alvarez, J. and Guerra, H., 1985, Biochemical and morphological changes in protein bodies during germination of lentil seeds, *Journal of Experimental Botany*, 36:1296–303 p.

Aqua plongée. <http://www.aqua-plongee.com/la-plongee/biologie-2/fiches-techniques-2-2/embranchement-des-chordata-ordre-des-perciformes-familles-pomacanthidae-i-a-sparidae/sparides/dorade-aurade-royale-sparus-aurata/> ,
(Erişim tarihi: 11.03.2019)

Arora, A., Sairam, R.K. and Srivastava, G.C., 2002, Oxidative stress and antioxidative system in plants, *Current Science*, 82(10): 1227-1238 p.

Asada, K., 2000, The water –water cycle as alternative photon and electron sinks, *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 355: 1419-1431 p.

Bhatnagar, D. and Deb, A.R., 1977, Some effect of pre-germination exposure of wheat seeds to magnetic fields: effect on some physiological process, *Seed research*, 5(2): 129–137 p.

Blank, M. (ed.), 1993, Electricity and magnetism in biology and medicine, San Francisco Press Inc., San Francisco, 936 p.

Bleaney, B.I. and Bleaney, B., 1976, Electricity and Magnetism “Third Edition”, Oxford, Oxford University Press

Bowler, C., Montagu, M.V. and Inzé, D., 1992, Superoxide dismutase and stress tolerance, *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 43: 83- 116 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Bueche, F. J. and Jerde, D. A., 2000, Fizik İlkeleri II, 6. Baskıdan Çeviri, (Çev. Ed. : Çolakoğlu, K.), Ankara, Palme Yayıncılık.

Callis, J., 1995, Regulation of protein degradation, *The Plant Cell*, 7:845–57 p.

Chew, G. L. and Brown, G. E., 1989, Orientation of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in normal and null magnetic fields, *Canadian Journal of Zoology*, 67: 641-643 p.

Corneanu, M., Corneanu, G., Bedica, C., Minea, R., Bica, D. and Vekas, L., 1994, In vitro organogenesis at *Aloe arborescens* (Liliaceae), *Revue Roumanie de Biologie, Serie de Biologie Vegetale*, 39: 45-52 p.

Dhawi, F., Al-Khayri, J.M. and Hassan, E., 2009, Static magnetic field influence on elements composition in date palm (*Phoenix dactylifera* L.), *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(2): 161–166.

Ding, C.L. and Wang, S.J., 1998, Effects of magnetic fields on the immunization of bearing tumor mice, *Chinese Journal of Medical Physics*, 2: 88–90 p (In Chinese).

Dul’binskaya, D.A., 1973, Effect of constant magnetic field on growth of corn seedlings, *Fiziologiya Rastenii*, 20(1): 183-186 p.

Eşitken, A. ve Turan, M., 2004, Alternating Magnetic Field Effects on Yield and Plant Nutrient Element Consumption of Strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. Camarosa), *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 54: 135-139 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Fanelli, C., Coppola, S., Barone, R., Colussi, C., Gualandi, G., Volpe, P. and Ghibelli, L., 1999, Magnetic fields increase cell survival by inhibiting apoptosis via modulation of Ca²⁺ influx, *The FASEB Journal*, 13(1):95–102 p.

FAO, 2019. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en> , (Erişim tarihi: 11.03.2019)

Fey, D.P., Jakubowska, M., Greszkiewicz, M., Andrulewicz, E., Otremba, Z. and Urban-Malinga, B., 2019, Are magnetic and electromagnetic fields of anthropogenic origin potential threats to early life stages of fish, *Aquatic Toxicology*, 209: 150–158 p.

Fey, D.P., Greszkiewicz, M., Otremba, Z. and Andrulewicz, E., 2019, Effect of static magnetic field on the hatching success, growth, mortality, and yolk-sac absorption of larval Northern pike *Esox lucius*, *Science of the Total Environment*, 647 :1239–1244 p.

Feychting, M., 2005, Health effects of static magnetic fields-a review of the epidemiological evidence, *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 87: 241-246 p.

Fisbase, <https://www.fishbase.se/summary/Sparus-aurata.html> , (Erişim tarihi: 11.03.2019)

Fischer, G., Tausz, M., Kock, M. and Grill, D., 2004, Effect of weak 162/3 HZ magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings, *Bioelectromagnetics*, 25(8):638–41 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Florez, M., Carbonell, M.V. and Martinez, E., 2007, Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: effects on germination and early growth, *Environmental and Experimental Botany*, 59:68–75 p.

Fomicheva, V.M., Govoroun, R.D. and Danilov, I., 1992, Ploriferative activity and cell reproduction in the root meristems of the pea, lentil and flax in the conditions of screening the geomagnetic field, *Biophysics*, 37: 645-648 p.

