ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Toprak Solucanı (*Eisenia fetida*) ile Beslemenin Kerevit (*Cherax quadricarinatus*) ve Lepistes (*Poecilia reticulata*) Anaçlarının Bazı Üreme Parametreleri Üzerine Etkisi

Mehmet Bedrettin DUMAN

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

Ocak, 2024

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZ ONAYI

Toprak Solucanı (*Eisenia fetida*) ile Beslemenin Kerevit (*Cherax quadricarinatus*) ve Lepistes (*Poecilia reticulata*) Anaçlarının Bazı Üreme Parametreleri Üzerine Etkisi

Mehmet Bedrettin DUMAN

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

Bu Doktora Tezi ../../…. Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Suat DİKEL (Danışman) ……

: Prof. Dr. Mahmut YANAR ……

: Prof. Dr. Mahmut Ali GÖKÇE ……

: Prof. Dr Mustafa ÖZ ……

: Doç. Dr. Hülya ŞEREFLİŞAN ……

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FBA-2019-11542

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
ÇİZELGELER DİZİNİ IV
ŞEKİLLER DİZİNİ V
SİMGELER VE KISALTMALAR VIII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Toprak Solucanının (*Eisenia fetida*) Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Kullanımı 5
2.2. Kırmızı Kıskaçlı Kerevit (*Cherax quadricarinatus*) von Martens, 1868 6
2.2.1. Taksonomisi ve Tür Tanımı 6
2.2.2. Üreme Sistemi ve Fizyolojisi 8
2.2.3. Yumurta Oluşumu 11
2.2.4. Yaşam alanı ve Dağılımı 12
2.2.5. Beslenme Gereksinimleri 13
2.2.6. Akvakültür Özellikleri 13
2.3. Kerevitlerde Üreme Üzerine Yapılan Çalışmalar 15
2.4. Lepistes (*Poecilia reticulata*) von Martens, 1868 22
2.4.1. Taksonomisi ve Tür Tanımı 22
2.4.2. Lepistes Balığının Morfolojisi 23
2.4.3. Üreme Sistemi ve Fizyolojisi 23
2.4.4. Akvakültür Özellikleri 24
2.4.5. Lepisteslerde Üreme Üzerine Yapılan Çalışmalar 25
3. MATERYAL VE METOT 31
3.1. Materyal 31
3.2. Metot 31
3.2.1. Solucanlar İçin Genel Yetiştiricilik İşlemleri 31
3.2.2. Kerevitler İçin Genel Yetiştiricilik İşlemleri 32
3.2.3. Lepistesler İçin Genel Yetiştiricilik İşlemleri 34
3.2.4. Temel Besin Bileşenleri Analizleri 36
3.2.5. İstatistiki Analizler 38
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 39
4.1. Bulgular 39
4.1.1. Çevresel Parametreler 39
4.1.2. Deneme Yemleri 39

4.2. I. Deneme (Kerevit Anaçlarında Üreme Parametreleri) 43
4.2.1. Büyüme Performansı 43
4.2.2. Üreme Performansı 44
4.2.3. Gonadosomatik İndeks (GSI) 45
4.2.4. Hepatosomatik İndeks (HSI) 46
4.2.5. Yumurta Sayıları 47
4.2.6. Yumurta Ölçümleri 48
4.2.7. Biyokimyasal Parametreler 50
4.3. II. Deneme (Lepistes Anaçlarında Üreme Parametreleri) 60
4.3.1. Biyokimyasal Parametreler 61
4.4. Tartışma 68
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 85
KAYNAKLAR 89
ÖZGEÇMİŞ 111

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Toprak Solucanı (*Eisenia fetida*) ile Beslemenin Kerevit (*Cherax quadricarinatus*) ve Lepistes (*Poecilia reticulata*) Anaçlarının Bazı Üreme Parametreleri Üzerine Etkisi

Mehmet Bedrettin DUMAN

Danışman: Prof. Dr. Suat DİKEL

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

ÖZ

Bu çalışmada doğal ve balık yağı ile zenginleştirilmiş toprak solucanı (*Eisenia fetida*)'nın kerevit (*Cherax quadricarinatus*) ve lepistes (*Poecilia reticulata*) anaçlarının beslenmesinde kullanılabilirliğinin araştırılması hedeflenmiştir. I. Denemede toprak solucanının doğal (CS) ve balık yağı ile zenginleştirilmiş (ZCS) versiyonlarının dondurulmuş formları (DS, ZDS) ile birlikte pelet yem (KY) *Cherax quadricarinatus* anaçlarının beslenmesinde kullanılmış ve kerevit anaçlarının üremesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. II. Denemede, yine aynı toprak solucanı gruplarının *Poecilia reticulata* anaçlarının üremesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma kapsamında solucanların zenginleştirilmesi işlemi özellikle DHA oranlarında meydana gelen cidddi artışlarla (36 kat) beraber dondurma işleminin de SFA oranlarının artışına sebep olduğu belirlenmiştir. I. Denemede 16 haftalık deneme süresince yumurtlayan anaç sayısı; ZCS:24, KY:23, CS:22, ZDS:19 ve DS:16 olarak gerçekleşmiştir. Burada zenginleştirilmiş solucan ile beslenen grupların daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. İlk 6 hafta yapılan yumurta sayımlarına göre de en yüksek yumurta sayısı ZCS grubunda (5270 adet) belirlenmiştir. Kerevit yumurtalar üzerindeki biyokimyasal etkilerine gelindiğinde özellikle tekli doymamış yağ asitlerinin yumurtalarda diğer dokulara göre daha yüksek oranlarda birikim gösterdiği belirlenmiştir. Hacim ve ağırlık değerleri en yüksek yumurtalar ZDS (3.72±0.49 mm^3-4.29±0.42 mg) grubundan elde edilmiştir. II. Denemede 5 haftalık deneme süresince yavrulayan anaç sayısı; ZCS:31, CS:30, KY:20 ZDS:20, DS:13 olarak gerçekleşmiş ve en yüksek yavru sayısı CS (1655 adet) ve ZCS (1605) gruplarından elde edilmiştir. Lepisteslerde ZCS ve CS üreme üzerinde olumlu bir etkisi olduğu görülürlen ZDS ve DS beslenen gruplarda yavrulayan anaç sayısında ciddi düşüş belirlenmiştir. Beslemenin yavrular üzerindeki biyokimyasal etkilerine gelindiğinde SFA, DHA ve oleik asit birikim miktarlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Denemede elde edilen yavruların boy ve ağırlık değerleri en yüksek ZCS grubunda (8.03±0.36 mm-6.07±0.86 mg) ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre toprak solucanın canlı ve canlı zenginleştirilmiş olarak kullanımının kerevit ve lepistes anaçlarında üreme üzerinde olumlu etkiler gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak Solucanı, Zenginleştirme, Kerevit, Lepistes, Üreme.

CUKUROVA UNIVERSITY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

PhD THESIS

The Effect of Feeding Earthworm (Eisenia fetida) on Some Reproductive Parameters of Crayfish (Cherax quadricarinatus) and Guppy (Poecilia reticulata) Broodstock

Mehmet Bedrettin DUMAN

Advisor: Prof. Dr. Suat DİKEL

Department of Aquaculture

ABSTRACT

In this study, it was aimed to investigate the feasibility of natural earthworm (*Eisenia fetida*) enriched with fish oil in the feeding of crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and guppy (*Poecilia reticulata*) broodstock. In the 1st experiment; frozen forms (DS, ZDS) of natural (CS) and fish oil enriched (ZCS) versions of earthworms and pellet feed (KY) were used to feed Cherax quadricarinatus broodstock and their effects on the reproduction of crayfish broodstock were investigated. In the 2st experiment; the effects of the same earthworm groups on the reproduction of Poecilia reticulata rootstocks were investigated. Within the scope of the research, it was determined that the enrichment of earthworms caused a significant increase (36-fold) in DHA ratios and freezing caused an increase in SFA ratios. I. The number of broodstock laying eggs during the 16-week experiment was ZCS:24, KY:23, CS:22, ZDS:19 and DS:16. Here, it is seen that the groups fed with enriched earthworms performed better. According to the egg counts in the first 6 weeks, the highest number of eggs was determined in the ZCS group (5270 eggs). As for the biochemical effects of crayfish on eggs, it was determined that monounsaturated fatty acids accumulated at higher rates in eggs than in other tissues. The highest volume and weight values were obtained from ZDS (3.72±0.49 mm^3-4.29±0.42 mg) group. II. The number of broodstock that fledged during the 5-week experiment was ZCS:31, CS:30, KY:20, ZDS:20, DS:13 and the highest number of fry was obtained from CS (1655) and ZCS (1605) groups. It was observed that ZCS and CS had a positive effect on reproduction in guppies, while there was a significant decrease in the number of broodstock fledged in ZDS and DS fed groups. As for the biochemical effects of feeding on the offspring, it was determined that the amounts of SFA, DHA and oleic acid accumulation were high. The highest length and weight values of the offspring obtained in the experiment were measured in the ZCS group (8.03±0.36 mm-6.07±0.86 mg). According to the data obtained, it was determined that the use of earthworm as live and live enriched had positive effects on reproduction in crayfish and guppy broodstock.

Keywords: Earthworm, Enrichment, Crayfish, Guppy, Reproduction.

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmam boyunca hiçbir konuda yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Suat DİKEL'e, tez çalışmamın planlanmasında yardımcı olan Prof. Dr. Metin KUMLU'ya ve Prof. Dr. Mahmut YANAR'a, tez çalışmamın kurulumu ve yürütülmesinde destekçi olan Ali ÖZDEŞ'e, yine tez çalışmamın kurulumu, analizleri ve verilerin değerlendirilmesinde yardımcı olan Doç. Dr. Hatice Asuman YILMAZ'a, analizlerde desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Ece EVLİYAOĞLU'na, mikroskop altında görüntülemelerde yardımları için Doç. Dr. Sinan MAVRUK'a, çalışmanın sonunda her türlü desteği gösteren Doç. Dr. İbrahim DEMİRKALE'ye, araştırma istasyonundaki çalışmalarda destekçi olan Prof. Dr. Orhan Tufan EROLDOĞAN ve, Araştırma istasyonu çalışanları Ahmet KIRLANGIÇ ve Nihat YILDIZ'a, tez yazımı sırasında büyük katkılar sunan Dr. Dilara KAYA'ya, eğitim hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimle.

Bu tez Çukurova üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel araştırmalar ve Projeler Birimi Tarafından FDK-2019-11542 proje kodlarıyla desteklenmiştir.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Kerevit ve lepistes beslemede kullanılan solucan ve kontrol yemlerinin kimyasal ve yağ asidi profilleri. 40

Çizelge 4.2. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarında16 haftalık araştırma periyodu boyunca performans değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (dişi n= 8-12, erkek n= 5-6). 44

Çizelge 4.3. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarında16 haftalık araştırma periyodu sonunda dişi bireylerin performans değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n= 8-12). 44

Çizelge 4.4. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarında16 haftalık araştırma periyodu sonunda erkek bireylerin performans değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n= 5-6). 45

Çizelge 4.5. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) gruplarının 16 haftalık araştırma periyodu sonunda gonad gelişim evrelerine göre anaç sayıları (dişi n= 8-12). 46

Çizelge 4.6. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından ilk 6 haftalık araştırma periyodu boyunca hesaplanan üreme değerleri (n=6-12). 47

Çizelge 4.7. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen yumurtaların ölçüm değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n = 13-20 birey, her bireyden 30 yumurta) 48

Çizelge 4.8. Kerevit et dokusunda biyokimyasal kompozisyon ve yağ asidi profilleri. 50

Çizelge 4.9. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu boyunca alınan yumurtaların yağ asidi profilleri. 54

Çizelge 4.10. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarının hepatopankreas yağ asidi profilleri. 57

Çizelge 4.11. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*Poecilia reticulata*) anaç gruplarında 5 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen üreme performans değerleri. 60

Çizelge 4.12. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*Poecilia reticulata*) anaçlarının 9 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan biyokimyasal kompozisyon ve yağ asidi profilleri. 62

Çizelge 4.13. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*Poecilia reticulata*) anaç gruplarından 5 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen yavrulardan hesaplanan yağ asidi profilleri. 65

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) lateral görünüm..... 7

Şekil 2.2. Erkek ve dişi *C. quadricarinatus* bireylerinde cinsiyet ayrımı 9

Şekil 2.3. Yeşil nokta ile işaretli bölgeler kırmızı kıskaçlı kerevitin (*Cherax quadricarinatus*) doğal populasyonunun bulunduğu bölgeleri temsil etmektedir..... 12

Şekil 3.1. Kerevit (*C. quadricarinatus*) ve Lepistes (*Poecilia reticulata*) beslemede kullanılan Kırmızı Kaliforniya Toprak Solucanı (*Eisenia fetida*). 32

Şekil 3.2. Kerevit denemesinde kullanılan Kırmızı Kıskaçlı Kerevit (*Cherax quadricarinatus* 33

Şekil 3.3. Kerevit denemesinde kullanılan tanklar ve sump..... 33

Şekil 3.4. Lepistes denemesinde kullanılan dişi (solda) ve erkek (sağda) lepistes (*Poecilia reticulata*)..... 35

Şekil 3.5. Lepistes denemesinde kullanılan akvaryum ve yavruluklar..... 35

Şekil 4.1. Kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) ve lepistes (*P. reticulata*) anaçlarının beslenmesinde kullanılan yem gruplarının EPA ve DHA değerleri 41

Şekil 4.2. Kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) ve lepistes (*P. reticulata*) anaçlarının beslenmesinde kullanılan yem gruplarının SFA değerleri..... 42

Şekil 4.3. Kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) ve lepistes (*P. reticulata*) anaçlarının beslenmesinde kullanılan yem gruplarının MUFA ve HUFA değerler..... 42

Şekil 4.4. Kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) ve lepistes (*Poecilia reticulata*) anaçlarının beslenmesinde kullanılan yem gruplarının n-3 ve n-6 değerleri..... 43

Şekil 4.5. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan gonadosomatik indeks değerleri 45

Şekil 4.6. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan bireylerin gonadosomatik indeks evreleri..... 46

Şekil 4.7. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan hepatosomatik indeks değerleri 47

Şekil 4.8. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen yumurtaların en ve boy değerleri..... 48

Şekil 4.9. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen yumurtaların alan ve hacim değerleri 49

Şekil 4.10. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen yumurtaların ağırlık değerleri. 49
Şekil 4.11. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan EPA (%) ve DHA (%) değerleri 51
Şekil 4.12. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan SFA (%) değerleri..... 51
Şekil 4.13. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan MUFA (%) (P<0.05) ve PUFA (%) değerleri 52
Şekil 4.14. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan n-3 (%) ve n-6 (%) değerleri..... 53
Şekil 4.15. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 hafta boyunca elde edilen yumurtaların EPA (%) ve DHA (%) değerleri..... 55
Şekil 4.16. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftada elde edilen yumurtaların SFA (%) değerleri 55
Şekil 4.17. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 hafta boyunca elde edilen yumurtaların MUFA (%) ve HUFA..... 56
Şekil 4.18. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 hafta boyunca elde edilen yumurtaların n-3 (%) (P<0.05) ve n-6 (%) (P>0.05) değerleri 56
Şekil 4.19. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16. hafta sonunda ovaryum ve hepatopankreas dokuları 57
Şekil 4.20. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda elde edilen hepatopankreas EPA (%) ve DHA (%) değerleri..... 58
Şekil 4.21. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda elde edilen hepatopankreas SFA (%) değerleri 58
Şekil 4.22. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda elde edilen hepatopankreas MUFA (%) (P<0.05)ve HUFA (%) (P>0.05) değerleri..... 59

Şekil 4.23. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda elde edilen hepatopankreas n-3 (%) ve n-6 (%) değerleri 59
Şekil 4.24. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaç gruplarında 5 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen yavruların boy ($P<0.05$) ve ağırlık ($P>0.05$) değerleri 61
Şekil 4.25. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaç gruplarından 9 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan EPA (%) ve DHA (%) değerleri..... 63
Şekil 4.26. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaç gruplarından 9 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan SFA (%) değerleri 63
Şekil 4.27. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaç gruplarından 9 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan MUFA 64
Şekil 4.28. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaç gruplarından 9 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan n-3 (%) ve n-6 (%) değerleri. 64
Şekil 4.29. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) yavru gruplarından 5 haftalık araştırma periyodu boyunca hesaplanan EPA (%) ($P>0.05$) ve DHA (%) 66
Şekil 4.30. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) yavru gruplarından 5 haftalık araştırma periyodu boyunca hesaplanan SFA (%) değerleri 66
Şekil 4.31. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) yavru gruplarından 5 haftalık araştırma periyodu boyunca hesaplanan MUFA (%) ($P>0.05$) ve PUFA..... 67
Şekil 4.32. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) yavru gruplarından 5 haftalık araştırma periyodu boyunca hesaplanan n-3 (%) ($P<0.05$) ve n-6 (%) ($P>0.05$) değerleri..... 67

SİMGELER VE KISALTMALAR

CS : Canlı Solucan
ZCS : Zenginleştirilmiş Canlı Solucan
DS : Donmuş Solucan
ZDS : Zenginleştirilmiş Dondurulmuş Solucan
KY : Kontrol Yemi
KKY : Kerevit Kontrol Yemi
LKY : Lepistes Kontrol Yemi
RAS : Kapalı Devre / Resirküle Sistem
GSI : Gonadosomatik İndeks
HSI : Hepatosomatik İndeks
HPO : Ham Protein Oranı
LO : Lipid Oranı
Vg : Vitellogenin
SBO : Spesifik Büyüme Oranı
PL : Postlarva
YÇO : Yem Çevrim Oranı
GYT : Günlük Yem Tüketimi
SFA : Doymuş Yağ Asitleri
MUFA : Tekli Doymamış Yağ Asitleri
PUFA : Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
LC-PUFA : Uzun Zincirli Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
KM : Kuru Madde
HK : Ham Kül
BY : Balık Yağı
EFA : Esansiyel Yağ Asitleri
EPA : Eikozapentaenoik Asit
DHA : Dokozaheksaenoik Asit
ARA : Arakidonik Asit
LNA : Linolenik Asit
ALA : Alfa Linoleik Asit
PER : Protein Etkinlik Oranı
BU : Balık Unu
SU : Solucan Unu
HCI : Hidroklorik asit
$: Dolar

1. GİRİŞ

Küresel nüfus artışı ve buna bağlı olarak gıda ihtiyacının artması su ürünleri üretimine olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Küresel su ürünleri üretimi, 2020'de tüm zamanların rekoru olan 214 milyon tona ulaşmış ve 178 milyon tonu hayvansal su ürünleri ve 36 milyon tonu alg ile önceki yılın (2018) rekorunu (213 milyon ton) hafif bir artış ile (% 3) geçmiştir. Yine aynı senenin verilerine göre toplam balıkçılık ve su ürünleri üretimi, 264,8 milyar USD değerinde 87,5 milyon ton hayvansal su ürünleri ve 16,5 milyar USD değerinde 35,1 milyon ton alg dahil olmak üzere 122,6 milyon ton ile rekor seviyelere ulaşmıştır. Üretimdeki sınırlı büyümenin başlıca nedeni, başta hamsi olmak üzere pelajik türlerin avcılığında meydana gelen düşüşler, Çin'in avcılık miktarının azalması ve 2020'deki COVID-19 salgınının etkileri nedeniyle avcılık yolu ile elde edilen su ürünleri üretiminde meydana gelen % 4.4'lük düşüşten kaynaklanmaktadır. İlk kez 2027'de 100 milyon tona ve 2030'da 106 milyon tona ulaşacağı tahmin edilen su ürünleri yetiştiriciliğinin devamlı büyümesi sayesinde, toplam sucul hayvan üretiminin 2030'da 202 milyon tona ulaşması beklenmektedir (FAO, 2022).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde yaşanan ve gelecekte de devam etmesi öngörülen artışlar birçok problemide beraberinde getirmektedir. Bu problemlerin başında da yetiştiricilikte kullanılan yem için gerekli olan hammaddelerin sınırlı kaynaklardan elde edilmesi gelmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan ve kullanılması elzem olan balık unu ve balık yağı üretiminde meydana gelen dalgalanmalar ve fiyat artışları, yetiştiricilik sektörünü olumsuz yönde etkilemektedir. Bu kapsamda balık unu ve yağına alternatif oluşturabilecek sürdürülebilir hayvansal ve bitkisel hammadde arayışları hız kesmeden devam etmektedir.