Formicki, K. and Winnicki, A., 1982, Preliminary studies of the effect of magnetic field on embryonic development of *Salmo trutta* L. and *Salmo gairdneri*, *Rich. Przegl. Zool.*, 26: 417-424 p (in Polish).

Formicki, K. and Winnicki, A., 1998, Reactions of fish embryos and larvae to constant magnetic fields, *Italian Journal of Zoology*, 65: 479-482 p.

Gouveia, L., Veloso, V., Reis, A., Fernandes, H., Novais, J. and Empis, J., 1996a, Evolution of pigment composition in *Chlorella vulgaris*. *Bioresource Technology*, 57:157–163 p.

Green, L.M., Miller, A.B., Agnew, D.A., Greenberg, M.L., Li, J., Villeneuve, P.J. and Tibshirani, R., 1999, Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada, *Cancer Causes & Control*, 10(3):233– 243 p.

Grundler, W., Kaiser, F., Keilmann, F. and Walleczek, J., 1992, Mechanisms of the electromagnetic interaction with cellular systems, *Naturwissenschaften*, 79: 551-559 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Harichand, K.S., Narula, V., Raj, D. and Singh, G.,** 2002, Effect of magnetic fields on germination, vigour and seed yield of wheat, *Seed research*, 30(2):289–93 p.
- Hickey, R. and Schibeci, R.A.,** 1999, The Attraction of Magnetism, *Physics Education*, 34(6): 383-388 p.
- Kalmijn, A. J.,** 1978, Experimental evidence of geomagnetic orientation in elasmobranch fishes, In: K. Schmidt-Koenig & W. T. Keeton (eds), *Animal migration, navigation and homing*, Springer, New York, 354-355 p.
- Kamacı, H.O., Saka, Ş., ve Fırat, K.,** 2005, The cleavage and embryonic phase of Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L., 1758) eggs, *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 22: 205-209 p.
- Kavi, P.S.,** 1983, The effect of non-homogeneous, gradient magnetic field on the magnetic susceptibility values of in sit ragi (*Eleusine coracana* Gaertn) seed material, *Mysore journal of agricultural sciences*, 17:121–3 p.
- Ke, W.Q., Le, X.H. and Wang, X.Y.,** 1999, The effects of 28-day intermittent exposure to highstrength (50 mT) alternating magnetic field, *J. Navy Me*, 20(1): 1–3 p (In Chinese).
- Kirshvink, J. L. and Walker, M. M.,** 1986, Biogenic magnetite of higher organisms and the current status of the hypothesis of ferromagnetic magnetoreception, In: G. Maret, J. Kiepenheuer & N. Boccara (eds), *Biophysical effects of steady magnetic fields*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 181-188 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Krzemieniewski, M., Teodorowicz, M., Debowski, M. and Pesta J., 2004, Effect of a constant magnetic field on water quality and rearing of European sheatfish *Silurus glanis* L. Larvae, *Aquaculture Research*, 35: 568-573 p.

Lebedev, S.I., Baranskii, P.I., Litvinenko, L.G. and Shiyan, L.T., 1975, Physiobiochemical characteristics of plants after presowing treatment with a permanent magnetic field, *Soviet Plant Physiology*, 22: 84-89 p.

Li, Z.Y., Guo, S.Y., Li, L., 2001, Effects of magnetic field on the nutrition of *Spirulina platensis* and mechanisms analysis, *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 17(3): 187–191 p. (In Chinese).

Liburty, R.P., Sloma, T.R., Sokolic, R. and Yaswen, P., 1993, ELF magnetic fields, breast cancer, and melatonin: 60 Hz fields block melatonin's oncostatic action on ER β breast cancer cell proliferation, *Journal of Pineal Research*, 14(2):89–97 p.

Lin, Q.Y., Hang, C.C., Huang, S.Q., Huang, J.N., Lan, N., Li, Q.H., Wang, B.H. and Yan, S.X., 1992, Biological effects of study DC magnetic field on the actinidin, *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 24(3): 253–258 p. (In Chinese).

Lucchesini, M., Sabarini, A.M., Vitagliano, C., Dario, P., Hayashi, M., Kano, A. and Goto, E., 1992, The pulsed electro-magnetic field stimulation effect on development of *Prunus cerasifera* in vitro derived plantlets, *Acta Horticulturae*, 319: 131-136 p.

Luutilainen, J., Stevens, R.G., Anderson, L.E., Hansen, N.H., Kilpelainen, M., Kumlin, T., Laitinen, J.T., Sobel, E. and Wilson, B.W., 2000, Nocturnal 6-hydroxymelatonin sulfate excretion in female workers exposed to magnetic fields, *Journal of Pineal Research*, 28(2): 97–104 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Nielsen, S.S. and Liener, I.E., 1984, Degradation of major storage protein of *Phaseolus vulgaris* during germination, *Plant Physiology*, 74:494–8 p.

Paradisi, S., Donelli, G., Santini, M.T., Straface, E. and Malorni, W., 1993, A 50-Hz magnetic field induces structural and biophysical changes in membranes, *Bioelectromagnetics*, 14(3):247–255 p.

Paul, A.L., Ferl, R.J. and Meisel, M.W., 2006, Height magnetic field induced changes gene expression in Arabidopsis, *BioMagnetic Research and Technology*, 4: 1-10 p.

Phillips, J.L., Haggren, W., Thomas, W.J., Ishida-Jones, T. and Adey, W.R., 1992, Magnetic field-induced changes in specific gene transcription, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1132(2): 140–144 p.

Rajendra, P., Nayak, H.S., Sashidhar, R.B., Subramanyam, C., Devendarnath, D. and Gunasekaran, B., 2005, Effects of power frequency electromagnetic fields on growth of germinating *Vicia faba* L., the broad bean, *Electromagnetic Biology and Medicine*, 24:3 9–54 p.

Repacholi, M.H. and Greenebaum, B., 1999, Interaction of static and extremely low frequency electric and magnetic fields with living systems: Health effects and research needs, *Bioelectromagnetics*, 20:133-160 p.

Rochalska, M. and Grabowska, K., 2007, Influence of magnetic fields on the activity of enzymes: α - and β amylase and glutathione S-transferase (GST) in wheat plants, *International Agrophysics*, 21: 185-188 p.

Rosen, A.D., 2010, Studies on the effect of static magnetic fields on biological systems, *Piers Online*, 6 (2): 133–136 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Pietruszewski, S., Kornarzyński, K. and Lacek, R., 2001, Germination of wheat grain in an alternating magnetic field, *International Agrophysics*, 15: 269-271 p.

Sahebjamei, H., Abdolmaleki, P. and Ghanati, F., 2007, Effects of magnetic field on the antioxidant enzyme activities of suspension-cultured tobacco cells, *Bioelectromagnetics*, 28(1): 42-47 p.

Saka, Ş. ve Firat, K., 2000, Reproductive Biology and Culture Techniques of Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L.), Republic of Turkey, The Ministry of Agriculture and Rural Affairs, General Directorate of Agricultural Research, Seminar on Reproductive Biology and Culture Techniques of Commercial Fish Species, Ankara, 57–66 p.

Sakurai, T. and Miyakoshi, J., 2008, Biological effects of strong static magnetic fields on insulinsecreting cells, The 3rd International Workshop on Materials Analysis and Processing in Magnetic Fields, Tokyo, Japan, Journal of Physics: Conference Series, 156 p.

Schenck, J.F., 1996, The role of magnetic susceptibility in magnetic resonance imaging magnetic field compatibility of the first and second kinds, *Medical Physics*, 23: 815–850 p.

Schultz, I.R., Pratt, W.J., Woodruff, D.L., Roesijadi, G. and Marshall, K.E., 2010, Effects of Electromagnetic Fields on Fish and Invertebrates, Pacific Northwest National Laboratory, Washington.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Serway, A.R., 1996, Fen ve Mühendislik İçin Fizik II. “3. Baskıdan Çeviri”, (Çev. Ed.: Çolakoğlu, K.), Ankara, Palme Yayıncılık

Serway, A.R. and Beichner, R.J., 2002, Fen ve Mühendislik İçin Fizik II Elektrik ve Manyetizma – Işık ve Optik, “5. Baskıdan Çeviri”, (Çev. Ed. : Çolakoğlu, K.), Ankara, Palme Yayıncılık.

Seze, R., Bouthet, C., Tuffet, S., Deschaux, P., Caristan, A., Moreau, J.M. and Veyret, Dr. B., 1993, Effects of time-varying uniform magnetic fields on nature killer cell activity and antibody response in mice, *Bioelectromagnetics*, 14: 101–106 p.

Shutov, A.D. and Vaintraub, I.A., 1987, Degradation of storage proteins in germinating seeds, *Phytochemistry*, 26: 1557–66 p.

Tang, J., Zhao, W., Chi, J., Liu, G., Yu, X. and Bian, L., 2014, Effects of magnetic treatment on growth and immune and digestive enzyme activity in the juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka), *Aquaculture*, 435: 437–441 p.

Tenforde, T.S.(ed.), 1979, Magnetic fields effects on biological systems, Plenum Press, New York, London, 108 p.