Su ürünleri yetiştiriciliği, balık yağı ile birlikte kullanılan balık unu, sucul canlılarının hem esansiyel aminoasit hem de esansiyel yağ asitleri ihtiyaçlarını karşıladığı için beslemede çok büyük önem arz eden hammaddelerdir (Medale ve Kaushik, 2009). Özellikle denizel türlerin beslenmesinde büyük bir fizyolojik öneme sahip olan n-3 yağ asitlerinden eikozapentaeoik asit (EPA) ve dokozahegzaenoik asitin (DHA) balıklar tarafından vücutlarda sentezlenemediği için (Tocher, 2010), yem formülasyonlarında bu eksikliğin balık unu ve balık yağı ile giderilmesi gerekmektedir. Ancak her geçen gün artarak devam eden çalışmalarla bilim insanları, su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılabilecek balık unu ve yağına altenatif, uygun maliyetli, çevreci ve sürdürülebilir kaynak arayışına devam etmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda toprak solucanlarının protein kalitesinin balık ununa benzer olduğu ve yüksek oranda esansiyel aminoasit içerdikleri bildirilmiştir (Tacon ve ark, 1983; Tacon ve Metian, 2009; NRC, 2011). Toprak solucanlarının değişik formlarının (kuru, sıvı, canlı veya solucan unu) alternatif protein kaynağı olarak kurbağa (Latsamy ve Preston, 2007), kanatlı (Prayogi, 2011; Rezaipour ve ark, 2014; Istiqomah ve ark, 2017), balık (Yaqub, 1997; Sogbesan ve ark, 2007; Loan ve ark, 2009; Mohanta ve ark, 2016) ve karides (Langer ve ark, 2011; Chiu ve ark, 2015) yemlerinde kullanımları gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

Toprak solucanları, düşük yatırım ve işletme giderleri ile endüstiyel ölçekte üretilebilir ve bu durum solucanları su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli bir yem hammaddesi adayı haline getirmiştir. Solucanlar içerisinde en kolay ve ucuza üretilebilen türün kırmızı Kaliforniya toprak solucanı olarak bilinen *Eisenia fetida* olduğu bildirilmektedir. Ağırlıklı olarak bitkisel üretimde kullanılmak üzere kurulan solucan gübresi (vermikompost) üreten çiftliklerde yan ürün olarak değerlendirilen toprak solucanları yüksek protein, kaliteli aminoasit, zengin n-3 yağ asitleri ve mineral içerikleri ile iyi bir besin kaynağı olduğu bildirilmiştir (Stafford ve Tacon, 1985; Paoletti ve ark, 2003; Istiqomah, 2009). Ancak esansiyel yağ asitlerinden EPA ve DHA açısından zengin olan balık unu ve balık yağından farklı olarak, kırmızı Kaliforniya toprak solucanı (*E. fetida*) EPA açısından oldukça zengin olmasına karşın DHA açısından fakir bir besin kaynağı olarak bilinmektedir (Liu ve ark, 2008). Bu nedenle, su ürünleri yetiştiricilik endüstrisinde canlı yem kaynağı olarak kullanılabilmesi için DHA eksikliğinin bir şekilde giderilmesi gerekmektedir (Liu, 2006).

Yukarıda belirtilen eksikliklerin giderilmesi amacıyla deniz balıkları kuluçkahanelerinde larva beslemede kullanılmak amacıyla *Artemia* ve rotiferin besin içerikleri açısından zenginleştirilme prosedürü ile benzer tekniklerin oluşturulmasının bir çözüm yolu olabileceği düşünülmektedir. Bilhassa, toprak solucanlarında HUFA'lardan DHA'nın normalde düşük olan seviyesinin olası bazı zenginleştirici maddelerle artırılması ile toprak solucanlarının, sucul canlıların olgunlaştırılıp yumurtlamasında önemli bir yem kaynağı olarak değerlendirilmesine olanak verebileceği düşünülmektedir.

Kırmızı kıskaçlı kerevit (*Cherax quadricarinatus*), Avustralya'nın Queensland eyaletinin kuzeydoğu bölgesinde tropik ve subtropik tatlı sularında, Avustralya'nın Kuzey Bölgesi'nin kuzey ve doğu kısımlarında ve Papua Yeni Gine'nin güney bölgesinde endemik olarak bulunmaktadır (Riek, 1969; Holthuis, 1986). Kırmızı kıskaçlı kerevit, barındırdığı yetiştiricilik özellikleri sayesinde Avustralya'nın dışında Yeni Zelanda, güney doğu Asya ülkeleri, Çin, Güney ve Orta Amerika ülkeleri ile Amerika Birleşik Devletleri'nde yetiştirilmektedir (Masser ve Rouse, 1997). Ekvador, İsrail, Meksika, Jamaika, Paraguay, Porto Riko, Singapur, Güney Afrika, Tayland ve Zambiya'da yerleşik doğal popülasyon raporları mevcuttur (Williams ve ark, 2001; De Moor, 2002; Zimmerman, 2003; Ahyong ve Yeo, 2007; Bortolini ve ark, 2007). Omnivor olarak beslenen bu canlının hayvansal protein miktarı sınırlı ticari yemle beslenebilmesi ve iyi bir yem değerlendirme oranına sahip olması, türe olan ilgiyi artıran özelliklerdendir.

Kırmızı kıskaçlı kerevit diğer birçok kerevit türünün aksine saldırganlık davranışının sınırlı olması, biyolojisi, fizyolojisi ve yüksek adaptasyon kabiliyeti ile yetiştiricilik için aranan birçok özelliği barındırması nedeniyle yetiştiricilik için ideal bir aday haline gelmektedir. 1980'li yıllardan günümüze kadar tropik ve yarı-tropik bölgelerde yetiştiricilik faaliyetleri artarak devam etmektedir. Üretim faaliyetleri genellikle toprak havuzlarda ekstansif ve yarı entansif olarak yapılmakta, resirküle sistemlerin yaygınlaşması ile entansif sistemlerde üretilebilmelerine yönelik girişimlerde

ivme kazanmaktadır. Toplu ve sürekli üretimin yapılabilmesine yönelik çeşitli kuluçkahane ve ön büyütme teknikleri tanımlanmış olmasına rağmen (Jones, 1995c; Masser ve Rouse, 1997; Parnes ve Sagi, 2002; Garza de Yta, 2009), bu türün anaç olgunlaştırma, yumurtlatma ve yavru yetiştiricilik protokolleri istenilen seviyede üretim yapılabilecek seviyeye getirilememiştir. Bu türe olan talebin artması ile birlikte yetiştiricilik protokollerinin geliştirilmesi ve üretimde artış meydana gelmesi beklenmektedir.

Çekici renkleri ve farklı karakteristikleri nedeniyle dekoratif amaçlarla kullanılmakta olan akvaryum canlılarının her geçen gün kullanımının artması, son yıllarda bu "evcil hayvanların" küresel ticaretini hızla artırmıştır. Yakın tarihli bir çalışmada belirtildiğine göre; her yıl 20 milyondan fazla deniz akvaryumu balığının doğadan toplanarak dünya çapında 2 milyondan fazla akvaryum hobicisine satıldığı düşünülmektedir (Chen ve ark, 2020). Bu durum yeni akvaryum balığı türlerinin yetiştirilmesi ile endüstriyi genişletmeye duyulan ciddi ihtiyacı göstermektedir. Artan talebi karşılamak için, yenilikçi ve sürdürülebilir yetiştiricilik uygulamalarının geliştirilmesi ile akvaryum balığı yetiştiriciliği sektöründe yeni bir yönelimin oluşabileceği ve beraberinde gelişmekte olan birçok ülkede doğal stokların tükenmesini azaltılabileceği düşünülmektedir.

Süs balığı yetiştiriciliği 1000 yıldan daha uzun bir süre önce Çin'de bir tatlı su balığı olan Japon balığının evcilleştirilmesiyle başlamıştır. Günümüzde ise 7000'den fazla akvaryum canlısı türü yetiştirilmekte ve pazarlanmaktadır. Bunların yaklaşık 5000'ini tatlı su, 1800'ünü ise denizel türler oluşturmaktadır (Chen ve ark, 2015; Raghavan ve ark, 2013; Novak ve ark, 2020). Denizel türlerin aksine, tatlı su canlılarının çoğu yetiştiricilik yolu ile elde edilmektedir (Tlusty 2002). Akvaryum balıklarının yaklaşık %60'ını üreten Asya ve gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere 120'den fazla ülke, akvaryum balığı endüstrisinde ithalat/ihracatında yer almaktadır ve küresel ticaretin değeri her yıl yaklaşık 15-30 milyar $ civarındadır (Biondo ve Burki 2019; Evers ve ark, 2019). Akvaryum balığı İhracatındaki en önemli ülkeler Singapur, Tayland, Malezya, Endonezya, Tayvan, Hindistan, Srilanka ve Çin olurken, ithalattaki en önemli ülkeler ABD, AB ülkeleri ve Japonya olmuştur (FAO, 2011: Çelik ve ark, 2014).

Canlı doğuran akvaryum balıklarından (Poeciliidae) olan lepistesler, akvaryum balıkları içerisinde en çok tanınan ve Japon balığından sonra sürümü en fazla olan türdür. Ayrıca akvaryuma ilgisi olan ve yeni başlayanlar için en popüler tropikal tatlı su balıkları arasında lepistes (*Poecilia reticulata*), molly (*Poecilia sphenops*) ve zebra balığı (*Danio rerio*) yer almaktadır. Bu kadar yaygın ve ünlü olmalarının nedenlerinin başında, kolay üretilebilmeleri, dolayısıyla ucuz olmaları, bakımlarının kolay olması, çevresel faktörlere karşı dayanıklı olmaları ve oldukça albenisi yüksek güzel renklere sahip olmalarıdır. Özellikle erkek bireylerin son derece farklı, yelpaze şeklinde kuyrukları, benzersiz renklere sahiptir.

Ülkemizde bitkisel üretim amacı ile üretimi yapılan solucan gübresi tesislerinin yaygınlaşması ve bununla birlikte yoğun olarak yetiştirilen kırmızı Kaliforniya toprak solucanının canlı, dondurulmuş, kurutulmuş toz (un) veya sıvılaştırılmış formunun düşük maliyetli ve kaliteli bir

alternatif protein kaynağı, katkı maddesi olabileceği düşünülmektedir. Bu kapsamda yapılan tez çalışmasında toprak solucanlarının (*E. fetida*) doğal, zenginleştirilmiş versiyonlarını canlı ve dondurulmuş olarak, kerevit ve lepistes anaçlarında besin olarak kullanılmasının bu canlıların ve üremeleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde kırmızı kıskaçlı kerevit (*Cherax quadricarinatus*) ve lepistes (*Poecilia reticulata*)'in tür tanımı, taksonomisi, üreme sistemleri fizyolojisi, beslenme gereksinimleri, akvakültür özellikleri ile toprak solucanının (*Eisenia fetida*) akvakültürde kullanımı hakkında bilgi verilecektir.

2.1. Toprak Solucanının (*Eisenia fetida*) Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Kullanımı

Canlının besin ihtiyacına göre yeterli ve düşük maliyetli alternatif yem kaynakları her zaman ilgi duyulan bir alan olmuştur. Bu anlamda dünyanın pek çok ülkesinde olduğu gibi, ülkemizde üretimi yaygınlaşmış olan toprak solucanı endüstrisi, ciddi potansiyel barındırmaktadır. Çürümekte olan bitkisel kaynaklı organik atıklardan, özellikle de büyükbaş, küçükbaş, tavuk, domuz ve at gübreleri üzerinde basit üretim teknikeriyle yoğun bir şekilde üretilebilen toprak solucanları pahalı alet ekipman, yoğun iş gücü ve enerji gerektirmeyen yöntemlerle, kolay, düşük maliyetlerle, sürdürülebilir ve çevreci bir şekilde üretilebilen canlılardır. Solucanlar içerisinde en kolay ve ucuza üretilebilen türün kırmızı Kaliforniya toprak solucanı olarak bilinen *Eisenia fetida* olduğu bildirilmektedir. Solucan gübresi (vermikompost) üreten çiftliklerde yan ürün olarak değerlendirilen toprak solucanları yüksek protein, kaliteli aminoasit, zengin n-3 yağ asitleri ve mineral içerikleri ile iyi bir besin kaynağı olarak görülmektedir (Stafford ve Tacon 1985; Paoletti ve ark, 2003; Istiqomah, 2009).

Bangladeş'te yerel balık yemi endüstrisi tarafından kullanılan yabani solucanın (*Perionyx excavatus*) ve balık ununun besinsel bileşiminin belirlenmesi ile bu solucan türünün çoğunlukla su ürünleri yetiştiriciliği ve hayvansal üretimde kullanılan balık unu için besinsel ikame potansiyelinin araştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada nem içeriği dışında, *P. excavatus*'un biyokimyasal içeriğinin balık unu ile önemli bir farkı olmadığı belirlenmiştir ($P \geq 0.05$). Solucanın ortalama protein içeriğinin (% 46.57), balık ununun protein içeriğinden (% 54.97) daha düşük olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, solucandaki ortalama lipid içeriğinin (% 8.03), balık ununa (% 7.97) göre daha yüksek olduğu, kül içeriğinin ise % 24.26 ve % 24.13 ile benzer değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Mevcut çalışmanın sonuçları, bu solucan türünün balık unu ile benzer besin değerlerine sahip olduğunu ve bu nedenle balık unu yerine kullanılabilecek potansiyel bir hayvansal protein kaynağı olabileceğini göstermektedir.

Sazan (*Cyprinus carpio*) beslemede kullanılan yemde balık ununa ikame toprak solucanı (*Perionyx excavatus*) unu kullanım olanaklarının araştırıldığı çalışmada balık unu yerine % 30, % 70 ve % 100 ikame oranları denenmiştir. Araştırmada balıklarda büyüme hızı, protein etkinliği ve enerji tutma, kontrol grubuna kıyasla % 30 ve % 100 solucan unu içeren diyetler için benzer, % 70 ikame grubunda ise daha yüksek tespit edilmiştir. Tüm solucan diyetlerinde protein sindirilebilirliği kontrol

diyetinden daha yüksek bulunmuş, ancak % 100 solucan unu kullanılan diyette lipid dönüşümü daha düşük tespit edilmiştir (Johannes ve ark, 2015).

Yarı entansif sistemde doğal besinlerle de beslenen sazan (*C. carpio*) için rasyon yemlerde solucan ununun balık ununa ikame olarak kullanılma potansiyelinin araştırıldığı çalışmada balık unu yerine, güneşte kurutulmuş solucanlardan (*P. excavatus*) elde edilen unun % 0, % 50 veya % 100 oranında kullanıldığı çalışmada 2 farklı stok yoğunluğu denenmiş, 1. Grup 10 g/kg, 2. grup 20 g/kg olacak şekilde düzenlenmiştir. Kontrol grupları sadece doğal besin kaynaklarıyla beslenmiş, balık unu yerine solucan unu kullanılması ile balıkların büyüme oranı artış göstermiştir. Solucan unu kullanılan bitkisel hammadde ağırlıklı rasyon yemin balık unu kullanılan yeme göre beslenme gereksinimlerini daha iyi karşıladığı görülmüştür (Pucher ve ark, 2014).

Diyetteki balık ununun solucan unu ile değiştirilmesinin tereyağı yayın balığının (*Ompok pabda*) büyüme performansı, tüm vücut kompozisyonu ve hematolojisi üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan çalışmada, ikame oranları sırasıyla % 0 (kontrol), % 25, % 50, %75 ve % 100 oranlarında balık unu solucan unu ile değiştirilmiş, % 35 protein içeren (% 21 protein balık unu ve/veya solucan unundan) diyetlerle günde iki kez *ad libitum* besleme yapılmıştır. 8 hafta süren çalışma sonunda, ağırlık artışı (5.23 g), yüzde ağırlık artışı (% 844.15) ve spesifik büyüme oranı (% 4.00/gün) dahil olmak üzere en iyi büyüme performansları ve en iyi yem kullanım parametreleri, yani yem dönüşüm oranı (1.57) ve protein verimliliği oranı (2.87), diyetteki balık ununun % 75'inin solucan unu ile değiştirildiği grupta tespit edilmiştir. Hematolojik parametreler, diyetlere solucan unu ilavesine bağlı olarak herhangi bir anormallik göstermemiştir. Deney sonunda, *O. pabda*'nın tüm vücut kompozisyonu, yani protein, lipid ve kül içerikleri (sırasıyla % 15.93, % 7.22 ve % 2.14), % 75 solucan ikamesi yapılan grupta kontrole kıyasla daha yüksek (sırasıyla % 14.82, % 6.16, % 1.89) bulunmuştur. Sonuçlar, solucan ununun, büyüme, bağışıklık ve vücut kompozisyonundan ödün vermeden *O. pabda*'nın diyetinde % 75 seviyesine kadar ana protein kaynağı olan balık ununun yerine kullanılabileceğini göstermektedir (Prasun ve ark, 2021).

2.2. Kırmızı Kıskaçlı Kerevit (*Cherax quadricarinatus*) von Martens, 1868

2.2.1. Taksonomisi ve Tür Tanımı

Kırmızı kıskaçlı kerevitin taksonomik sınıflandırmadaki yeri şu şekildedir:

ALEM: Animal

ŞUBE: Arthropoda

ALT ŞUBE: Crustacea

SINIF: Malacostraca

ALT SINIF: Eumalacostraca

TAKIM: Decapoda

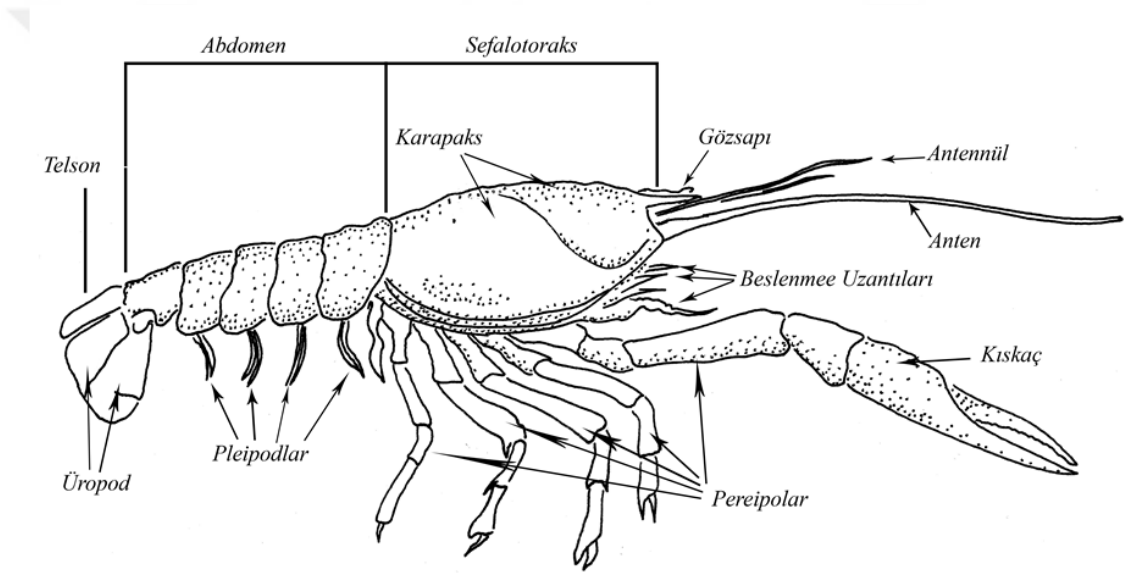
ALT TAKIM: Reptantia

AİLE: Parastacidae

CİNS: *Cherax*

TÜR: *Cherax quadricarinatus*

C. quadricarinatus vücudu pürüssüz, uzun post orbital sırtların her biri anterior karapaks üzerinde iki sırt çıkıntısından oluşmuştur. Telsonun dorsal yüzeyi dikensiz, posterior yarının bitimine kadar membranımsı yapıdadır. Rostrum; belirgin bir apeks ile uzun olup, proksimal sınırlar neredeyse paralel, omurganın posteriorunda kabarık şekilde uzanmıştır. Üç çift kısa lateral diken olup median karina yoktur. Kelipedler (kıskaçlar) erkeklerde oldukça uzun olabilir, olgun erkeklerde distal süperior kenarda parlak kırmızı-turuncu leke bulunur, kıskaç yokluğunda proksimal boyunca antenler vardır. Antenin başlangıç noktasında belirgin sivri bir oluşum görülmekte ve erişkin erkeklerde anten vücut boyundan daha uzun olabilmektedir. Total boy en fazla 35 cm olup nadiren daha uzundur (Souty-Grosset ve ark, 2006).



Şekil 2.1. Kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) lateral görünüm (Dağdanaşar 2019).

Kabuk rengi parlak maviden yosun yeşiline kadar değişen reklerdedir. Eklemler ve vücut üzerinde krem rengi ve kırmızı benekler, abdominal segmentler üzerinde lateral kırmızı lekeler bulunmaktadır. Diğer kerevit türlerinden boyutları, renkleri ve karapaks üzerinde 4 belirgin anterior sırt ile ayırt edilirler. Vücut kas yüzdesinin total ağırlığa oranı, karapaks boyuna bağlı olarak değişmekte olup en yüksek değerin % 34 olduğu bildirilmiştir (Gu ve ark, 1994).

Dişi bireyler maksimum 400 g, erkek bireyler ise 500 g ağırlığa ulaşabilmektedir. Erkek bireyler kendileriyle aynı ebatlardaki dişilere oranla daha geniş ve uzun kıskaçlar bulundurmaktadır. Ayrıca erkek bireylerde cinsiyet belirleyici olarak da kullanılan, kıskaçların dışa bakan kısımlarında kırmızı leke mevcuttur. Karplus ve ark (2003b), bu lekeyi kırmızıdan açık turuncuya doğru değişen tonlarda renklere sahip bir zardan yapı olarak tanımlamış ve amacının belirlenemediğini bildirmiştir.

Önemli özellikleri arasında toplu halde yaşayabilme, saldırgan olmama, oyuk açma davranışının olmaması, üretim teknolojisini basit olması ve nispeten yoğun stoklamaya olan toleransı

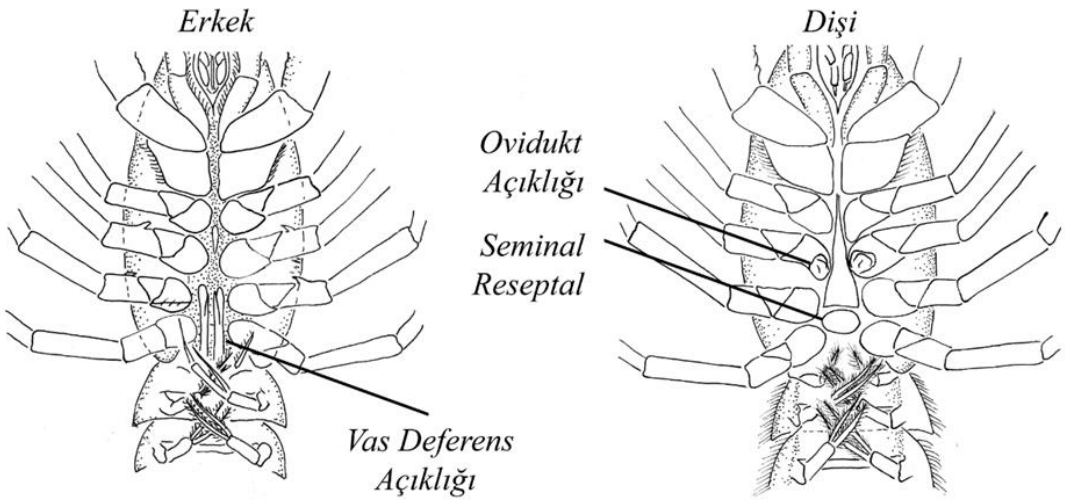
gösterilebilir. Fizyolojik olarak dayanıklı bir tür olmasının verdiği avantajla düşük çözünmüş oksijen değerlerinde (>1 ppm), geniş sertlik ve alkalilik değerlerini (20-300 ppm), geniş pH (6.5-9) aralığını ve çok çeşitli su kalite parametrelerini tolere edebilmektedir (Masser ve Rouse, 1997). Kırmızı kıskaçlı kerevit, sırasıyla geniş sıcaklık ve tuzluluk aralıklarında hayatta kalabildiği için eurythermal, mesohaline türü olarak sınıflandırılmaktadır (Meade ve ark, 2002; Austin, 1996; Karplus ve ark, 1998; Nyström, 2002). Ayrıca *C. quadricarinatus* ayrı eşeyli olmakla birlikte, erkekler dişilere göre daha hızlı büyür ve bu nedenle dimorfik bir tür olarak adlandırılmaktadır. Erkek ve dişi bireyler cinsel olgunluğa optimum koşullar altında 7-9 ayda ulaşır ve dişi bireyler yıl içerisinde 3-5 defa yumurtlayabilmektedir (Jones, 1995a; Masser ve Rouse, 1997). King (1993a), sıcaklıkların 25-26 °C'de ve fotoperiyodun 12L:12D'de olduğu şartlarda üremenin tüm yıl boyunca olabileceğini bildirmiştir. Yumurtlamanın büyük çoğunluğu ilkbahar ve yaz koşullarında meydana gelmekte ve kabuk değişimi genellikle üreme mevsimi sonrasında gerçekleşmektedir. Ancak bazı durumlarda yumurtlamalar arasında geçen sürede de kabuk değişimi görülebilmektedir.

Kırmızı kıskaçlı kerevit pazarı her geçen gün büyümekte, sıcak iklime sahip ülkelerde su ürünleri üretimi artmakta ve üretim metotları geliştirilmektedir. Optimum koşullarda 6-9 ayda 40-200 g olan ticari boyuta ulaşabilen (Rouse ve ark, 1991; Wickins ve Lee, 2002) kerevit endüstrinin büyümeye devam edebilmesi için daha iyi yumurta üretimi ve kuluçkahane yönetimlerinin geliştirilmesi gereklidir. Kuluçkahane yönetimlerine ek olarak endokrin sistemini manipüle ederek yavru üretimini sürekli hale getirmeyi garanti altına almaya çalışılmaktadır (Nagaraju, 2011).

2.2.2. Üreme Sistemi ve Fizyolojisi

Kırmızı kıskaçlı kerevit dişilerinde cinsel olgunluk, birey 20 g ağırlığa ulaştığında (Villarreal ve Pelaez, 1999), yaklaşık 7-9 ay sürede (Sagi ve ark, 1996), meydana gelmektedir. Cinsiyet tayini, 20-30 g ağırlığından daha büyük bireylerde gonadofor pozisyonuna göre; erkeklerde beşinci, dişilerde ise üçüncü yürüme bacaklarının (pereipod) gövde ile birleşim noktasına bakılarak yapılmaktadır (FAO, 2011). Her iki cinsiyette gonadlar kalbin altında bulunurken bu organ kalp ve karın kas gruplarının kenarında, genellikle sindirim bezleri ile olan renk farklılıkları ile ayrılabilen çok ince yapıdadır. Sindirim bezlerini ortalayacak şekilde çizgi boyunca uzanırlar. Büyüklükleri ve renkleri olgunluk evrelerine göre farklılık göstermektedir.

Dişilerde yumurtalık dokusu, pembe renkli ince bir tüp şeklinde, yan yana uzanmaktadır. Yumurtalıklar olgunlaşma evresinde portakal rengine dönüşür. Bir çift yumurta kanalı (ovidukt) yumurtalıklardan ayrılır ve sindirim bezlerinin üzerinden üçüncü yürüme bacaklarındaki genital açıklıklara yanal olarak geçer. Ovaryum fizyolojisi, oosit gelişimi ve vitellogenez aşamaları pek çok çalışmada tanımlanmıştır (Sagi ve ark, 1996b; Abdu ve ark, 2000, 2001a,b, 2002; Soroka ve ark, 2000; Serrano-Pinto ve ark, 2003; Khalaila ve ark, 2004).



Şekil 2.2. Erkek ve dişi *C. quadricarinatus* bireylerinde cinsiyet ayrımı (Dağdanaşar 2019).

Kırmızı kıskaçlı kerevitlerin dişilerinde ve interseks bireylerinde ovaryum yapılarının incelendiği bir araştırmada; sefalotoraksın içinde 'H' şeklinde ikili loblardan oluşan ovaryumlar gözlenmiştir. Kısa ve düz olan yumurta kanalı, her bir arka ovaryum lobundan üçüncü yürüme bacağının gövde ile birleşim noktasına doğru yanlamasına uzanmıştır. Dişi ve interseks bireylerde ovaryumlar renklerine göre; olgunlaşmamış olanlar beyaza yakın saydam, orta derecede olgunlaşmışlar soluk portakal ve olgun ovaryumlar koyu yeşil renkte gözlemlenmiştir (ve ark, 2007).

Kırmızı kıskaçlı kerevitlerde erkek üreme sistemi, testis, sperm kanalı (vas deferens) ve genital çıkıntılardan oluşmaktadır (An ve ark, 2011). Her testis, çok sayıda testis lobundan (aynı zamanda seminifer tübüller veya seminal asini olarak da adlandırılır) ve dallanmamış bir toplama kanalından oluşur (An ve ark, 2011; López Greco ve ark, 2007). Sperm kanalları, sindirim bezlerinin üzerinden çapraz olarak geçer ve beşinci yürüme bacaklarındaki bir çift genital çıkıntıyla birleşir (Masser ve Rouse, 1997). Testislerin seminal kese kısmında meydana gelen spermatogenezde spermatitler birçok mayoz bölünme sonrası oluşur ve spermatozoa oluşana kadar karmaşık bir metamorfoz silsilesi geçirirler (An ve ark, 2011). Çiftleşme sırasında, distal vasa deferentia'nın kas tabakasının kasılması, sperm kordonunun yaklaşık 1 cm'sini boşaltır (spermlerin sürekli kordonu ve salgılar birincil ve ikincil katmanlarla çevrili) gonoporlar boyunca ve kas yapısı tarafından dışarı boşaltılır (An ve ark, 2011; López Greco ve Lo Nostro, 2008; López Greco ve ark, 2007). Boşaltım sırasında, sperm kordonu ayrı birimlerde (spermatoforlar) parçalanır ve yalnızca bir tanesi dişiye aktarılır (López Greco ve Lo Nostro, 2008). Boşaltım sırasında spermatofor, dişinin sternumu boyunca dağılmış, sıvı ve çok yapışkan, yanardöner bir kütledir. Boşaltımdan bir saat sonra spermatofor sertleşir ve çiftleşmeden 24-48 saat sonra dişiye bağlı sağlam ve yoğun bir yapı halini alır. Çiftleşmeden 72 saat yumuşak hale gelir, 96-120 saat süre içerisinde tamamen çözülür (López Greco ve Lo Nostro, 2008).

Dişi birey; yeni boşaltılan spermatoforu sıvı-yapışkan fazdayken manipüle ederek hidratlanmasına neden olur, bu da spermleri spermatofordan serbest bırakarak oositlerin

döllenmesine izin verir (López Greco ve Lo Nostro, 2008). Yumurtlamadan sonra yumurtalar, pleiopodların kenarlarındaki ogerous setaya sıkıca tutunur (Jones, 1990). Kırmızı kıskaçlı kerevitin yumurtalığı, kese benzeri, esas olarak oogonia içeren, hızlı bir şekilde çoğalmaya uygun alanların bulunduğu bir yapıdır. Gonadın merkezinde yumurtalık lümeninin yanında bulunan oositler oogoniayı daha geniş bir şekilde çevreler (Vazquez ve ark, 2008). Yumurtalığı üç katmandan oluşan bir yumurtalık kılıfı çevreler (Vazquez ve ark, 2008). Yapısı tübüler olup, her tübül farklı hücre tiplerinden oluşur: E hücreleri (embriyonik), R hücreleri (emici), F hücreleri (fibriller) ve B hücreleri (kabarcık benzeri) R hücreleri vakuolarizedir ve lipidleri ve glikojeni depolar, F hücreleri sindirim enzimlerinin salgılanmasına katkıda bulunur ve B hücreleri besin emilimi ve sindirim enzimlerinin sentezi ile ilişkilidir (Gibson ve Barker, 1979; Al-Mohanna ve Nott, 1987; Caceci ve ark, 1988; Icely ve Nott, 1992; Franceschini-Vicentini ve ark, 2009).

Yumurtadan çıkmış ve yaklaşık 12 mm boyutundaki *C. quadricarinatus* jüvenilleri 1-2 gün daha annenin pleopodlarına tutunur ve sonunda küçük kerevitler olarak anneden bağımsız yüzer hale gelirler (Lawrence ve Jones, 2002). Yumurtaların pleopodlara tutunma yüzdesi; ilk sıra % 22.4, ikinci sıra % 27.2, üçüncü sıra % 28.3 ve dördüncü sıra % 22.1 olarak tespit edilmiştir (Yeh ve Rouse, 1994). Farklı çalışmalarda pleipodlara bağlanan yumurta sayısı vücut ağırlığına göre; King (1993b), 8,7 yumurta/g; Jones (1995a), 8,2 yumurta/g; Yeh ve Rouse (1994), 7,6 yumurta/g; Rouse ve Yeh (1995) 10 yumurta/g ve Austin (1998), 4.5-7.5 yumurta/g olarak bildirilmiştir. Tespit edilen en az yumurta miktarı 2,8 yumurta/g'dır (Sammy, 1988). Rouse ve Yeh (1995), tarafından kuluçkadan çıkma oranı % 90-95 olduğu rapor edilmiş, ancak gençlik aşamasına kadar hayatta kalma oranının çok daha düşük olduğu belirtilmiştir. de Yta (2009), 30 günlük bir kreş döneminden sonra % 35 yaşama oranı bildirirken, Jones (1995a), yaşama oranını % 52 olarak belirtmiştir. Pleopodlara tutunan yumurtaların havalandırılması, temizlenmesi ve hasta olanlarının ayrılması gibi işlemlerin anne tarafından yapıldığını yumurtlamadan sonra annelerde herhangi bir yumurta veya yavru yeme gibi kanibalistik bir davranış kaydedilmemiştir (Levi ve ark, 1999).

C. quadricarinatus yumurtalarının embriyonik gelişiminde sıcaklık önemli bir faktördür. Yumurtaları korumak için en uygun su sıcaklıkları 22-25 °C'dir. Ayrıca enerji maliyetinin azaltılması ve sınırlı protein ihtiyacı oluşturmasından dolayı 25 °C su sıcaklığı tavsiye edilmektedir. Yüksek sıcaklıklarda embriyonik gelişim süresi kısalmakta, enerji kullanım oranı artmakta ve hayatta kalma oranı düşmektedir (García-Guerrero ve ark, 2003b; Zhao ve ark, 2000). Bu canlılarda yaz üremesi; ilkbahardan yaza kadar sıcaklık ve fotoperiyot tarafından güçlü bir şekilde düzenlenen doğal bir üreme mevsimi ve üreme döngüsü bulunmaktadır. Sperm üretimi için optimum sıcaklıklar 26.5-29.5 °C olarak belirtilmiş olup yaz aylarında sperm sayısı ve vasa deferentia ağırlığı artmakta, kış aylarında ise testislerin ağırlığı artmaktadır (Bugnot ve Lopez Greco, 2009).

Kabuklu su ürünlerinde gonadal olgunlaşmayı ve yumurtlamayı uyarabilmek amacıyla göz sapı kesimi, gonad olgunlaşmasını engelleyen hormonu etkisiz hale getirme ve sıcaklık, tuzluluk,

fotoperiyot gibi çevresel faktörlerin değiştirilmesi ile hormonal değişikliklerin tetiklenmesi metotları uygulanmaktadır (Nagaraju, 2011).

Kırmızı kıskaçlı kerevit dişilerinin üremesi sırasında hepatopankreas ve yumurtalıkların biyokimyasal bileşenlerinde meydana gelen değişiklikler hakkında sınırlı sayıda çalışma (Li ve ark, 2010; Rodríguez-González ve ark, 2006b; Sagi ve ark, 1995, 1996a) bulunmaktadır. Yumurtalıklarda gametogenezin başlangıcından itibaren HSI ve GSI arasında ters bir korelasyon oluşturacak şekilde hepatopankreastaki enerji rezervlerinin gonada transferi gerçekleşmektedir ve bu trend Rodríguez-González (2001), tarafından yayınlanan raporda da doğrulanmış olup benzer türlerde: *Penaeus aztecus* ve *Penaeus setiferus* (Castille ve Lawrence, 1989), *Penaeus monodon* (Millamena ve Pascual, 1990), *Litopenaeus vannamei* (Palacios ve ark, 2000) ve *Macrobrachium rosenbergii* (Cavalli ve ark, 2001) benzer mekanizmaların olduğu çalışmalar bulunmaktadır.

2.2.3. Yumurta Oluşumu

Kırmızı kıskaçlı kerevitlerde yumurtalıklar, olgunlaşma evrelerine göre üç sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar, erken olgunlaşma evresinde temassız paralel iplikler şeklindeyken daha ileri olgunlaşma seviyelerinde H ve Y şeklini almış ovaryum şeklinde görülmektedir. Vitellogenez, yolk proteinleri (vitellin, Vn) üretimi ve alımı oogenezde önemli bir aşamadır. Pek çok türde vitellogenin (Vg) öncüsü olan vitellin hemolenf yoluyla oosit gelişimi için taşınmaktadır (Paran ve ark, 2010). Vitellin, yüksek molekül ağırlıklı bir lipo-gliko-karoteno-protein olup olgun yumurtanın başlıca yumurta sarısı (embriyo) proteinidir. Vitellin % 28-35 lipit içeriğiyle, nauplii gelişimi için membran oluşumu ve enerji depo görevi gören ana bileşeni oluşturmaktadır (Tacon ve Nates, 2002).