TUIK, <http://tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> , (Erişim Tarihi: 11.03.2019)

Van, D.B., Carpenter, J.K.H., Hoff, A.J. and Hore, P.L., 1998, Magnetic field effects on the recombination kinetics of radical pairs, *Journal of Physical Chemistry*, 102: 464-470 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Vashisth, A. and Nagarajan, S., 2007, Effect of pre-sowing exposure to static magnetic field of maize (*Zea mays* L.) seeds on germination and early growth characteristics, *Pusa AgriScience*, 30: 48–55 p.

Vashisth, A. and Nagarajan, S., 2008, Exposure of seeds to static magnetic field enhances germination and early growth characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.), *Bioelectromagnetics*, 29(7): 571–8 p.

Vashisth, A. and Nagarajan S., 2010, Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field, *Journal of Plant Physiology*, 167(2): 149–156 p.

Wang, H.Y., Zeng, X.B., Guo, S.Y. and Li, Z.T., 2008, Effect of magnetic field on the antioxidant defense system of recirculation-cultured *Chlorella vulgaris*, *Bioelectromagnetics*, 29: 39-46 p.

Wang, H.Y., Zeng, X.B. and Guo, S.Y., 2005, Effects of electro-magnetic field on the physiological characteristics of *Chlorella vulgaris* and mechanisms analysis, *Fisheries Science*, 24(7): 12–14 p.

Weydert, C.J. and Cullen, J.J., 2009, Measurement of superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase in cultured cells and tissue. *Nature Protocols*, 5(1):51-66 p.

Yaycili, O. ve Alikamanoglu, S., 2005, The effect of magnetic field on *Paulownia tissue* culture, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 83: 109-114 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Zhou, W.S., 2003, Effects on blood system by magnetic field, *Biomagnetism*, 3(2): 18–19 p. (in Chinese).



TEŞEKKÜR

Ön Lisans, Lisans ve Lisansüstü eğitimim boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman açık yüreklilik ve içten bir istekle, bildiği her konuda eğitip bu günlere gelmemde çok büyük emekleri olan çok değerli hocam sayın Prof. Dr. Cüneyt SUZER'e,

Ön Lisans, Lisans ve Lisansüstü eğitimimden bu yana tezimin hazırlanmasında tecrübe, bilgi, ekipman ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım sayın Prof. Dr. M. Kürşat FIRAT, Prof. Dr. Şahin SAKA ve Doç. Dr. Müge Aliye HEKİMOĞLU'na,

Oksidatif stres analizlerim boyunca imkan ve tecrübelerini benimle sonsuz içtenlikle paylaşan ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Esin ULUTURHAN SUZER'e, tüm bu süreç boyunca bana her konuda yardımcı olan doktora öğr. Mustafa BİLGİN ve yüksek lisans öğr. Selin SEVGİ'ye,

Denemelerim boyunca yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen, her an takım halinde maddi manevi her zaman yanımda olan yüksek lisans Öğr. Güneş YAMAN, yüksek lisans Öğr İbrahim KÖSE ve yüksek lisans Öğr. Ozan OKTAY'a,

Bu günlere gelmemde üzerimde sonsuz emekleri geçen, benim için en iyisini isteyen, her zaman verdiğim kararların arkasında olan, kararlı ve güçlü bir karaktere sahip olmamı sağlayan ve maddi manevi desteklerini esirgemeyen AİLEME sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 15 SÜF 020 no'lu proje olarak desteklenmiştir.