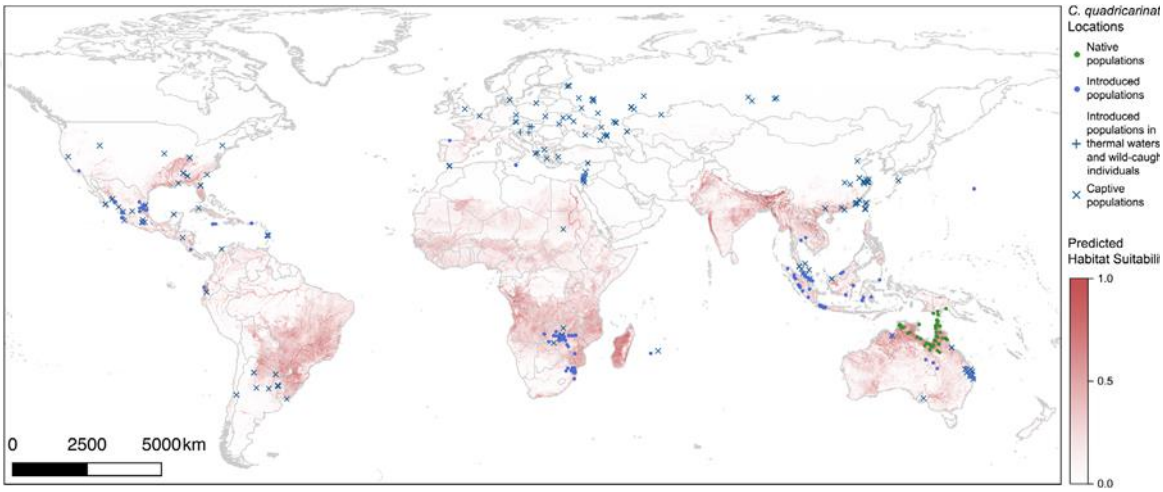
Kırmızı kıskaçlı kerevitlerde yumurtalık gelişimini primer ve sekonder vitellogenez olacak şekilde iki ana fazda incelendiği çalışmada, primer vitellojenik yumurtalıkların gelişimi sırasında beş oosit aşaması (kromatin, kromatin-nükleolus, erken perinükleer, geç perinükleer ve lipid aşamaları) bulunurken, sekonder vitellojenik aşamada 6-8 aşama (yumurta sarısı, erken olgunlaşma ve olgunlaşma aşamaları) bulunmaktadır. Sekonder vitellogenik aşamadaki yumurtalıklar aynı anda ilk dört gelişim aşamasına ait oositleri bulundurabilmektedir. Düşük moleküler ağırlığına sahip (65-95k Da) polipeptitler tipik olarak birincil vitellojenik yumurtalıkta bulunurken, daha büyük moleküler ağırlıklı (>100k Da) polipeptitler, ikincil vitellojenik yumurtalıklarında bulunmaktadır (Abdu ve ark, 2000).

Yeh ve Rouse (1994), tarafından yapılan çalışmada fotoperiyodun yumurtlama üzerinde birinci öncelikli faktör olduğu belirlenmiştir. Su sıcaklığının 28°C'de sabit tutulması ve 14 saat gün ışığı, kuluçkahanede bulunan anaçların yumurta veriminin maksimize edilmesi için gerekli koşullardır. Bu koşullarda anaç yumurta oluşumları anaç ağırlıklarının artışı ile kolayca tahmin edilebilmektedir. Ortalama ağırlığı 40-190 g olan anaçlardan, gram başına 7.8 adet geç dönem yumurta, 7.3 adet yumurtadan yeni çıkmış yavru üretilebileceği bildirilmiştir. Ayrıca aşağıda verilen

yumurtalarda meydana gelen renk değişimleri, yumurtaların gelişim evrelerinin belirlenmesi için kullanışlı bir indikatör olarak değerlendirilmektedir.

2.2.4. Yaşam alanı ve Dağılımı

Kırmızı kıskaçlı kerevit bir tatlı su ıstakozu türü olup doğal yaşam alanı Queensland ve Avustralya'nın kuzeyinden Papua Yeni Gine'nin güneyine kadar geniş bir dağılım göstermektedir. Yuva yapma davranışı sergilemeyen ve hızlı akan nehirlerden kıyı akarsularına, daha yavaş hareketli nehir, göl, lagün ve su birikintilerinin üst kısımlarına kadar çok çeşitli yaşam alanlarına toleransı olan bir türdür. Ancak yiyecek arama, kabuk değişimi ve tehlikelerden korunma gibi durumlarda kayalık alanları tercih etmektedirler (Souty-Grosset ve ark, 2006).



Şekil 2.3. Yeşil nokta ile işaretli bölgeler kırmızı kıskaçlı kerevitin (*Cherax quadricarinatus*) doğal populasyonunun bulunduğu bölgeleri temsil etmektedir (Houbrock ve ark, 2021).

Bu türün doğal dağılımı tropik ve subtropikal iklim özellikleri sergileyen bölgelerle sınırlı kalmaktadır (Semple ve ark, 1995). Kırmızı kıskaçlı kerevit; Avustralya'dan, ticari üretiminin yapılması amacıyla tropikal ve subtropikal iklime sahip birçok ülkeye ihraç edilmektedir. Çin ve Güney Asya ülkeleri, Kuzey ve Güney Amerika, Yeni Kaledonya, Afrika, İsrail ve Avrupa'nın bazı bölgelerinde 1990'lardan itibaren yetiştiriciliği yapılmaktadır. Çok sayıda ülkeye çeşitli yollarla girişinin olduğu bilinmektedir. Güney Afrika, Ekvator, Meksika, Jamaika, Paraguay, Porto Riko, İsrail, Singapur, Tayland ve Zambiya'da yerleşik doğal populasyonların bulunduğu bildirilmiştir (Williams ve ark, 2001; de Moor, 2002; Zimmerman, 2003; Ahyong ve Yeo, 2007; Bortolini ve ark, 2007; García Vazquez, 2008) (Şekil 2.3). FAO verilerine göre kırmızı kıskaçlı kerevit üretimi yapan ülkeler; Avustralya, Meksika, Ekvator, Uruguay ve Arjantin'in yanı sıra, artan üretim faaliyetlerinin bulunduğu ülkeler arasında; Çin, Endonezya, Fas, Panama, İspanya, İsrail, Belize ve Amerika Birleşik Devletleri'nin de olduğu bilinmektedir.

2.2.5. Beslenme Gereksinimleri

Kırmızı kıskaçlı kerevitler omnivor beslenme özelliğine sahip olup (Lawrence ve Jones, 2002) çoğunlukla çürümüş bitki ve hayvan artıkları ile beslendikleri için omnivor-detritivor olarak tanımlanırlar (Masser ve Rouse, 1997). Bu canlılar diyetlerinde bitkilerin, alglerin, hayvanların ve detritik maddelerin bulunduğu geniş bir yelpazede beslenirler (Beatty, 2006). Kültür koşulları altında yüksek oranda düşük fiyatlı bitkisel kaynaklı hammadde içeren yemlerle (Lawrence ve Jones, 2002) ve çeşitlilik açısından zengin bileşenlerden oluşan formüle yemlerle beslenebildikleri bildirilmektedir (Masser ve Rouse, 1997). Jüveniller için en uygun besin kaynağının zooplankton (Figueiredo ve ark, 2001) olmakla birlikte, çürümüş bitki artıkları, epibentik organizmalar ve sapsız epifitik organizmalar da diyetlerini oluşturan diğer besin elementleridir (Celada ve ark, 1989; Brown ve ark, 1992; McClain ve ark, 1992). Bu canlılar bitkisel ve hayvansal kaynaklı çok çeşitli organik besin elementlerinin sindirimini sağlayan birçok sindirim enzimi salgılamaktadır (Figueiredo ve ark, 2001).

2.2.6. Akvakültür Özellikleri

Kırmızı kıskaçlı kerevit yetiştiriciliği, uzun süredir yapılıyor olmasına rağmen toplam üretim miktarı beklenen seviyeden çok uzak olduğu görülmektedir.

Kırmızı kıskaçlı kerevitin yetiştiricilik bakımından sahip olduğu avantajlar;

- Larva gelişim evrelerini yumurtadan çıkmadan tamamlarlar, dolayısıyla kuluçkahane için kritik öneme sahip olan larva yetiştiriciliği yapılmamaktadır.
- Yumurta eldesi kolay olmakla birlikte dönemsel toplu ve yoğun yumurta alım teknikleri istenilen seviyede değildir.
- Saldırgan davranış sergilemediği için yüksek oranlarda stoklama yapılarak üretilebilmektedir.
- Yetiştiriciliğinde kullanılan yemler balık ununa bağımlı olmayıp, yem içeriğinde yüksek protein gereksinimi bulunmamamaktadır.
- Piyasa değeri yüksek bir krustase türüdür.
- Dış görünüşleri ıstakozlarla benzer olup, etinin dokusu ve lezzeti nedeniyle diğer krustase türlerine kıyasla tercih edilen bir türdür.
- Et oranı diğer kerevit türlerine oranla yüksektir.
- Optimum şartlarda 6-9 ay içerisinde pazarlanabilir boylara ulaşabilmektedir.
- Son tüketiciye canlı olarak ulaştırılabilmesi nedeniyle (sudan çıktığında uzun süre canlı kalabildiği için) tüketici güveni oluşturduğu için büyük avantaj sağlar.
- Yüksek teknolojiye ihtiyaç duyulmadan üretimi yapılabilmektedir.

- Su kalitesindeki değişimlere (düşük çözünmüş oksijen, geniş günlük pH değişiklikleri, düşük alkalinite, sıcaklık değişimleri vb.) toleransı yüksektir.
- Düşük (‰5-15) tuzlu suları birkaç gün boyunca tolere edilebilmektedir.
- Doğayı tahrip edecek özellikte derin yuva yapma davranışı sergilememektedir.
- Diğer kerevit türleri kadar saldırgan değildir, kanibalizm önemli bir sorun olarak görülmemektedir.

Kırmızı kıskaçlı kerevit endüstrisi, ana vatanı olan Avustralya'da ve diğer ülkelerde nispeten yavaş gelişmesine rağmen (Lawrence ve Jones, 2002), büyüme oranının yüksek olması ve su parametrelerinde meydana gelen değişimlere olan toleransı, bu türün yetiştiricilik için uygunluğunu kanıtlar niteliktedir (Anson ve Rouse, 1994). Yetiştiricilik için uygun bir tür olmasına ilaveten, vücudu üzerindeki renklerin canlılığı ve çeşitliği kırmızı kıskaçlı kerevitin dünya çapında akvaryum ticaretinde popüler olmasının temel nedenlerindendir (Ahyong ve Yeo, 2007). Bu kerevit türü, kış mevsiminde meydana gelen düşük sıcaklıklardan korunabildiği sürece İtalya, Fas, Yunanistan, İsrail, İspanya ve Türkiye gibi özellikle Akdeniz iklim kuşağında bulunan ülkelerde doğal kaynaklara yerleşebilecek potansiyeli barındırmaktadır.

Kırmızı kıskaçlı kerevitin, larva bakımının olmaması ve 6-9 ay gibi kısa bir sürede üreme olgunluğuna ulaşması, yetiştiricilik bakımından çok önemli avantaj sağlamaktadır. Uygun koşullarda kuluçkahanelerde yılda 3-5 defa yumurta alınabilirken, toprak havuzlarda yıl boyunca yumurtalı dişilere rastlamak mümkündür. Dişi kerevitler boy ve ağırlıklarına bağlı olarak her bir yumurtlamada 100-1000 adet yumurta üretebilmektedir. Yumurtaların açılma süresi su sıcaklığına bağlı olarak 4 ile 8 hafta arasında değişiklik göstermektedir. Yetiştiriciliğinin ilk yılında 50-150 g ağırlığa ulaşabilen kırmızı kıskaçlı kerevitlerin, 4-5 yılda 400 g ağırlığa ulaşabildiği bildirilmiştir. Geniş sıcaklık değerlerinde hayatta kalma ve büyüme özelliğine sahip olan kırmızı kıskaçlı kerevit, 23-31°C derecelerde maksimum büyüme gösterirken hayatta kalma sınırı 2-37 °C olarak belirtilmiştir (Medley ve ark, 1994). Bunun yanında düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonlarına tolerans (1 mg/L kadar düşük), yüksek stok yoğunluğuna tolerans, ticari pelet yemleri kabul etme yeteneği ve pazarlama potansiyeli nedeniyle yüksek potansiyel barındırmaktadır (Webster ve ark, 1994; Thompson ve ark, 2005).

Kuluçka Teknikleri

Son zamanlarda, yavru tatlı su kerevitlerinin yoğun üretimi için kuluçkahane ve yavru bakım protokollerinin geliştirilmesine olan ilgi artış göstermektedir (Verhoef ve Austin, 1999; Manor ve ark, 2002). Jones (1995a), Masser ve Rouse (1997), Parnes ve Sagi (2002) ve de Yta (2009), tarafından çeşitli kuluçkahane-kreş protokolleri tarif edilmiş, ancak hiçbir kombine prosedür seti test edilmemiş veya tarif edilmemiştir.

Yoğun larva ve yavru üretimi, türün bentik doğası ve jüvenil evrelerin erken dönemlerinde görülen kanibalizm olmak üzere iki ana faktör tarafından sınırlanmaktadır. (Jones, 1995a; Parnes ve Sagi, 2002). Yavrular yetişkinlerden daha az bentik olsalar da (Jones, 1995b), yavru kerevitler zamanlarının çoğunu zeminde geçirerek su sütununun tamamını boş bırakırlar. *Macrobrachium rosenbergii* ile çalışan kuluçka işletmecileri, yeterli barınak alt tabakası sağlayarak ve aynı yüzey alanını korurken su hacmini artırarak üretimi artırmışlardır (D'Abramo ve ark, 2000; Tidwell ve ark, 1999).

Anaç kerevitlere üreme sezonu boyunca barınak sağlamak, kabuk değişimi gibi hassas dönemlerinde koruma sağladığı, anaçları predasyona karşı koruduğu ve agresif etkileşimleri en aza indirdiği için son derece önemlidir (Jones ve Ruscoe, 2001). Yeterli miktarda boru yığınları veya benzer bir sığınak yapısının oluşturulması, saklanmakta olan dişilerin miktarını artırmak için en kullanışlı yol olarak gösterilmektedir. Ticari olarak kırmızı kıskaçlı kerevit üretimi yapılan toprak havuzlara genç bireylerin barınak olarak kullanmaları için soğan çuvalı ağları yerleştirilmektedir. Yavruların büyümesi ile birlikte bu havuzlarda bulunan stoklar yetiştirme havuzlarına yerleştirilmektedir. Bazı ticari işletmelerde, yavrular birkaç ay boyunca yavru tanklarında beslenerek yetiştirme havuzlarına stoklamadan önce cinsiyetlerine göre ayrılırlar. Bu yöntem kuluçkahane-kreş sistemlerinde üretilecek yavru sayıları hakkında doğru bilgiyi sağlayabilir ancak yavrular arasındaki boy farkı (Jones, 1995a) ve düşük hayatta kalma oranları (% 5-% 10) nedeniyle uygulamada tercih edilmemektedir. Ek olarak kapalı sistemlerde sınırlı alanda yoğun üretim ve yoğun işçilik olduğundan yavru üretimi için sürdürülebilir bir sistem olmadığı düşünülmektedir. Bu ve benzeri nedenlerle kerevit yetiştiricilik endüstrisinin sağlıklı bir şekilde büyüyebilmesi için, daha verimli ve kontrollü kuluçka protokollerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

2.3. Kerevitlerde Üreme Üzerine Yapılan Çalışmalar

Su değişiminin yapılmadığı bir sistemde 1 m² alana 4 birey olacak şekilde 30-45, 46-60, 61-75, 76-90 g ağırlıklarında kırmızı kıskaçlı kerevit anaçlarının stoklandığı bir çalışmada, üreme parametreleri (yumurta sayısı, doğurganlık indeksi, jüvenillerin yaşama oranı) ve biyokimyasal bileşenler (protein, karbonhidrat, lipit) incelenmiştir. Ağırlığı düşük olan gruplarda üreme verimliliği daha yüksek bulunmuştur. Bu durum yumurta ve yavruların biyokimyasal içeriklerine de yansımıştır. Çalışma sonunda kuluçkahanelerde, ağırlığı 45 g ile 60 g arasında değişen anaçların kullanılması önerilmiş, su değişimi yapılmayan sistemlerde stok yoğunluğunu yüksek tutmanın bu tür için üreme etkinliği üzerinde bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır (Monge-Quevedo ve ark, 2014).

Kırmızı kıskaçlı kerevit anaçlarında vitellogenezin farklı aşamalarında ovaryum ve hepatopankreasın protein, yağ ve su içerikleri ile aminoasit ve yağ asitleri kompozisyonları incelenmiştir. Vitellogenez aşamaları süresince hepatopankreas ve ovaryumdaki protein ve yağ içeriğindeki değişimler yem ve hepatopankreas rezervlerine göre farklılık göstermiştir. Ovaryumlara oranla hepatopankreastaki aminoasit içeriğinde meydana gelen değişimlerin bu organdan taşınan

protein rezervlerinin, beslenme ile elde edilen kaynaklarla telafi edildiğini ortaya koymuştur. Hepatopankreasın yağ asidi içeriğinde meydana gelen değişimlerin, ovaryumlarda lipit birikiminin hızlı bir şekilde gerçekleşmesi için destek işlevi gördüğü belirlenmiştir (Li ve ark, 2010).

Ferré ve ark (2012), kırmızı kıskaçlı kerevit dişilerinde üreme döngüsü boyunca hemolenf, yumurtalık ve hepatopankreastaki vitellogenin (Vg) konsantrasyonunu inceledikleri çalışmalarında yumurtlama öncesi dönemi, yumurtlama zamanı, geç yumurtlama dönemi ve yumurtlama sonrası dönemde ölçümler yapmış hepatosomatik (HSI) ve gonadosomatik (GSI) indeks değerlerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar hemolenf ve hepatopankreas Vg düzeylerinde, önemli farklılıklar tespit etmiş; yumurtlama periyodunda en yüksek değerleri belirlemiş ve bu değişikliklerin HSI ile pozitif ilişkide olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanında hepatopankreas ve yumurtalıktaki Vg düzeyleri arasında pozitif korelasyon olduğunu saptamışlardır. Yapılan çalışmada, Vg sentezinde hepatopankreasın birinci derecede etkili olduğu ile ilgili daha önce elde edilen verileri de desteklediği görülmüştür.

Lanari ve ark (2003), kırmızı kıskaçlı kerevitte sıcaklık ve fotoperiyodun, vitellogenez ve glikoz konsantrasyonu üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada; vitellogenik süreç ve çevresel faktörler aracılığıyla ortaya çıkış ve kayboluş zamanlarının etkilendiğini, yumurta birikiminden hemen önce polipeptid konsantrasyonlarında artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Kırmızı kıskaçlı kerevitlerde üreme olgunluğuna ulaşma ile ilgili göz sapı kesimi (Sagi ve ark, 1997), hormon kullanımı (Abdu ve ark, 2001), doğurganlık ölçümü (King, 1993a), ve üreme döngüsünün tespit edilmesi (Villarreal ve ark, 1999) gibi çalışmalar yapılmıştır.

Harrison (1990, 1997), yaptığı araştırmada dekapodlarda anaç olgunlaşması sırasında yağların emilimi, depolanması ve taşınması ile ilgili dinamikleri incelemiş ve krustaselerin olgunlaşma süresince beslemede kullanılan yemlerdeki yağ ihtiyaçlarının daha yüksek olabileceğini belirtmiştir. Rodríguez-González ve ark (2006), yaptıkları çalışmada anaç beslemede kullanılan yemin yağ içeriğinin yumurta içeriğinde değişikliğe sebep olduğuna dair bir kanıt bulamamışlardır. Bu durumun nedeni olarak da anaç kerevitlerin yumurtalar homojen hale geldikten sonra yumurtlaması ve tek tip yumurta üretme eğiliminin sonucu olabileceği düşünülmektedir. Tek tip yumurta kalitesinin elde edilebilmesi için farklı besin kaynaklarının kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Lopez-Lopez ve ark (2003), araştırmaları sonucunda kırmızı kıskaçlı kerevitin hepatopankreasındaki lipaz aktivitesinin yemdeki farklı bileşenlere tepki verdiğini ve canlının ihtiyacı olan farklı bileşenlerin yem içerisinde kullanılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Tropea ve ark (2010), kırmızı kıskaçlı kerevitlerde jüvenil aşamadan yetişkinliğe kadar olan süreçte yüksek sıcaklıklara (27-30 °C) uzun süreli maruz kalmanın, hayatta kalma, büyüme ve üreme parametreleri (gonadosomatik indeks, ortalama oosit çapı, olgun ve olgunlaşmamış testis loblarının oranı ve vas deferens yapısı) üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Sonuçlar, yüksek sıcaklığın (30 °C) büyüme parametreleri üzerinde cinsiyete bağlı bir etkiye sahip olduğunu, dişiler üzerinde hiçbir etkisi olmadığını ve erkeklerin somatik büyümesini azalttığını göstermiştir. Bununla birlikte,

yüksek sıcaklığın hem dişi hem de erkek bireylerin üreme parametreleri üzerinde, ilkinde yumurtlamayı indükleyen ve ikincisinde spermatogenezi hızlandıran bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Jones (1995a), anaç kerevitlerin 4 aylık bir süre boyunca 26 °C ve 14L:10D sabit koşullara maruz bırakılmasının, dişilerin çoğunda mevsimsel yumurtlamadan daha erken yumurtlamayı teşvik edebileceğini bildirmiştir. Benzer sonuçlar Yeh ve Rouse (1994) ve Barki ve ark (1997), tarafından da rapor edilmiştir.

İlginç bir şekilde, Karplus ve ark (2003a), dişi kırmızı kıskaçlı kerevitleri simüle edilmiş kış fotoperiyoduna maruz bırakmış (14L:10D'den 10L:14D'ye kademeli düşüş), ancak su sıcaklığını yaz mevsimi değerlerinde (27-29 °C) muhafaza etmiş ve yumurtlama oranında üç kat artış gözlemlemiştir. Oluşturulan bu çevresel koşullar, bahar gündönümünden sonra günlerin kısalmasına rağmen, sıcaklıkların yükseldiği yaz dönemini taklit etmektedir.

Besleme Çalışmaları

Kırmızı kıskaçlı kerevit üretim miktarı birçok ülkede artış göstermesine karşın, anaç beslemede kullanılan yemlerin geliştirilmesine yönelik çalışmaların sayısı istenilen oranda artış gösterememiştir. Günümüzde kullanılmakta olan yemler, yetiştiriciliği yapılmakta olan diğer sucul canlıların yem formülasyonlarından esinlenerek üretilmektedir (Austin, 1992; Barki ve Karplus, 2000). Uygun maliyetli ve anaç besleme açısından dengeli bir diyetin üreticiler tarafında ilgi ile karşılanacağı düşünülmektedir (García -Ulloa ve ark, 2003).

Kırmızı kıskaçlı kerevit anaçlarında üreme üzerine bazı çalışmalar yapılmıştır. Bunlar; Sagi ve ark (1997), göz sapı kesiminin üreme üzerindeki etkilerini, Abdu ve ark (2000), ovaryum olgunlaşması sırasında polipeptid dinamiklerini ve oosit gelişiminin tanımlanmasını, King (1993a), yetiştiricilikte potansiyel doğurganlığı, Serrano-Pinto (2003), vitogellinin mRNA ekspresyonunu, García-Guerrero ve ark (2003a,b), embriyo gelişimini tanımlamıştır. Ancak anaç kerevitlerdeki besin gereksinimlerini belirlemeye dair çok az çalışma bulunmaktadır.

Çoğu canlıda olduğu gibi kabuklularda da protein; yumurtlamada, yumurtaların döllenmesinde ve embriyoların normal olarak gelişebilmesinde önemli rol oynamaktadır (García-Guerrero ve ark, 2003c; Harrison, 1990; Rodríguez-González ve ark, 2006a,b; Wouters ve ark, 2001b). Buna göre dişi anaçların, bakımı, büyümesi ve vitellogenik gereksinimleri karşılamaları için diyette yeterli protein ve esansiyel amino asitler sağlanmalıdır. Anaçlardaki gonad olgunlaşması ve oositlerin büyümesi süresi boyunca metabolizmada bulunan besin rezervlerinin dönüşümü ve taşınımı devam etmekte (Harrison, 1990), ayrıca bu dönemde yem içerisinde bulunan esansiyel bileşenler hayati önem arz etmektedir.

Bitkisel, hayvansal, algal ve detritik besin maddelerinin dahil olduğu geniş besin çeşitliliğine sahip olan kırmızı kıskaçlı kerevitler detritivor-omnivor olarak tanımlanmaktadır (Beatty, 2006). Yavru kerevitler, hayvansal besinlerle beslenirler ve doğal ortamlarında zooplankton ana besin

kaynağını oluşturur (Jones ve ark, 1997). Bununla birlikte, yetiştiricilik koşullarında oluşturulan diyetleride içeren, çeşitli besinleri tüketebilirler (Gutiérrez ve Rodríguez, 2010). Su ürünleri üretimi yapılan kuluçkahanelerde özellikle anaç yemi olarak hazırlanan rasyon yemlere ek olarak taze yemler (dondurulmuş karışık sebzeler, kuş tahıl besinleri ve doğranmış sığır kalp veya karaciğeri) kullanılmaktadır. Günümüzde yavru karides beslemede ticari olarak kullanılan yemlerin (<% 33 protein) yanı sıra, yavrular için ilk beslemede yumurtadan yeni çıkmış *Artemia* nauplisi verilmesi tavsiye edilmektedir (Masser ve Rouse, 1997).

Kırmızı kıskaçlı kerevit üretiminin yapıldığı ülkelerde, bu kerevit türüne özgü ticari yem üretilmediğinden, yem olarak formüle edilmiş karides yemleri kullanılmaktadır (Garza de Yta ve ark, 2012). Besin olarak tüketilen bitkisel ve hayvansal materyalin oranları yaş veya canlı büyüklüğü ile ilişkili olup yetişkinler yavrulara oranla daha az seçici olmaktadır. Yavrular besin tercihini daha çok hayvansal besinler yönünde kullanılmaktadır (Goddard, 1988; Jones, 1990). Zooplanktona ek olarak çürümüş bitki artıkları, epibentik organizmalar ve sapsız epifitik organizmalar, jüvenil kerevitler için önemli besin maddelerini oluşturmaktadır (Celada ve ark, 1989; McClain ve ark, 1992).

Yemin en pahalı bileşeni proteindir (Gutierrez ve Rodríguez, 2010), bu nedenle besleme çalışmalarının büyük çoğunluğu kırmızı kıskaçlı kerevitin optimum protein ihtiyacını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu kapsamda beş farklı protein (% 18-42) içeriği sahip yemlerle yapılan bir besleme çalışmasında; yemlerin protein içeriğinin öneminin sınırlı olduğu ve havuz ortamında oluşan bentik mikrobiyal biyokütleyi beslemek için yeterli olan basit bir rasyon yemin yeterli olacağı sonucuna varılmıştır (Jones, 1995a). *C. quadricarinatus* türünde diyetteki farklı ham protein seviyelerinin büyüme ve yaşama oranı üzerine etkisinin jüvenil, erkek ve dişi bireylerde incelendiği bir çalışmada; jüvenillerde % 31, erkeklerde % 27.1 ham protein içeren yemler önerilirken dişilerde farklı protein seviyelerine sahip yemlerle beslenen gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanamamıştır (Corte´s -Jacinto ve ark, 2004). Yine farklı protein (% 35, 40 ve 45) düzeylerinde yemlerle besleme yapılan bir çalışmada, % 35 protein içeren diyetle beslenen grupta spesifik büyüme oranı diğer gruplara oranla daha yüksek bulunmuştur (Ponce ve ark, 1998). Benzer şekilde ham protein içerikleri farklı (% 20.45, 28.25, 37.33, 45.44) pelet yemlerle besleme yapılan başka bir çalışmada da ham protein oranının % 37 olduğu diyetin kabul edilebilir sonuçlar elde etmek için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır (Campaña ve ark, 2003).

Taze yemlerin ve kuru pelet yemlerin büyüme, yaşama oranı ve besleme durumu üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada; taze diyetler ile beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit jüvenillerinde daha iyi büyümeye doğru hafif bir eğilim olmasına rağmen yaşama oranı ve büyüme bakımından önemli bir fark saptanamamıştır (Ruscoe ve ark, 2000). Kırmızı kıskaçlı kerevitin besin ihtiyaçlarının belirlenmesi üzerine sınırlı sayıda yapılan araştırmalar sonucunda % 30 protein, % 6 lipid ve 19 Kj/g brüt enerjiden oluşan rasyonun büyümede hızlı ve etkili bir sonuç eldesini destekleyeceği belirtilmektedir (Davis ve Robinson, 1986; Webster ve ark, 1994; Jones ve ark, 1996).

Kırmızı kıskaçlı kerevitin beslenmesinde kullanılabilecek rasyon yemde balık unu yerine alternatif oluşturabilecek bitkisel ve hayvansal protein kaynaklarının araştırıldığı bir çalışmada; balık unu içermeyen bitkisel hammaddelerden oluşan bazı kanatlı yemlerinin bu türün beslenmesi için de uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu türün Akdeniz bölgesinde kontrollü şartlarda başarıyla yetiştiriciliğinin yapılabileceği bildirilmiştir (Eroldoğan ve ark, 2022). Havuzlarda yetiştirilen kırmızı kıskaçlı kerevitler için balık unu içersin veya içermesin % 28 ham protein içeriğine sahip yemlerin erkek ve dişi kırmızı kıskaçlı kerevitlerin esansiyel amino asit gereksinimlerini karşılayabilir olduğunu bildirmişlerdir (Thompson ve ark, 2006).

Rodríguez-González ve ark (2006a), anaç beslemede kullanılan yem formülasyonunun anaç olgunlaşmasına ve yumurta kalitesi üzerindeki etkisini incelemiş olduğu çalışmada dört diyet protein seviyesinin (% 22, 27, 32 ve 37; brüt enerji; 20.19–21.61 kJg-^{1}) yetişkin öncesi (23.0±3.0 g) dişi kırmızı kıskaçlı kerevit beslemede kullanmış ve önemli bir farklılık bulamamıştır. Gruplar arasında hayatta kalma oranı % 78.6–84.5, deneme sonu ağırlık 41.0–43.1 g aralığında ve doğurganlık 8.5–9.2 yumurta/anaç ağırlığı olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, regresyon analizi, maksimum yumurtlamanın % 32 ham protein seviyesinde gerçekleştiğini bildirmiştir. Protein oranı % 32 olan yemle beslenen anaçlardan elde edilen yumurtaların boyu, ağırlığı, alanı ve hacim değerleri, daha yüksek bulunmuş ancak yumurtaların biyokimyasal bileşimi arasında bir fark bulunamamıştır. Buna göre yazarlar anaçlarda kullanılacak olan yemin protein oranının % 32 olmasının anaçlarda daha iyi üreme performansı görebilmek için gerekli olduğunu vurgulamışlardır. Bu tespit, Corte's-Jacinto ve ark (2004, 2005)'nın bulgularına benzer bir şekilde % 26-33 protein içeren diyetlerin, kırmızı kıskaçlı kerevitlerin yavru ve yetişkin öncesi evrelerinin büyümesini ve hayatta kalmasını optimize ettiğinin belirlendiği çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Rodríguez-González (2009b), yaptıkları çalışmada, laboratuvar koşullarında *C. quadricarinatus* anaçlarında 5 farklı protein içeriği ile oluşturulmuş (220, 270, 330, 390, 450 g/kg^{-1}) anaç yemi kullanımının gonad gelişimi üzerindeki etkileri araştırmıştır. 70 gün süren çalışma sonunda yemde kullanılan protein oranı arttıkça hepatopankreastaki protein ve karbonhidrat konsantrasyonunda artış görüldüğü belirtilmiştir. Yapılan çalışma ile elde edilen verilerde rasyonda kullanılan protein değerleri ile GSI, HSI, gonadın biyokimyasal kompozisyonu (protein, yağ, karbonhidrat ve enerji) ve ikinci vitellogenetik oositlerin sıklığı arasında önemli bir uyum sağlandığı belirlenmiştir. Optimal tepki kriterlerine göre incelendiğinde en uygun protein seviyesinin 284–355 g/kg^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak protein enerji oranına göre 15.6 mg kJ^{-1} olan ve 330 g/kg^{-1} ham protein içeren yem, biyokimyasal kompozisyon açısından kırmızı kıskaçlı kerevit anaçlarında kullanılması en uygun yem olarak belirlenmiştir.

Rodríguez-González ve ark (2009a) tarafından yapılan çalışmada lipid oranı % 4-8-12 olan yemler hazırlanarak kırmızı kıskaçlı kerevit anaç beslemede kullanılmış ve bu yağ oranlarının yumurta kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Oluşturulan üç grup için ağırlıkları ortalama 23±3.0 g 120 adet anaç kerevite, 28 ℃ su sıcaklığında 75 gün süre ile besleme yapılmıştır. Elde

edilen yumurtaların alan (3.52–3.90 mm²), hacim (34.0–39.3 mm³), ağırlık (4.81–5.36 mg) ve boy (2.15–2.27 mm) değerlerinde istatistiki olarak farklılık belirlenmiştir ($P<0.001$). En yüksek değerlerin eldildiği grup % 8.60-8.84 yağ değerlerine sahip yem ile beslenmiştir. Yaşama oranı (% 82.1–86.9), deneme sonu ağırlık (41.0–43.7 g), yumurtlayan anaç sayısı (% 18.12–27.38), doğurganlık oranı (9.07–10.31 yumurta/anaç ağırlığı) gibi parametrelerde istatistiki olarak bir farklılık saptanamamıştır ($P>0.05$). Ayrıca yumurtada bulunan protein (2306.87±440.08 µg/yumurta), yağ (441.95±83.23 µg/yumurta) karbonhidrat (74.81±10.12 µg/yumurta) ve enerji (13.49±2.25 kcal/yumurta) içeriği ölçümleri sonucunda elde edilen değerlerde de istatistiki açıdan bir farklılık bulunamamıştır. Sonuç olarak hayatta kalma, nihai ağırlık veya doğurganlıkta önemli bir fark bulunamayan çalışmada diyetteki lipid içeriği, yumurtaların boyutunu ve ağırlığını etkilemiş ve en büyük yumurta ağırlığı, % 8.7 lipid içeren yemlerle beslenen anaçlardan elde edilmiştir.

Luo ve ark (2008), kırmızı kıskaçlı kerevitlerde embriyonik gelişim sırasında hem nötr hem de polar lipidlerinin baskın yağ asitlerinin C16:0, C18:0, C18:1n-9 ve C18:3n-3 olduğunu bildirmiştir. Doymuş yağ asitleri (C16:0 ve C18:0) ve tekli doymamış yağ asitleri (C16:1n-7 ve C18:1n-9) her zaman enerji üretim amacıyla kullanılırken, çoklu doymamış yağ asitleri (C20:5n-3 ve C22:6n-3) hücre zarı ve merkezi sinir sisteminin gelişiminde yapısal bileşen olarak önemli rol oynadığı belirtilmiştir.

Luo ve ark (2004b), E vitamininin kırmızı kıskaçlı kerevit üremesi üzerindeki etkisini değerlendirmiş ve optimal E vitamini içeriğinin % 0.0192 olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca yazarlar, E vitamininin sinir sisteminin gelişimi için gerekli olan C20:5n-3 ve C22:6n-3'ü oksidatif stresten koruyabileceğini E vitamininin önemli olan aminoasit ve yağ asitlerinin döllenmiş yumurtalarda birikimini arttırdığı belirlenmiştir.

Rodríguez-González (2012), tarafından yapılan çalışmada ham protein oranı % 26 ve % 32, ham lipit oranı % 4.7 ve % 12 olan yemlerin dişi kırmızı kıskaçlı kerevitin gonadal gelişimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. GSI, HSI, gonad ve hepatopankreasın biyokimyasal bileşimi, oosit çapı ve oositlerin gelişim evresinin sıklığı analiz edilmiştir. GSI değerleri % 26 protein, % 4.7 lipid içeren yem ile beslenen grupta önemli ölçüde düşük olarak tespit edilmiştir. Lipid oranı % 12 olan yem ile beslenen grupta önemli ölçüde daha yüksek bir HSI değeri elde edilmiştir. Denemede % 32 protein ve % 4.7 lipid kullanarak hazırlanan yemlerin verildiği grupta hepatopankreastaki protein içeriği önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Hepatopankreastaki maksimum lipid içeriği; % 32 protein ve % 12 lipid içeren diyetle beslenen gruptan elde edilmiştir. Protein oranı % 32 olan diyetle beslenen grupta daha yüksek postvitellogenik oosit sıklığı elde edildiği görülmüş ve yine aynı grupta, yem içerisinde bulunan fazla lipidin hepatopankreasta biyolojik olarak depolandığı belirlenmiştir. Düşük protein ve lipid içeriği bulunan yemle beslenen grupta, sınırlı gonad gelişimi görülmüş ve genel üremeyi etkilediği belirlenmiştir. Histolojik analizler sonucunda, protein oranı % 32 olan yemle beslenen dişilerin daha yüksek postvitellogenik frekansa sahip olduğu, % 26 protein içeren yemin kullanıldığı grupta ise ikincil vitelojenik oosit sıklığının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yumurtalığın olgun olduğunun göstergesi olarak oosit aşamaları baz alındığında, lipit seviyesinden bağımsız olarak dişi kırmızı kıskaçlı kerevitlerin optimal yumurtalık olgunlaşması için en az % 32 protein içeren diyetlerin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Tespit edilen GSI değerleri, yem içeriğindeki protein ve lipidin yüksek olduğu durumda gonad gelişiminin uyarıldığını göstermiştir.

Macrobrachium rosenbergii beslemede kullanılan diyetteki protein seviyesi düşük olduğunda, canlı tarafından karbonhidratların enerji kaynağı olarak kullanıldığını belirtmektedir (Lee ve Chang, 1997). Rodríguez-González ve ark, (2009) daha yüksek protein içeriğine sahip (% 32) yemlerle beslenen dişilerin, gonadda daha fazla protein biriktirdiğini belirtmişlerdir. Dişi kırmızı kıskaçlı kerevitlerde gonadın protein içeriğindeki artış, besinlerden gonada, enerji rezervlerinin aktif mobilizasyonuna ve endositoz yoluyla oosite girmesine bağlandığı bildirilmiştir (Abdu ve ark, 2000).

Yano ve Chinzei (1987), *Penaeus japonicus*'ta olgunluğa yakın veya olgun gonadların protein içeriğindeki bir artışın, vitellogenezin son aşamalarında oositlerin hızlı büyümesi ile ilişkili olduğunu belirtmiş ve gonadal gelişimin, protein oranı düşük olan diyetlerde temel olarak sınırlandığı tespit etmişlerdir. Oosit türlerinin sıklığındaki değişiklikler, kabuklularda yumurtalık olgunluk derecesini belirten bir gösterge olarak kullanılmıştır (Palacios ve ark, 1999).

Zhu Jiang ve ark (2013), çalışmalarında kırmızı kıskaçlı kerevit yemlerinin optimum karbonhidrat-lipid (CHO:L) oranının belirlenmesini araştırmışlardır. Çalışmalarında kırmızı kıskaçlı kerevitleri 5 farklı (CHO:L oranları 10.75:1, 5.99:1, 3.60:1, 2.18:1 veya 1.33:1) yemle beslemişlerdir. Toplamda 8 hafta süren büyüme denemesi boyunca, 2.81:1 ve 3.60:1 diyetleriyle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevitlerin, diğer diyetlerle beslenen gruplara göre daha yüksek ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı ve yem dönüşüm oranı sergiledikleri görülmüştür (P<0.05). Büyüme, FCR ve kırmızı kıskaçlı kerevit yetiştirme maliyetleri analiz edildiğinde, optimum büyümenin ve uygun maliyete sahip yemlerin karbonhidrat ve lipid seviyeleri sırasıyla 290.10 g/kg ve 80.70 g/kg olarak tespit edilmiştir.