Gökmen YOLDAŞ

Nisan, 2019

ÖZGEÇMİŞ

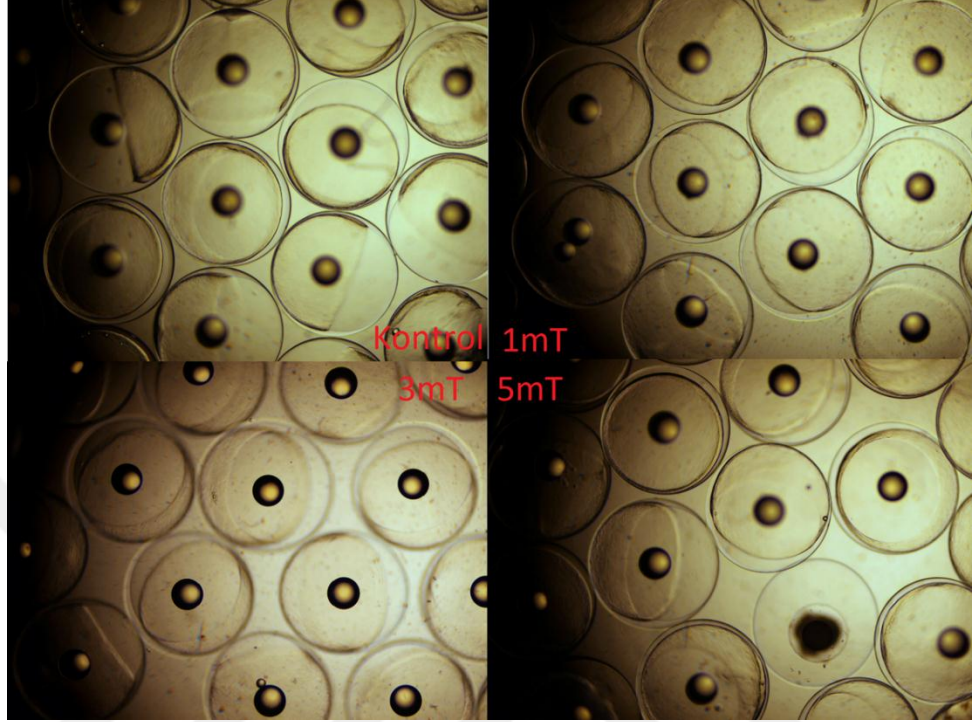
Gökmen YOLDAŞ 2 Şubat 1989 tarihinde İzmir`de doğmuştur. İlk, orta ve lise öğretimini bitirmesinin ardından 2008 yılında Ege Üniversitesi Tire Kutsan Meslek Yüksek Okulu`nda Balık Yetiştiriciliği önlisans programına başlamıştır. 2011 yılında E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği lisans programına dikey geçiş hakkı kazanmıştır. 2010 yılında Kılıç Holding Bafa Kuluçkahane Tesislerinde stajını tamamladıktan sonra 2014 yılında yetiştiricilik alanından mezun olmuştur. 2014 yılında E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı`nda yüksek lisans programına katılmaya hak kazanmıştır.

Çalışma hayatına 2011 yılında Kılıç Holding bünyesinde Bafa Kuluçkahane Tesislerinde teknisyen olarak başlamıştır. 2015 yılında Avet Su Ürünleri ve Veterinerlik Hizmetleri bünyesinde ARGE mühendisi olarak görev almış aynı yıl ayrıca Malawi İzmir Akvaryum Ltd. Şti`nde üretim müdürü olarak çalışma hayatına devam etmiştir. 2017 yılında Nektar Yem ve Yem Katkı Maddeleri Gıda Hayvancılık San. Ve Tic. Ltd. Şti. `inde gıda güvenliği yönetim temsilcisi olarak çalışmış ve 2018 yılında Can Yoldaşım Su Ürünleri ve Akvaryum Ekosistemleri`nin kurulumunda yer alarak genel müdür olarak çalışmaya devam etmektedir.

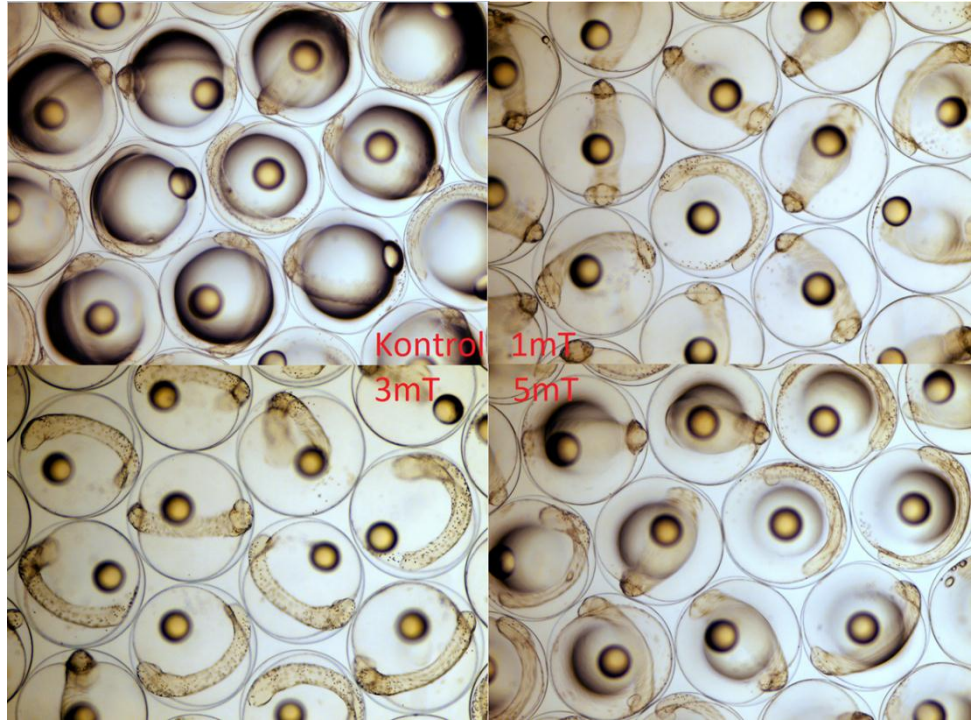


EKLER

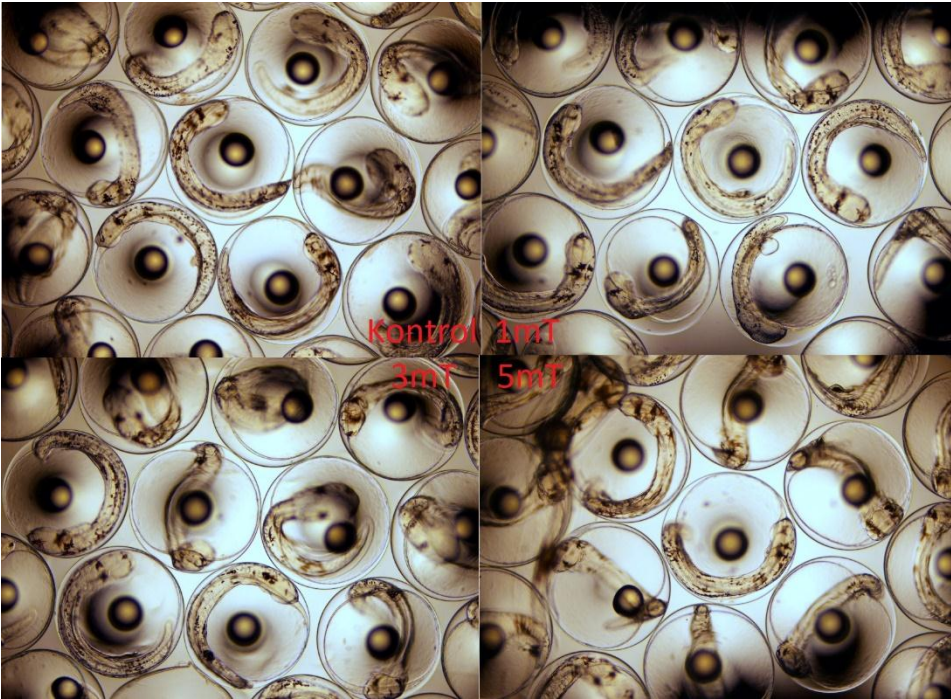
Ek 1. Deneme gruplarına ait yumurta fotoğrafları