Anaç diyetindeki protein ve lipid düzeylerinin jüvenil *Cherax quadricarinatus* kalitesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada anaç kerevitlerde farklı ham protein (180, 250, 310, 370 g/kg^{-1}) ve lipid (30 ve 70 g/kg^{-1}) içerikli diyetlerle besleme yapılmıştır. Yavruların, başlangıç ağırlığı, biyokimyasal bileşimi ve strese karşı hayatta kalma oranı değerlendirilmiş, 50 gün süren çalışma sonunda, büyüme oranları belirlenmiştir. Anaç diyetinin yavruların başlangıç ağırlığı ve biyokimyasal içeriği üzerinde önemli bir etkisi tespit edilememiştir. Yemlerdeki protein içeriğinin büyümeyi önemli ölçüde etkilediği, (P<0.05), optimum protein seviyesinin (250 g/kg-¹) 1.17 g'lık bir ağırlık artışını temsil ettiği bildirilmiştir. Anaç beslemede kullanılanılan diyetteki lipid seviyesinin büyüme ve hayatta kalma üzerinde etkisinin de önemli olduğu belirtilmiştir. Çalışmada elde edilen verilere göre yavruların büyümesini ve kalitesini aynı anda artırmak için 250 g/kg^{-1} protein içeriğine sahip yemin kullanılması önerilmektedir (Rodríguez-González ve ark, 2014).

Kiriyakit ve Suwannagate (2018), kuluçkahane şartlarında yetiştirilen kırmızı kıskaçlı kerevitin üreme performansının ölçtükleri çalışmada istiridye eti, ev yapımı karma yem, toprak

solucanı (*Eudrilus eugenine*) ve ticari karides yemi olmak üzere 4 farklı yem kullanılmıştır. Ortalama 13.97±0.51 cm boyunda 1 yaşında yüz yirmi kerevitin kullanıldığı çalışma sonunda, istiridye eti ve ev yapımı karma yemle beslenen anaç kerevitlerin, solucan ve ticari karides pelet yemiyle beslenen anaç kerevitlerden daha hızlı ve daha yüksek doğurganlıkla yumurtladığını göstermiştir. İstiridye eti ile beslenen kerevit yavrularının en uzun kuluçka sürelerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ev yapımı karma yem ve karides pelet yemi ile beslenen yavru kerevitlerle benzer sayıda yavru vermiştir. Ev yapımı karma yemle beslenen kerevit yavruları en büyük boyutta serbest yaşayan yavrular üretmiş olsada, istiridye eti ile beslenen yavrular genel olarak daha iyi büyüme göstermiştir. Solucan ile beslenen anaç kerevitler en kısa kuluçka süresine sahip olurken en yüksek sayıda yavruyu bu grupta bulunan anaçlar üretmiştir. Bununla birlikte, elde edilen yavrular gruplar arasındaki en küçük yavrular olup ev yapımı yemlerin ve istiridye eti yemlerinin, kırmızı kıskaçlı kerevitler üremesi için en iyi seçenek olduğu belirlenmiştir.

Sınırlı beslemenin kırmızı kıskaçlı kerevitin üreme performansı üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada, üreme olgunluğuna yeni erişmiş dişi ve erkek kerevitler bir araya getirilmiş, kontrol grubuna günlük, olarak ortalama ağırlıklarının % 1.5'i, kısıtlı besleme grubuna ise % 0.5'i olacak şekilde formüle edilmiş diyetle besleme yapılmıştır. 105 gün süren çalışmada yumurtlayan anaç ve yumurtadan çıkan yavru oranları, sınırlı besleme yapılan grupta daha yüksek bulunmuştur, ancak yumurta hacmi ve ağırlığı açısından gruplar arasında herhangi bir farklılık tespit edilememiştir. Bununla birlikte, yumurtlamadan sonra yeniden olgunlaşan yumurtalıkların lipid konsantrasyonunun, sınırlı besleme yapılan grupta kontrol grubuna göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu duruma kısıtlı beslemenin, vitellogenez sırasında yumurtalıklara aktarılan rezerv miktarını etkilemesinin neden olduğu düşünülmektedir. Kontrol ve kısıtlı besleme yapılan gruplardaki dişilerde hepatopankreasın benzer büyüme ve biyokimyasal içeriğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara dayanarak, *C. quadricarinatus* dişilerinin en az 105 günlük bir süre boyunca üreme performanslarını ve somatik büyümeyi beslenme oranından etkilemeden, yem miktarını üçte bir oranına düşürmenin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır (Díaz ve ark, 2016).

2.4. Lepistes (*Poecilia reticulata*) von Martens, 1868

2.4.1. Taksonomisi ve Tür Tanımı

Akvaryumda balık yetiştirmeye başlayanların genel olarak ilk tercih ettikleri balıklar, üretimlerinin kolaylığına ek olarak uygun fiyatla temin edilebilen, adaptasyon kabiliyetleri ve göz alıcı renklerinden dolayı ilgi çeken lepistes, plati, kılıçkuyruk ve black moly gibi canlı doğuran balık türleri Singapur, Malezya, Endonezya, Tayland, Hindistan ve Çin'de üretimi yapılan popüler balık türleridir (Alpbaz, 1984,1993). Bahsedildiği gibi bu grupta yer alan lepistesin bakımının kolay ve fiyatının uygun olması ile birlikte yavrulama sayısı da oldukça fazladır (Mills, 1986).

Tamaru ve ark (2001)'na göre lepisteslerin sistematiği aşağıda verilmiştir.

ALEM: Animale
ALT ALEM: Metazoa
ŞUBE: Chordata
ALT ŞUBE: Vertebrata
SINIF: Actinopterygii
TAKIM: Cyprinodontiformes
ALT TAKIM: Cyprinodontoidea
ÜSTAİLE: Poecilioidea
AİLE: Poeciliidae
ALT AİLE: Poeciliinae
CİNS: Poecilia
TÜR: *Poecilia reticulata* (Peters, 1859)

2.4.2. Lepistes Balığının Morfolojisi

Lepistes balıkları, ağızlarındaki dişleri nedeniyle dişli sazancıklar olarak da bilinen Cyprinodontoidae alt takımına dahildirler. Ağızları terminal konumlu olup, baş genellikle kütleşmiştir. Çoğu türü gerek renk, gerekse yüzgeç ve büyüklük bakımından eşey ayrımı gösterirler ve canlı doğum yaparlar. Sırt ve anal yüzgeçlerinde sert ışın yoktur. Sırt yüzgeçlerindeki yumuşak ışın sayısı 7-8, anal yüzgeçlerindeki yumuşak ışın sayısı 8-9 adettir. Erkekler biraz daha uzun, narin, dişiler hafif tombuldur. Erkeklerde vücut yanlardan hafifçe basık olup, dişilerde vücudun ön kısmı yuvarlaktır. Gonopodium kısadır. Boy erkeklerde maksimum 2.5-3 cm, dişilerde 5-6 cm kadar olabilir. Erkekler doğal ortamlarında çok değişik ve canlı renkleri barındırır. Buna karşılık dişiler sarımsı-yeşilimsi renkte olmaktadır (Geldiay, 1985).

Erkekler doğada da çok çeşitli ve parlak renklerde bulunmasına karşın dişiler daha sade ve mat renklerde bulunmaktadır. Kuyruk yüzgecinin renk desenleri ve şekli eşey kromozomuna bağlı 18. gen tarafından ortaya çıkarılmaktadır (Erne, 1966; Fallin ve ark, 1973). Bu renk desen çeşitliliği seksüel seçim ve predatörlük olayları arasında denge sağlamaktadır (Endler ve Houde, 1995). Ayrıca dişilerden farklı olarak erkeklerde anal yüzgecin metamorfoza uğraması sonucu oluşan gonopodium adı verilen üreme organı meydana gelmiştir. Bu organ yardımıyla erkek çiftleşme anında dişinin genital açıklığına spermlerini bir kese içerisinde transfer etmektedir (Matthews ve ark, 1997).

2.4.3. Üreme Sistemi ve Fizyolojisi

Lepistes sürekli yavru veren bir türdür. Canlı doğuranlar grubundan olan lepisteslerde ovoviviparlık (yumurtlayan-doğuran) olarak bilinen yavrulama tipi görülmektedir. Bu yavrulama tipinde, yumurtalar dişi balığın karın boşluğundayken erkek balık tarafından döllenir ve gelişimini

yumurta kanalı içinde tamamlar. Daha sonra yumurta, yumurtlama sırasında anne karnında iken çatlar ve balık doğurmuş gibi gözlenir. Bu olay yalancı doğum olarak adlandırılmaktadır. Yavru balığın dışarı çıkabilmesi için anne vücudunu terk etmeden önce vitellüs kesesini absorbe etmiş, yüzmeye hazır duruma gelmiş olması gerekir. Bu üreme şeklinde yavrular için en büyük tehlike ebeveynler dahil diğer balıklar tarafından avlanabilmeleridir. Bu nedenle üreme zamanı birtakım önlemler alınması gerekmektedir (Geldiay, 1985; Alpbaz, 1993; Pandian ve Sheela, 1995). Bu tedbirler kapsamında yavruların bulunduğu ortama saklanma imkanı veren materyallerin yerleştirilmesi veya akvaryum içerisinde yavruluk kullanımı ile sağlanabilir.

Türler arasındaki eşey ayırımı gonopodiumları nedeni ile kolaydır. Bu organ, anal yüzgecin 3. 4. ve 5. ışınlarının uzaması ile meydana gelmiş olup, erkek balıklarda kopulasyon organı görevi görmektedir. Genç balıklarda gonopodium bulunmamakla birlikte sistematik açıdan da büyük önemi vardır. Kaslı yapıda olan gonopodium, hareketli yapıda olup, spermalar bu organ vasıtası ile dişi balığın genital açıklığına ulaştırılır ve yine gonopodiumun baskısı ile yumurta kanalına kadar itilirler. Spermalar, bir paketçik içinde yumurta kanalına ulaştığında, bu paket parçalanır ve serbest kalan spermaların bir kısmı, kanaldaki yumurtaları döller. Bu nedenle, bir kez çiftleştikten sonra birbiri ardı sıra birkaç döl alınmış olur. Balığın karın boşluğunda döllenen yumurtalar yine karın boşluğunda açılırlar ve bir süre sonra teker teker dışarı atılırlar. Dişi balıkta yumurtalar döllendikten ortalama 28 gün sonra yavruların doğumu gerçekleşir ve dişi bireyler aylık periyotlar halinde yumurtlamaya devam eder. Dişi, tek seferde almış olduğu spermleri 3-4 kez kullanabilmektedir. İlk kez doğum yapan dişi bireyden 2-15 adet yavru elde edilebilir (Pandian ve Sheela, 1995).

Lepistes balıklarında doğduktan 60 gün sonra cinsiyetin belirlenebileceği, erkeklerde 60. günden itibaren anal yüzgecin şekil değiştirerek gonopodium şeklinde farklılaştığı ve vücut renginin oluşmaya başladığı, 90. günden sonra erkeklerde büyüme oranının yavaşladığı veya hemen hemen durduğu, dişilerde ise devam ettiği birçok çalışmada belirtilmektedir (Houde, 1997; Nakajima ve Taniguchi, 2002). Bununla birlikte lepisteslerde ender olarak cinsiyet değiştirme gözlenebilmektedir. Olgunluk döneminde dişi bireyin anal yüzgeci gonopodiuma dönüşerek erkeğe özgü renklenme ile dönüşüm süreci tamamlanmaktadır. Bu şekilde oluşan erkek bireyler normal erkeklere oranla daha iri cüsseli olmakta, fakat fonksiyonel cinsiyet özelliklerinde eksiklik görülebilmektedir. Testislerdeki aktivitede herhangi bir sınırlandırma olmadığından olgun erkek bireylerde dişi dönüşümüne rastlanmamaktadır (Gratzek, 1992).

2.4.4. Akvakültür Özellikleri

Omnivor balıklardan olan lepistesler, su yosunları ve çeşitli bitkisel besinler ile birlikte sivrisinek larvaları gibi canlı yemleri de severek tüketmektedir. Dişli olmalarına karşın çoğu diğer balıklar ile bir arada yaşayabildikleri bilinmektedir (Hekimoğlu, 1997; Şahin, 1999).

Yetiştiricilik ve akvaryum koşullarında ortalama 21-25 °C'de rahatlıkla yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilirler. Ancak üretim sırasında su sıcaklığının 24-26 °C arasında olması tercih

edilmektedir. Akvaryum sıcaklığı arttıkça gebelik süresi kısalır. Yılın soğuk aylarında üreme ve gelişmede yavaşlama görülebilir. Başarılı bir yetiştiricilik için suyun sıcaklığının 26±1 ℃ ve pH'nın 7.0-8.0, sertliğin orta derecede (10dH) ve su sirkülasyonunun devamlı olması gerekir (Dawes, 1991; Dzikowski ve ark, 2001).

2.4.5. Lepisteslerde Üreme Üzerine Yapılan Çalışmalar

Lepistesler omnivor balıklardır. Tükettikleri besinin protein seviyesi % 30 ile % 40 arasında olduğu durumda, lepistes balıklarında düşük yem tüketim oranı ve hızlı gonad gelişimi sağlandığı bildirilmiştir (Shim ve Chua, 1986). Benzer sonuçlar, diğer canlı doğuranlardan kılıçkuyruk balıkları (*Xiphophorus helleri*) için de belirtilmiştir (Chong ve ark, 2004).

Balıklarda büyümeye, gonad gelişimine ve üremeye birçok faktörün etki ettiği bilinmektedir. Dişi balığın, yumurta gelişimi ve yumurtlaması ya da doğurması için gerekli miktarda protein, yağ, vitamin ve çeşitli mineralleri alması gerekmektedir. Yumurta sarısı, protein-mineral karışımı ve yağdan oluşmaktadır. Embriyodaki folikül oluşumu için de yine protein gerekmektedir. Bu besin maddelerinden birinin eksikliği bile larvanın yaşama oranının düşmesine sebep olabilmektedir (James ve Sampath, 2002).

Yapılan literatür taramasında akvaryum balıklarının yetiştiriciliğinde kullanılan farklı rasyonlar ve canlı yemlerle ilgili çeşitli araştırmalar görülmüş, Padhan ve ark (1995), lepisteslerin beslenmeleri ile yavru verimi arasındaki ilişkiyi incelemişler ve lepistesleri iki ayrı gruba ayırarak birinci grubu zooplanktonla, diğer grubu ise piyasada satılan ticari yemlerle beslemişlerdir. Bu grupları da doğadan alınan anaçlarla karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda doğadan alınan anaçlarda diseksiyon sonucu 36±13 adet, zooplankton ile beslenen anaçlarda 33±14 adet, ticari yemle beslenen anaçlarda 10±5 adet yavru elde edilmiştir. Planktonla beslenen anaçlardan elde edilen yavruların daha yüksek yaşama oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, doğal yemlerle beslenen anaçların daha fazla sayıda yavru verdiğini ve bu anaçlardan doğan yavruların daha hızlı gelişerek erken yaşta cinsel olgunluğa eriştikleri gözlemlenmiştir.

Karaçuha ve Aral (2008), lepistes balıklarının (*P. reticulata*) büyüme ve üreme özellikleri üzerine 5 farklı yemin (artemia, su piresi, artemia + akvaryum balık yemi, su piresi + akvaryum balık yemi, akvaryum balık yemi) etkilerini araştırmıştır. 12 hafta süren çalışmada gruplar arasında, en iyi büyüme (ağırlık, boy, spesifik büyüme oranı) ve üreme performansını artemia ilaveli akvaryum balık yemi ile beslenen balıklarda tespit etmiştir. Ayrıca yavru verimi ile anaç balıkların boy ve ağırlıkları arasında güçlü ilişki bulunmuştur. Çalışmanın ikinci aşamasında ergin lepistesler 90 gün boyunca 7 farklı yem ile beslenmiştir. Gruplara göre en yüksek yavru verimi kan kurdu ile beslenen (684 adet) grupta tespit edilmiştir. Deneme sonu gonad ağırlığı en yüksek (0.493 g), kan kurdu ile beslenen grupta ölçülmüştür. Deneme sonunda ortalama GSI değeri (30.17), en yüksek kan kurdu ile beslenen grupta tespit edilmiştir. Denemede canlı yem katkılı akvaryum balık yemi ile beslenen anaç lepisteslerde toplam yavru sayısında artış olduğu saptanmış ve en fazla yavru veriminin akvaryum

balık yemi + artemia grubunda, GSI bakımında da en yüksek oranın yine akvaryum balık yemi + artemia grubunda olduğunu rapor etmiştir. Sonuç olarak yaptığımız çalışmada ticari böcek ürünlerinin balıklar için herhangi bir sağlık riski taşımadığı, tam tersine balığın büyümesini, gelişmesini ve yavru verimini teşvik ettiği bulunmuştur.

Dahlgren (1980a), kurutulmuş tubifex ile beslenen, farklı stok yoğunluğunda oluşturulmuş lepistes gruplarının üreme performansları üzerindeki etkilerinin incelendiği araştırmada iki deneme grubu oluşturmuş, 1. deneme grubu 22 dişi: 10 erkek, 11 dişi: 5 erkek olacak şekilde, üzeri siyah örtü ile kaplanmış akvaryumlara yerleştirmiş, 2. deneme grubu ise 44 dişi: 20 erkek, 22 dişi: 10 erkek ve 11 dişi: 5 erkek olacak şekilde oluşturmuştur. Farklı populasyon yoğunluklarındaki gruplarda dişi lepistes balıklarının boy ve ağırlıkları arasındaki farkın önemsiz olduğu, bu durumun ovaryum boyu, eni, yüksekliği ve hacmi arasında da aynı olduğu belirlenmiştir. GSI değerlerinin yüksek yoğunluklu olan deneme grubunda daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir. Ayrıca her bir deneme grubunda toplam vücut ağırlığı ve ovaryum hacmi arasında doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu doğrusal ilişkinin gonad ağırlığı ile toplam vücut ağırlığı arasında da bulunduğu bildirilmiştir.

Dahlgren (1980b), yaptığı çalışmada, lepistes anaçlarını % 47, % 31, % 15 protein içeren diyetlerle beslemiş ve üreme performans değişikliklerini incelemiştir. Protein oranı % 47 ve % 31 olan yemlerle beslenen gruplarda % 15 proteinli yemle beslenen gruba göre daha fazla ağırlık artışı elde edilmiştir. Dişilerin ovaryum boyu, eni ve ağırlığı bakımından, % 47 protein seviyesinde beslenenler ile % 15 proteinli yemle beslenen grup arasındaki fark önemli bulunmuştur. Tüm gruplardaki dişilerin toplam vücut ağırlığı ile gonad ağırlığı arasında doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır.

Dahlgren (1981), farklı protein değerlerine sahip besinlerin dişi lepistes balıklarının üreme verimliliği üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında, 2 deneme grubu oluşturarak, 1. deneme grubunda % 72, % 53, % 15 protein oranına sahip ticari besi yemi kullanmış, 2. deneme grubunda ise proteince zenginleştirilmiş % 72, % 42, % 23 protein oranlarına sahip besi yemi hazırlamıştır. Deneme sonunda, bir dişi balığın verimliliği üzerinde % 72 protein ile beslenen grup ile % 53, % 23 ve % 15 protein ile beslenen gruplar arasındaki farkın önemli olduğunu belirtmiştir. % 72 içerikli zenginleştirilmiş protein içeren yemle yapılan besleme sonucunda ise dişi balıkların toplam vücut ağırlığı, ovaryum boyu, eni, yüksekliği, gonad hacmi ve ağırlığı bakımından, % 23 ve % 15 protein ile beslenen gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirtilmiş ve ortalama gonadosomatik indeks oranının yüksek protein içeren besinler ile beslenenlerde artış gösterdiği rapor edilmiştir.