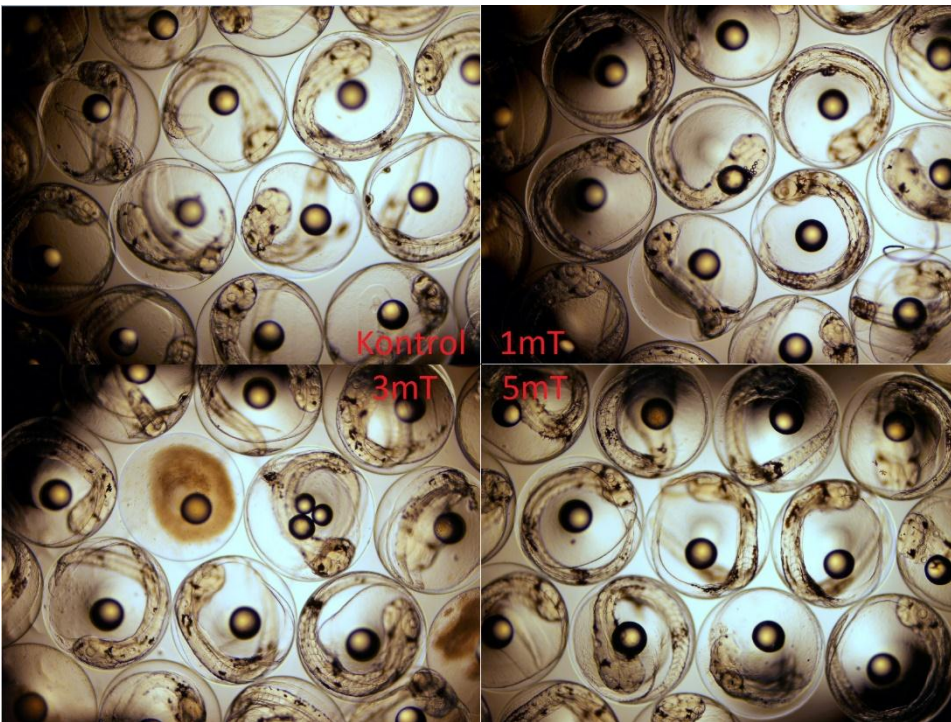
Ek 1a. 6. Saat



Ek 1b. 24. Saat

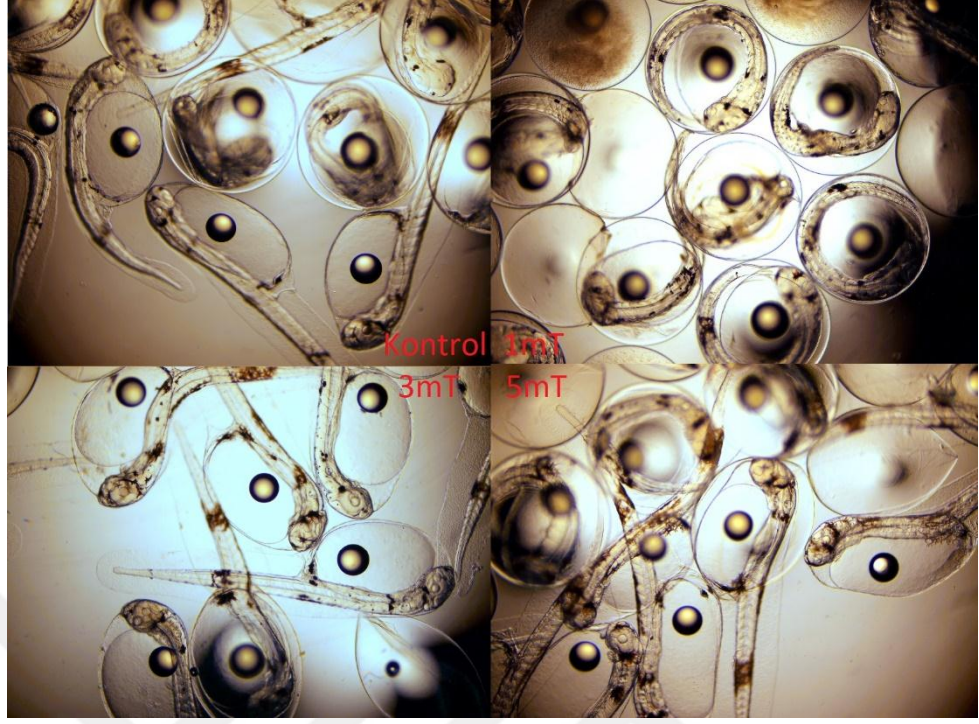


Ek 1c. 36. Saat

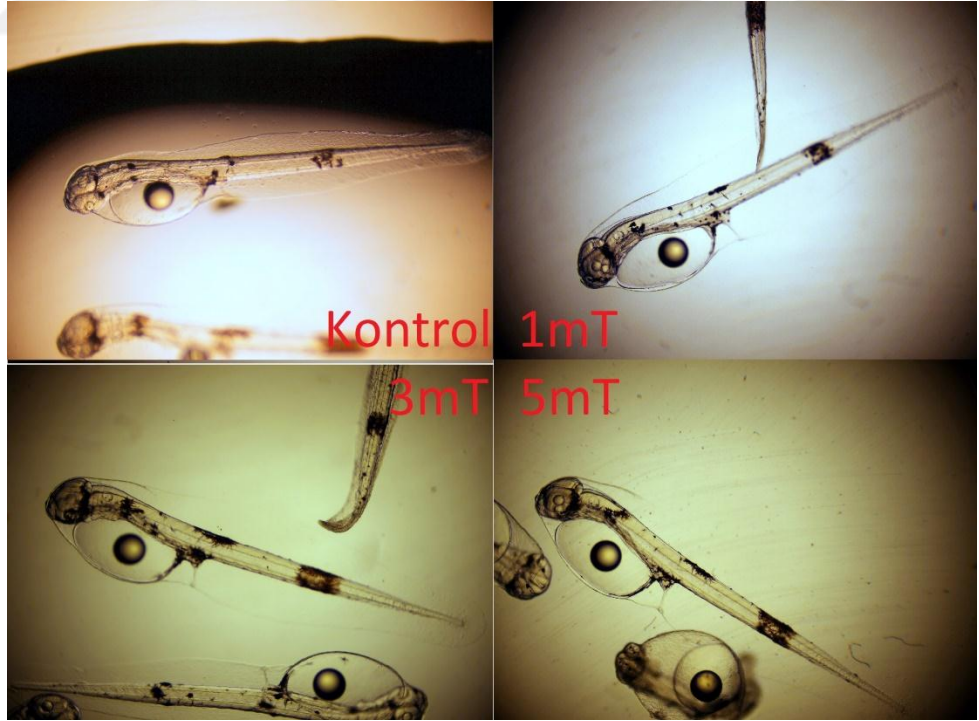


Ek 1d. 48. Saat

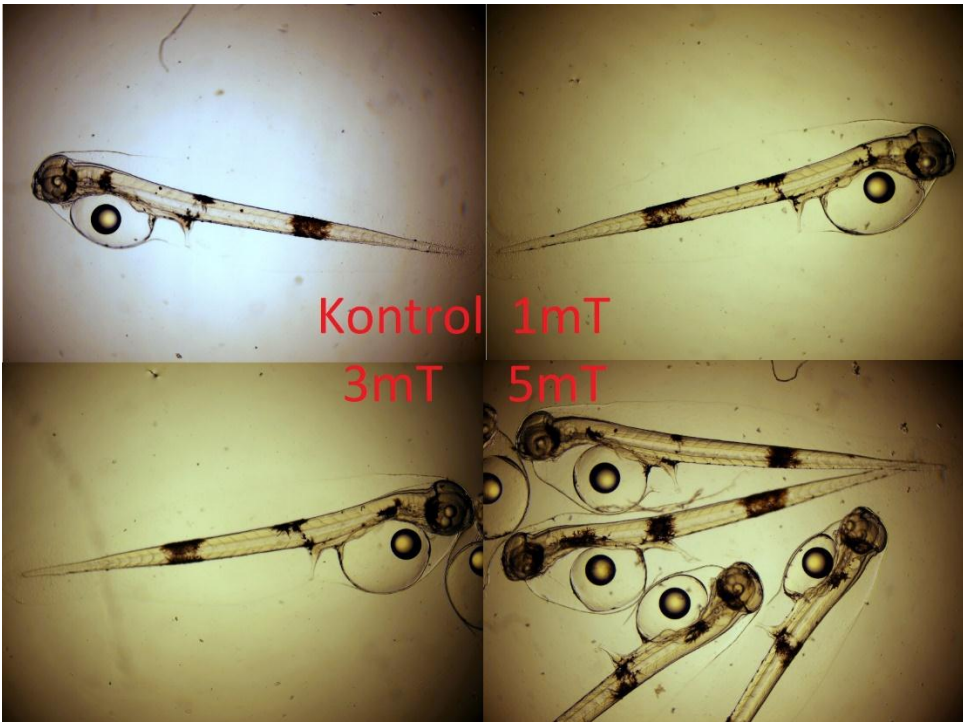
Ek 2. Deneme gruplarına ait besin keselilarva fotoğrafları



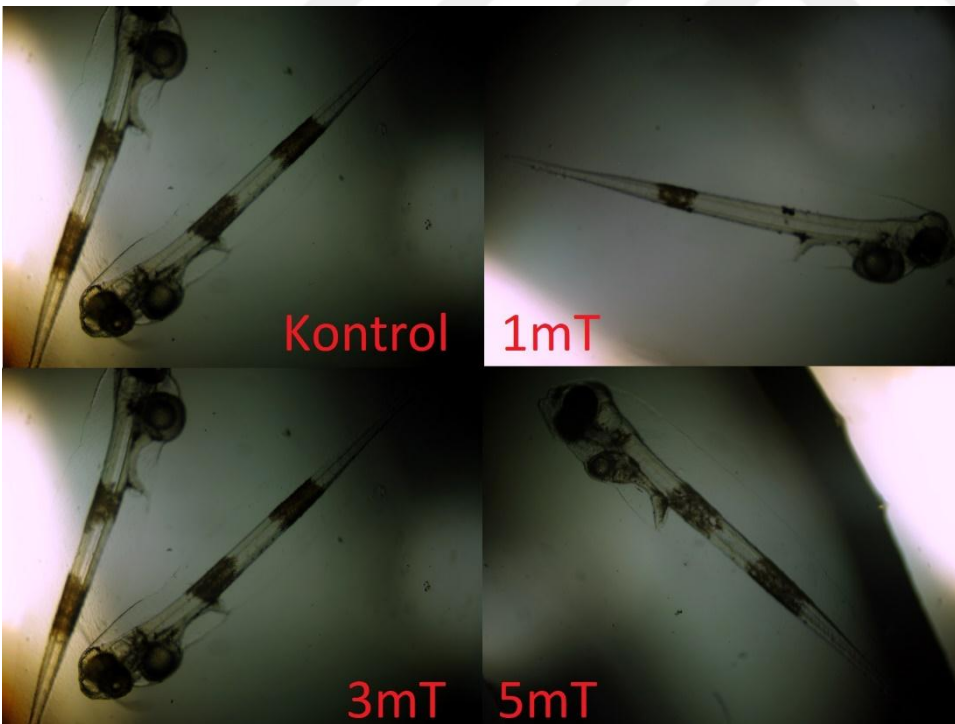
Ek 2a. 0. Saat



Ek 2b. 24. Saat



Ek 2c. 48. Saat



Ek 2d. 72. Saat