Yılmaz (1998), altı farklı yemin kullanıldığı (dalaklı yem, dalaklı yem+fitoplankton, su piresi kurusu, su piresi kurusu+fitoplankton, alabalık yemi, alabalık yemi+fitoplankton) lepistes balıklarının büyüme, yavru verimi ve pigmentasyonu üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında, en yüksek spesifik büyüme ve ağırlık artış değerlerinin dalakla beslenen grupta olduğunu belirlemiş, en yüksek yavru verimi ve pigmentasyon değerlerini ise dalaklı yem + fitoplankton ile beslenen grupta tespit etmiştir.

James ve Sampath (2004), kılıçkuyruk (*X. helleri*) balığında yem tüketimi ve kullanımı, ovaryum ağırlığı ve verimliliği üzerindeki etkilerini 235 gün boyunca inceledikleri araştırmada, 30 günlük yavru balıkları (0.05±0.001 g; 16.84±1.59 mm) artemia, toprak solucanı, dana ciğeri, ticari yem ve karışık yem ile beslemişlerdir. Deneme sonunda, ortalama boy ve ağırlık artışı karışık yem ve artemia ile beslenen gruplarda diğer yemlerle beslenen gruplara oranla daha yüksek bulmuşlardır. En yüksek yem tüketim oranı 143 mg/g/gün ile en düşük yem değerlendirme oranı 13 mg/g/gün ticari yemle beslenen grupta gözlenmiş, artemia, solucan, dana ciğeri veya karışık diyetlerle beslenenler sırasıyla 46, 56, 89 ve 84 mg/g/gün tüketmişler ve 16, 18, 21 ve 24 mg/g/gün et verimi sağlamışlardır. Balıklar üreme olgunluğuna ulaştıklarında yem dönüşüm oranında da keskin bir düşüş gözlenmiştir. Kullanılan yem çeşidine bağlı olmaksızın çalışmanın 42. gününde gonad gelişimi gözlenmiş, 84. gününde solucan ile beslenen grupta 16 mg, artemia ile beslenenlerde 25 mg, karaciğer ile beslenenlerde 31 mg, hazır yem ile beslenenlerde 86 mg ve karışık diyet ile beslenen grupta 145 mg olarak ölçülmüştür. Yavru verimi bakımından karışık yem, artemia ve dana ciğeri ile beslenen gruplatda 4 defa gerçekleşen yavrulamada sırasıyla 753, 612 ve 509 adet, toprak solucanı ve ticari yem ile beslenen gruplarda 3 defa gerçekleşen yavrulamada 315 ve 155 adet yavru elde edilmiştir.

Ling ve ark (2006a), kılıçkuyruk (*X. helleri*) balıklarının büyüme ve üreme performansları üzerine farklı protein ve yağ seviyelerinin etkisini araştırmışlardır. Deneme yemi için iki farklı protein (% 20 ve % 30) ile dört farklı yağ seviyesi (% 8, % 12, % 16, % 20) belirleyerek bu yağ oranlarını her bir protein seviyesinde (% 20P-8Y, % 20P-12Y, % 20P-16Y, % 20P-20Y ve % 30P-8Y, % 30P-12Y, % 30P-16Y, % 30P-20Y) düzenleyerek yem hazırlamışlardır. Deneme sonunda, yağ seviyelerinin balıkların büyüme parametreleri üzerinde etkisinin olmadığını, protein seviyelerinin ise balıkların deneme sonu ağırlığına, bireysel canlı ağırlık artışına ve spesifik büyüme oranları ile GSI ve HSI oranı üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir. Verimlilik açısından, % 20P-8Y içeren yem grubunda düşük yavru üretimi gözlenirken, % 30P-12Y ve % 30P-16Y içeren yem gruplarında yüksek yavru üretiminin olduğunu belirlemişlerdir. Araştırma sonunda, dişi kılıçkuyruk balıklarının optimum büyüme ve üreme performansları için yemlerin % 30 protein ve % 12 yağ içermesi gerektiği bildirilmiştir.

Kılıçkuyruk balıkları ile yapılan diğer bir çalışmada 3 farklı yağ içeriğine sahip (% 100 Kalamar yağı, % 50 keten tohumu yağı-% 50 kalamar yağı, % 100 keten tohumu yağı) besleme grubu oluşturulmuş ve doymamış yağ asitlerinin rasyonda farklı oranlarda kullanılmasının büyüme ve üreme üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırmada kullanılan yemlerin HUFA içerikleri; ARA (20:4n-6), DHA (22:6n-3), EPA (20:5n-3) sırasıyla 1. rasyonda % 1.5-15-12.9, 2. rasyonda % 0.9-10.8-9.1, 3. rasyonda % 0.3-4.6-4.2, olarak hazırlanmıştır. Toplamda 26 hafta süren çalışma sonunda, en yüksek ağırlık artışı, 2.30 g, 2.37 g, 2.26 g, GSI, % 11.12, % 9.79, % 11.86 ve balık başına düşen toplam yavru sayısı üç rasyon grubunda sırasıyla, 17, 25, 17 adet olarak tespit edilmiştir (Ling ve ark, 2006b).

Mehrad ve Sudagar (2010), yaptıkları çalışmada diyete eklenen E vitamininin, lepisteslerde büyüme, üreme performansı, cinsiyet oranı ve hayatta kalma oranı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma kapsamında yemlere 0, 100, 300, 500, 1000 mg/kg^{-1} E vitamini eklenmiş ve en yüksek ağırlık artışı, spesifik büyüme ve üreme 1000 mg/kg^{-1} E vitamini içeren grupta tespit edilmiştir. Besleme grupları arasında yaşama oranı ve cinsiyet oranı açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Popüler akvaryum balıklarından olan kılıçkuyruk diyetinde değişik protein oranlarının üreme üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırmada % 20, % 30, % 40, % 50 ve % 60 diyet proteini içeren beş izokalorik yarı saflaştırılmış diyet kullanılmıştır. Anaçların performansı, büyüme parametreleri, biyokimyasal içerikleri ve yavru verimine göre değerlendirilmiştir. Sonuçlar, % 20 ve % 30 protein içeren yem ile beslenen grupların en düşük spesifik büyüme oranına sahip olduğunu, % 40 ve % 60 protein içeren yem ile beslenen grupların arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. % 20 protein içeren yem ile beslenen gruptaki dişilerin ovaryum kaslarındaki protein oranı da düşük çıkmıştır. Yavru verimi en yüksek % 50 ve % 60 proteinle beslenen dişilerde, ardından % 30 ve % 40 protein ile beslenen gruplarda ve en az % 20 protein içeren diyet ile beslenen grupta tespit edilmiştir. Yavru verimi ile anaç ağırlığı arasında önemli bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen verilere göre kılıçkuyruk anaçlarının beslenmesinde kullanılacak olan yemlerin minimum % 30 seviyesinde olması önerilmektedir (Chong ve ark, 2004).

Kılıçkuyruk balığında yemleme sıklığının (3 günde 1, 2 günde 1, günde 1, günde 2, günde 3 öğün olacak şekilde) büyüme, gonad ağırlığı ve yavru verimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ortalama boyları 13.10±0.61 mm, ağırlıkları 0.04±0.01 g olan 30 günlük yavruların kullanıldığı çalışmada 5 grup oluşturmuş ve 210 gün boyunca beslenmiştir. Canlı ağırlığı besleme sıklığı fazla olan grupta çalışma boyunca daha yüksek bulunmuş, besleme sıklığı azaldıkça canlı ağırlığı da düşüş göstermiştir. Büyüme oranı, üreme başlayana kadar yüksek seyretmiş ancak üreme başladığında önemli ölçüde azalma göstermiştir. Gonad ağırlığı ve GSI, öğün sıklığındaki artışla ve çalışma ilerledikçe artış göstermiştir. Günde 1,2,3 öğün beslenen balıklar 42. günde gonad geliştirmeye başlamış ve 70. günde üreme aşamasına ulaşmıştır. 2 günde 1 ve 3 günde 1 beslenen balıklar sırasıyla 70 ve 98. günlerde gonad geliştirmeye başlamış ve sırasıyla 98 ve 112. günlerde üreme aşamasına ulaşmıştır. Öğün sıklığındaki azalma ile birlikte yavrulama sıklığını ve doğurganlık önemli ölçüde azalma göstermiştir. Günde 3 öğün beslenen balıklar en yüksek sayıda yavru üretmiş (704 adet), öğün sıklığına göre diğer gruplar sırasıyla 450, 372, 70 ve 8 yavru üretmiştir. Yine öğün sıklığına göre gruplar sırasıyla dört, üç, üç, iki ve bir kez doğum yapmıştır. Mevcut çalışmaya göre, bir kültür sisteminde *X. helleri*'nin büyümesi ve üremesi için günde üç öğün yemlemenin optimum olduğu belirtilmektedir (James and Sampath, 2003).

Artemia kan kurdu ve toprak solucanının kılıçkuyruk yavrularının yaşama oranı ve büyüme üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada 6 hafta boyunca günde 3 defa *ad libitium* besleme yapılmıştır. Ağırlık artışı artemia ile beslenen grupta (% 240.82), kan kurdu (% 187.60) ve (%

111.41) toprak solucanı ile beslenen gruplara göre daha yüksek bulunmuştur. Boy artışı artemia, kan kurdu ve toprak solucanı ile beslenen gruplarda sırasıyla 0.61, 0.60, 0.45 cm olarak ölçülmüştür. Spesifik büyüme oranı açısından da artemia ile beslenen grup (% 10.10/gün), kan kurdu (% 6.00/gün) ve toprak solucanı (% 3.13/gün) ile beslenen gruplara göre daha yüksek değerdedir. Yaşama oranları artemia kan kurdu ve toprak solucanı ile besleme yapılan gruplarda sırasıyla % 100, % 90 ve % 60 olarak belirlenmiştir. Ayrıca pigmentasyon açısından da en iyi performansı artemia ile beslenen yavrular göstermiştir. Elde edilen veriler ışığında büyüme, ağırlık kazancı, yaşama oranı, renklenme ve yüzme davranışı açışından artemianın kılıçkuyruk yavrularının beslenmesi için mükemmel bir besin olduğu sonucuna varılmaktadır (Anjur, 2017).

Güney Asya'da lepistes yetiştiriciliğinde kullanılan yemlerin, dişilerin büyüme ve üreme performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği çalışmada protein ve lipid oranları farklı (diyet-1: % 18.26-% 4.17; diyet-2: % 18.26-% 4.55; diyet-3: % 43.60-% 9.47) yemler kullanılmıştır. Büyüme ve üreme performansı, büyüme parametreleri, gonad gelişimi ve yavru üretimine göre değerlendirilmiştir. Diyet-3 ile beslenen lepisteslerin diğer iki gruba kıyasla önemli ölçüde daha yüksek spesifik büyüme oranına sahip olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Diyet-3 ile beslenen lepisteslerin ovaryum ağırlığı ve ovaryum hacmi, diyet 1 ve 2 ile beslenenlerden önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur (P<0.05). Yavru verimi diyet-1, diyet-2 ve diyet-3 ile beslenen balıklar için sırasıyla 4.28, 7.98 ve 18.44 olarak tespit edilmiştir. Yavru sayısı ve yaşama oranları diyet-3 ile beslenen lepisteslerde önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur (P<0.05). Dişi lepisteslerde daha iyi büyüme ve üreme performansı sağlayan diyetin, diğer diyetlere kıyasla önerilen seviyelerde protein ve lipid içerdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, lepistes anaçlarının beslenmesinde kullanılan yemlerin yeterli ve dengeli olmasının üreme performansında pozitif etki göstereceği belirlenmiştir (Kithsiri ve ark, 2010).

Anaç moli balıklarının (*Poecilia sphenops*), yapılan çalışmada; protein içeriği farklı dört diyet (D1:% 25.5, D2:% 26.35, D3:% 27.8 ve D4:% 28.8) oluşturulmuş ve canlılar bu diyetlerle 100 gün boyunca beslenmişlerdir. Gruplarda, büyüme parametreleri, gonad gelişimi ve yavru verimi incelenmiştir. En yüksek protein içeriğine sahip D4 diyeti ile beslenen balıklar önemli ölçüde daha yüksek ağırlık artışı ve spesifik büyüme oranı (% 1.29, % 1.74, % 1.88 ve % 2.10) ve önemli ölçüde daha düşük FCR (2.60, 2.14, 1.98 ve 1.62) değerleri tespit edilmiştir (P<0.05). Ayrıca D4 diyeti ile beslenen anaçların ovaryum ağırlığı, ovaryum hacmi, doğurganlık ve gonadosomatik indeksi (154.57, 159.69, 174.38 ve 212.15) diğer diyet gruplarına kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur (P<0.05). Üretilen yavru sayısı (49.39, 68.04, 74.90 ve 108.12) ve hayatta kalma oranları (% 83.69, % 84.85, % 88.69 ve % 93.38) da D4 ile beslenen balıklarda diğer üç gruba kıyasla önemli ölçüde (P<0.05) daha yüksektir. Dolayısıyla, % 28.8 proteinin içeriğine sahip yemlerin anaç moli balıklarında büyüme ve üreme performansı için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır (Pandey ve ark, 2016).

Çalışmada, lepisteslere verilen beş farklı yemin, dişilerin büyüme ve üreme performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Diyet I, II, III, IV ve V olarak adlandırılan yemler sırasıyla pul yem, kan kurdu, çekirge, gergedan böceği ve un kurdundan oluşmuştur. Büyüme ve üreme performansı, büyüme parametreleri, gonad gelişimi ve yavru verimi değerleri incelenmiştir. Diyet II, IV ve V ile beslenen balıklar diğer gruplara kıyasla daha yüksek spesifik büyüme oranı sergilemiştir. Diyet II ile beslenen lepisteslerde ovaryum ağırlığının, diyet I, III, IV ve V ile beslenenlerden önemli ölçüde (P<0.05) daha yüksek olduğu görülmüştür. Elde edilen yavru sayıları, diyet I, II, III, IV ve V ile beslenen balıklar için sırasıyla ortalama 35.5, 58.8, 30.8, 50.2 ve 48.1 adet olarak belirlenmiştir. Gruplar arasında, diyet II ile beslenen balıklar en yüksek ortalama gonad ağırlığı ve GSI elde etmiştir. Bu çalışma, kurutulmuş böceklerin ticari lepistes yetiştiriciliği için güvenilir bir besin kaynağı olduğunu ve balıkların üreme performansını artırdığını göstermiştir (Adil ve ark, 2014).

Lepistesin üreme biyolojisinin araştırıldığı bir çalışmada; anaç 12 dişinin yumurta ağırlığı 0.60±0.04 g (0.54-0.68 g) ve ortalama yumurta çapı: 1.02±0.08 mm (0.9-1.2 mm) olarak belirlenmiştir. Çeşitli vücut büyüklüklerinde (0.54-0.68 g) toplam doğurganlığın 22-52 olduğu, vücut ağırlığı başına tahmini ortalama doğurganlığın ise 63±13.45 (40-89) olduğu görülmüştür. Sonuçlar, yavru veriminin balığın vücut ağırlığı ile doğru orantılı olduğunu, yani vücut ağırlığındaki artışla birlikte yavru verimininde arttığını göstermektedir. Doğum başına yavru sayısının 12-60 arasında değiştiği ve sayının dişinin büyüklüğüne göre de değiştiği bulunmuştur. Beslenme dengesi, su durumu veya yetiştirme prosedüründeki farklılıkların bu değişimin nedeni olabileceği düşünülmektedir (Shahjahan ve ark. 2014).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu tez kapsamındaki çalışmalar Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi'ne ait olan Dr. Nazmi TEKELİOĞLU Tatlı Su Ürünleri Araştırma İstasyonu'nda yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan, kırmızı kıskaçlı kerevit (*Cherax quadricarinatus*) ve lepistes (*Poecilia reticulata*) anaçları araştırma istasyonunda bulunan mevcut stoklardan temin edilmiş, kırmızı toprak solucanının (*Eisenia fetida*) ise çalışma süresince üretimi yapılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Solucanlar İçin Genel Yetiştiricilik İşlemleri

Tesiste boyutları 0.75x1.1x0.3 m olan, 7 adet dikdörtgen siyah plastik (PE) tanklar içerisinde araştırma boyunca yetiştirdiğimiz kırmızı toprak solucanlarının beslenmelerinde, % 50 fermente edilmiş inek gübresi + % 25 saman + % 25 çay posası (kompost) kullanılmıştır. Solucanlar günlük olarak hasat edilerek bir kısmı doğrudan, bir kısmı besince zenginleştirmeye tabi tutulduktan sonra, bir kısmı da dondurulup çözüldükten sonra canlı beslemede kullanılmıştır. Solucan üretiminin yapıldığı ortamın sıcaklığı klima yardımı ile 26±1 °C, kompostun pH'sı 7.1-7.3 ve nem oranı % 75-80 arasında olacak şekilde düzenlenmiştir.

Çalışmanın planlanmasından sonra solucan üretimi için gerekli olan fermente inek gübresi Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Hayvancılık İşletmesi'nden temin edilerek kapalı bir ortamda depolanmıştır. Gübre, solucan üretimi için uygun hale gelmesi için haftada 3 defa nemlendirilerek karıştırılmış ve içerisinde bulunan taş ve yabancı cisimlerden arındırılmıştır. Kompost için gerekli olan saman ise Ziraat Fakültesi'ne ait buğday ekimi yapılan araziden toplanmış ve haftada 3 defa sulanarak çürümesi sağlanmıştır. Yine kompost üretiminde kullanılacak olan çay posaları belirli lokasyonlardan düzenli olarak toplanarak depolanmıştır. Kompost bileşenlerinin tamamlanmasının ardından gerekli karışım oluşturulmuş, solucan üretim sistemi kurularak araştırma istasyonunda bulunan ve satın alınan solucanlar bu sisteme yerleştirilmiş, solucanların üretimi ve büyümesi sağlanmıştır. Yetişkin hale gelen solucanların bir kısmı, dondurulmuş solucan ile beslenecek kerevit grubuna verilmek üzere hasat edildikten sonra temizlenerek dondurulmuştur.

Hasat: Solucanların bulunduğu kaplar haftada iki defa nemlendirilmiş ve haftada bir defa besleme yapılmıştır. Hasat işlemi ihtiyaca göre farklı yataklardan, günlük olarak, besleme yapılan bölgede yoğunlaşan solucanların toplanarak ayıklanması şeklinde yapılmıştır. Yetişkin solucanların hasat edilmesinden sonra, kalan kompost ve yavru solucan karışımı yeniden hasatın yapıldığı bölmeye serilerek nemlendirme yapılmıştır.

Zenginleştirme: Yetişkin haldeki diğer solucanlarda ise 100 g yatak (vermikompost) + 100 g kompost + 300 adet solucan + 10 g balık yağı ile 24 saat sürede zenginleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. (Kumlu ve ark, 2018) (Şekil 3.1). Hasat edilen solucanlar her öğün için 80 adet

olacak şekilde zenginleştirilmiş ve 40 adeti canlı olarak kullanılmış 40 adeti ise kilitli poşete konularak dondurulmuştur. Bu yöntemle zenginleştirilmiş canlı ve zenginleştirilmiş dondurulmuş solucanlar homojen olarak zenginleştirilmiştir. Zenginleştirme, 26 °C'de tamamen karanlık ve % 75-80 neme sahip ortamda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Kerevit (*C. quadricarinatus*) ve Lepistes (*P. reticulata*) beslemede kullanılan Kırmızı Kaliforniya Toprak Solucanı (*E. fetida*).

3.2.2. Kerevitler İçin Genel Yetiştiricilik İşlemleri

Bu deneme farklı şekillerde muamele edilen (HUFA'larca zenginleştirilmiş/zenginleştirilmemiş, canlı veya dondurulmuş) toprak solucanlarının yem olarak kullanımının kerevit anaçlarının olgunlaştırılması ve yumurtlatılması üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla tasarlanmıştır. Denemede, çalışmanın başlamasından 2 ay önce cinsiyetlerine göre ayrılarak stoklanan, ortalama 40-50 g ağırlığında anaç bireyler kullanılmıştır. Her grup tesadüfi olarak seçilen 16 adet dişi ve 8 adet erkek bireyden oluşturulmuştur. Denemede çapı 2 m, derinliği 65 cm, su derinliği 35 cm olan siyah renkli, dairesel polyester tanklar kullanılmıştır. Her tankın içerisine kerevitlerin saklanabilmesi için 39x20x19 cm ölçülerinde, 6x5x19 cm göz açıklığına sahip dikdörtgen prizma şeklinde 4'er adet tuğla yerleştirilmiştir. Resirkülasyon amacı ile tanklardan çıkan su, çapı 1 m derinliği 63 cm olan ve delikli tuğlalar yardımı ile üç bölüme ayrılmış olan filtrasyon tankına yönlendirilmiştir. Burada su, öncelikle pamuk ve elyaftan oluşan bölmede mekanik filtrasyonu tamamlamış, sonrasında ise içerisi biyoball ve hava taşlarının bulunduğu bölmede biyolojik filtrasyon işlemini tamamlandıktan sonra 1 HP gücündeki santrifüj pompa aracılığıyla deneme tanklarına pompalanmıştır. Filtrasyonun gerçekleştiği tankın üzeri polietilen siyah örtü ile örtülerek meydana gelebilecek alg patlamalarının da önüne geçilmiştir. Tanklarda su döngüsü % 500 olarak ayarlanmış ve günlük eklenen taze su miktarı % 1-3 oranında değişmiştir. Çalışmanın yapıldığı sera sisteminin üzeri % 75'lik sera gölgeleme filesi ile örtülmüş olup tankların 2 m üzerine 2 x 36 w etanj armatür ile 14L:10D fotoperiyod uygulanmış, su sıcaklığı her tanka 2 adet olacak şekilde 300 W'lık ısıtıcılar kullanılarak 28±1 °C'ye ayarlanmıştır (Yeh ve Rouse, 1995).



Şekil 3.2. Kerevit denemesinde kullanılan Kırmızı Kıskaçlı Kerevit (*C. quadricarinatus*)



Şekil 3.3. Kerevit denemesinde kullanılan tanklar ve sump

Gruplar için besleme rejimleri aşağıda belirtildiği gibidir.

ZCS : Zenginleştirilmiş Canlı Solucan,

CS : Canlı Solucan,

KY : Pelet Yem,

ZDS : Zenginleştirilmiş Dondurulmuş Solucan,

DS : Dondurulmuş Solucan

Deneme kurulumunda kerevitler 0.01 g hassasiyette elektronik terazi (Precisa XB 3200C) kullanılarak bireysel olarak tartılmış ve karapaks boyları (post-orbital kenardan karapaksın sırttaki kenarına kadar) dijital kumpas ile ölçülmüştür.

Tanklar günlük olarak kabuk değişimi ve mortalite açısından kontrol edilmiştir. Dişi kerevitlerde haftada 1 defa yumurta kontrolü ve tartım yapılmıştır. Yumurtalı olduğu saptanan dişi maksimum 6 gün hata ile yumurtlamış olarak nitelendirilmiştir. Böylece birikimsel yumurtlama verileri haftalık olarak ifade edilmiştir. Yumurtlayan dişilerin abdomen altındaki yumurta kitlesinin fotoğrafları ve video görüntüleri kaydedildikten sonra bireysel olarak tartılmış ve sonrasında ise yumurta gelişimi takip edilmek üzere bireysel olarak hazırlanmış olan akvaryumlara alınmıştır.

Akvaryumlara yerleştirilen yumurtalı anaçlardan haftalık yumurta örneklemesi yapılarak, Leica M125 marka mikroskop altında incelenen yumurtalar Nikon D7100 fotoğraf makinesi ile fotoğraflanmış ve Fiji (imageJ 32-bit, 2009) bilgisayar programı yardımıyla ölçümleri yapılarak kaydedilmiştir. Yapılan ölçümler ile yumurta alanı (π x r1 x r3), hacmi bir elipsoid (4/3 x π x r1 x r2 x r3) formülü kullanılarak belirlenmiştir; burada r1, r2 ve r3 sırasıyla dorsal-ventral, ön-arka ve sağ-sol eksenlerin yarıçaplarıdır.

Deneme, anaç tanklarının hepsinin bağlandığı bir resirküle sistemde 16 hafta süreyle yürütülmüştür. Deneme süresince tanklardaki suyun ortalama çözünmüş oksijen seviyesi 5 ppm'in üzerinde, amonyum ve nitrit seviyeleri ise 0.5 ve 0.05 mg/L'nin altında ölçülmüştür. Kerevitler günde üç kez olacak şekilde (saat 06:00, 18:00 ve 00:00'de) belirlenen yemlerle *ad libitum* beslenmiştir. Tanklarda biriken dışkı ve yem atıkları haftalık anaç yumurta kontrolünden hemen sonra sifonlanmıştır. Tanklardaki su döngüsü en az % 500/gün olarak sürdürülmüştür. Her deneme tankı bir hava motorundan (blower) gelen, üç adet havataşı ile oksijenlendirilmiştir. Deneme süresince su sıcaklığı termostatlı ısıtıcılar ile 28 °C'de tutulmuş ve tankların üzerinde bulunan 2 adet 50 watt gücünde floresan lamba ile fotoperiyot 14L:10D şeklinde düzenlenmiştir. Akvaryum sisteminde (52x31x40 cm) her akvaryum içerisinde kerevitlerin saklanabileceği 75 mm 1 adet Te boru yerleştirilmiştir. Çalışma boyunca su kalite parametreleri bir adet oksijenmetre (YSI 60) bir adet pH-metre (Hanna, HI 9812-5) ve test kitleri ile düzenli olarak ölçülmüştür.

3.2.3. Lepistesler İçin Genel Yetiştiricilik İşlemleri

Bu deneme lepistes anaçlarının olgunlaştırılması ve yumurtlatılmasında besin içeriği zenginleştirilmiş/canlı/dondurulmuş toprak solucanlarının yem olarak kullanılabilme potansiyeli araştırılmıştır. Denemede ortalama 4-5 g ağırlığında anaç bireyler kullanılmış olup, her grup tesadüfi olarak seçilmiş 90 adet dişi ve 30 adet erkek bireyden oluşturulmuştur. Deneme kapsamında 450 adet dişi ve 150 adet erkek birey olmak üzere toplamda 600 adet anaç kullanılmıştır. Denemede cam malzemeden 64 L (52x31x40 cm) dikdörtgen akvaryumlar kullanılmıştır. Denemeye başlamadan önce her balık 0.01 g hassasiyette elektronik terazi ile bireysel olarak tartılmış, total boyları ise canlılar fotoğraflandıktan sonra Fiji (imageJ 32-bit, 2009) bilgisayar programı yardımıyla ölçümleri yapılarak kaydedilmiş, gruplar için besleme rejimleri aşağıda belirtildiği gibidir.

ZCS : Zenginleştirilmiş Canlı Solucan,
CS : Canlı Solucan,
KY : Pelet Yem,
ZDS : Zenginleştirilmiş Dondurulmuş Solucan,
DS : Dondurulmuş Solucan

Akvaryumlarda mortalite ve dişilerde yavru oluşumu günlük olarak kontrol edilmiştir. Yavrulaması muhtemel olan dişi bireyler, tartılmış ve fotoğraflanmış, daha sonra bireysel olarak içerisinde numaralandırılmış yavruluk olan akvaryumlara taşınarak yavrulamaları sağlanmıştır (Şekil 3.5). Elde edilen yavrular, bir miktar su ile birlikte numaralandırılmış falcon tüplerine konularak Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yetiştiricilik laboratuvarına getirilmiş, 30 adet yavru bireysel olarak fotoğraflanmış ve peçete yardımı ile kurulanarak tartımları yapılmıştır. Tartım sonrasında bu yavrular kilitli poşetlere konularak temel besin bileşenleri ve yağ asitleri analizleri için -20 °C'de bir derin dondurucuya yerleştirilmiştir. Deneme, akvaryumların tamamının bağlandığı resirküle sistemde yürütülmüştür. Sistem akvaryumlardan çıkan suyun mekanik ve biyolojik filtreden geçirildikten sonra tekrar kullanılması esası ile kurulmuştur. Deneme süresince akvaryumlardaki suyun ortalama çözünmüş oksijen seviyesi 5 ppm'in üzerinde, amonyum ve nitrit seviyeleri ise 0.5 ve 0.05 mg/L'nin altında ölçülmüştür. Lepistesler günde üç kez olacak şekilde (saat 06:00, 12:00 ve 18:00'de) belirlenen yemlerle *ad libitum* beslenmiştir. Akvaryumlarda biriken dışkı ve yem atıkları için günlük olarak sifonlama yapılmıştır. Akvaryumlardaki su döngüsü en az % 500/gün olarak sürdürülmüştür. Her deneme akvaryumu, içerisine bir hava motorundan (blower) gelen 1 adet havataşı ile sürekli olarak oksijenlendirilmiştir. Deneme süresince su sıcaklığı termostatlı ısıtıcılar ile 27 °C'de tutulmuş ve akvaryumlar üzerinde konumlandırılmış 50 watt gücünde floresan lambalar ile fotoperiyot 14L:10D şeklinde düzenlenmiştir. Çalışma boyunca su kalite parametreleri oksijenmetre, (YSI 60) pH-metre (Hanna, HI 9812-5) ve test kitleri ile düzenli olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.4. Lepistes denemesinde kullanılan dişi (solda) ve erkek (sağda) lepistes (*P. reticulata*)



Şekil 3.5. Lepistes denemesinde kullanılan akvaryum ve yavruluklar

Hepatosomatik İndeks Hesaplanması (HSI)

Deneme sonunda gruplardaki tüm dişiler 0.01 g hassasiyette elektronik terazi kullanılarak bireysel olarak tartılmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Karapaks uzunlukları, kumpas yardımıyla ölçüldükten sonra sefalotoraks içerisindeki hepatopankreaslar disekte edilmiş ve tartımları yapılmıştır. Hepatopankreaslardan bir kısım örnek alınarak yağ asitleri analizleri yapılmak üzere -20 °C'de dondurucuya yerleştirilmiştir.

Hepatosomatik indeks hesaplamada kullanılan standart formül aşağıda verilmiştir;

HSI = [HA / VA] *100

Bu eşitlikte;

HSI: Hepatosomatik indeks, VA: Vücut ağırlığı (g), HA: Hepatopankreas ağırlığı (g)'nı ifade etmektedir.

Gonadosomatik İndeks Hesaplanması (GSI)

Deneme sonunda gruplardaki tüm dişiler 0.01 g hassasiyette elektronik terazi kullanılarak bireysel olarak tartılmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Karapaks uzunlukları, kumpas yardımıyla ölçüldükten sonra sefalotoraks içerisindeki gonadlar disekte edilmiştir. Disekte edilen ovaryumlar milimetrik kağıt üzerinde fotoğraflanmış ve çıkartılan ıslak ovaryum kitlesi gonadosomatik indeks (GSI) hesaplamalarında kullanılmak üzere tartılarak kaydedilmiştir. Daha sonra gonadlar fikse edilerek doku takibi yapılmak üzere parafin içerisine gömülmüştür.

Gonadosomatik indeks hesaplamada kullanılan standart formül aşağıda verilmiştir;

GSI = [GA / VA] *100

Bu eşitlikte;

GSİ: Gonadosomatik indeks, VA: Vücut ağırlığı (g), GA: Gonad ağırlığı (g)'nı ifade etmektedir.

3.2.4. Temel Besin Bileşenleri Analizleri

Denemeler sonunda kerevit ve lepisteslerden ve canlıların beslenmesinde kullanılan yemlerden (canlı solucan, dondurulmuş solucan, canlı zenginleştirilmiş solucan, dondurulmuş zenginleştirilmiş solucan, pelet yem, pul yem) örnekler alınarak besin bileşenleri analizleri yapılmıştır. Alınan doku örnekleri analizler yapılıncaya kadar derin dondurucuda -20 °C'de saklanmış, analizler sırasında -20 °C'den alınan örnekler 4 °C'de çözdürüldükten sonra aşağıda açıklanan yöntemler kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Protein Analizi

AOAC (1990), yöntemine göre yapılmıştır. Kjeldahl tüplerine 0.5 g homojenize örnek, 1 adet katalizör tableti, 6 ml konsantre H_2SO_4 (% 94'lük) ve 1 ml % 30'luk H_2O_2 eklenmiştir. Yakma ünitesinde 420 ºC'de yaklaşık 2 saat örnekler yeşil-sarı saydam bir renk alıncaya kadar yakılmış ve yarım saat süre ile soğumaya bırakılmıştır. Soğuduktan sonra tüpe; 20 ml saf su, 20 ml % 4'lük borik asit, 40 ml % 40'lık NaOH eklenerek bir erlen içerisine 3 damla metil kırmızısı eklendikten sonra destilasyon aşamasına geçilmiştir. Destilasyon işlemine erlende 100 ml sıvı toplanıncaya kadar devam edilmiş, destilat 0.1 N HCl ile titre edilerek (%) protein miktarı hesaplanmıştır. Ham protein oranının (HPO) (%) hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{HPO (\%)} = \frac{[0.1\text{x}14\text{x}6.25\text{x}100\text{x} - [\text{Örneğin HCl sarfiyatı - kontrolün sarfiyatı}] / \text{örnek miktarı}]}{1000}$$

Lipit Analizi

Dokularda lipit analizi Bligh ve Dyer (1959)'in yöntemine göre yapılmıştır. Alınan 3 g örnek üzerine 120 ml methanol + kloroform karışımı (1:2 oranında) eklenerek blender yardımıyla karıştırılmıştır. Daha sonra bu örnekler üzerine % 0.4'lük $CaCl_2$ solüsyonundan 20 ml eklenerek bir süzme kağıdına (Schleicner ve Schuell, 595½ 185 mm) süzülen örnekler, 105 ºC'de 2 saat kurutma dolabında bekletilip darası alınmış olan balon jojelere süzdürülmüştür. Balonların ağızları parafilm ile kapatılarak 1 gece karanlık bir ortamda bekletilmiş, ertesi gün methanol + su'dan oluşan üst tabaka, bir ayırma hunisi yardımıyla atıldıktan sonra, balon içinde kalan solüsyondaki kloroform, rotary evaporatör kullanılarak uçurulmuştur. Daha sonra, balonlar etüvde 1 saat süreyle 90 ºC'de bekletilerek içerisindeki kloroformun tamamen uçması sağlanmış, desikatör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutulup 0.1 mg hassasiyetinde terazide tartılmıştır. Lipit oranının (LO) (%) hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{LO (\%)} = \frac{[(\text{Balon darası} + \text{Lipit}) - (\text{Balon darası})] \times 100}{\text{Örnek miktarı}}$$

Kuru Madde ve Ham Kül Analizleri

Bu analizler AOAC (1995)'ın yöntemine göre yapılmıştır. Kuru madde ve ham kül analizlerinde kullanılacak porselen krozeler ilk önce 103 ºC'de 2 saat süreyle etüvde kurutulup daha sonra desikatörde soğutularak darası alınmıştır. Krozeler içine homojenize edilmiş örnekten 3-3.5 g tartılmış ve 103 ºC'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş, daha sonra desikatörde soğumaya bırakılıp tekrar tartılarak kaydedilmiştir. Ham kül tayini için yine aynı örnekler yakma fırınına

yerleştirilerek 550 ºC'de yine sabit ağırlığa gelinceye kadar yakılmıştır. Desikatörde soğumaya bırakılıp son tartım yapılarak hesaplamalara geçilmiştir.

$$\text{Kuru madde (\%)} = \frac{[(\text{Dara} + \text{Kuru madde}) - \text{Dara}] \times 100}{\text{Örnek miktarı}}$$

$$\text{Ham kül (\%)} = \frac{[(\text{Dara} + \text{Ham kül}) - \text{Dara}] \times 100}{\text{Örnek miktarı}}$$

Yağ Asitleri Analizi

Lipit ekstraksiyonu Bligh ve Dyer (1959)'in yöntemine göre yapılmıştır. Evaporatör sıcaklığı maksimum 50 ºC, etüv sıcaklığı ise 60 ºC'yi geçmeyecek şekilde 30-60 dk bekletilmiş ve yağ miktarı hesaplanmıştır. Örneğin bulunduğu balon jojelere 2 ml heptan koyulup iyice çalkalandıktan sonra tüplere aktarılmış, üzerine 2 M'lik metanolik KOH'dan 4 ml eklenerek 4 ºC'de 4000 devirde 10 dk santrifüj edilmiştir. Daha sonra faz oluşumu için 1 gün buzdolabında bekletilip üstte oluşan fazdan otomatik pipetle 1 ml alınarak kahverengi GC tüplerine aktarılmıştır. Hesaplanan heptan miktarı alınarak üzerine eklenmiş ve vorteksle karıştırılmıştır. Daha sonra GC okumalarını yapana kadar GC tüplerinde bekletilmiştir.

Heptan miktarı = [(Balon jojedeki yağ miktarı) x 1000] / 50

Yağ asidi profilleri gaz kromatografisi (Agilent7820A-GC) ile belirlenmiştir. Analizlerde kapiler kolon (100 m x 0.25 mm x 0.2 µm film kalınlığı), taşıyıcı gaz olarak 1 ml/dk akış hızında helyum gazı kullanılmıştır. Dedektör olarak FID dedektörü kullanılmıştır. Örnekler GC'ye oto örnekleyici ile 1 µL olarak enjekte edilmiştir. Örneklerin GC analizindeki fırın sıcaklık programı; 120 °C'de 1 dk bekleme, 10 °C/dk'lik artışla 230 °C'ye çıkış ve bu sıcaklıkta 10 dk bekleme şeklinde gerçekleştirilmiştir. Analiz süresince dedektör sıcaklığı 280 °C, enjeksiyon portunun sıcaklığı ise 250 °C olacak şekilde ayarlanmıştır. Örneklerden elde edilen pikler, Sigma Chemical Company'den temin edilmiş olan standart piklerle karşılaştırılarak tanımlanmış ve yağ asitleri tanımlanan piklerin konsantrasyonları toplamında % olarak hesaplanmıştır.

3.2.5. İstatistiki Analizler

Tüm veriler için Saphiro-Wilk's normalite ve homojenite testleri yapılıp doğrulandıktan sonra, tek yönlü varyans analizi ile test edilmiştir. Gruplar arasında fark belirlenmesi halinde, Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Tüm istatistiki analizler R Studio (versiyon 4.1.3) programı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

4.1.1. Çevresel Parametreler

Deneme süresince tanklardaki su sıcaklığı en düşük 26 ℃, en yüksek 31 ℃ olmak üzere 16 haftalık deneme süresi boyunca ortalama 28 ℃±0.8 olarak ölçülmüştür. Deneme süresince suda çözünmüş oksijen değeri 5 mg/L üzeri ölçülmüş, amonyum ve nitrit seviyeleri ise 0.5 ve 0.05 mg/L'nin altında ölçülmüştür.

4.1.2. Deneme Yemleri

Denemede balık yağı ile zenginleştirilmiş canlı solucan, canlı solucan, kontrol yemi, zenginleştirilmiş dondurulmuş solucan ve dondurulmuş solucan yem olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yemlerin protein içerikleri yapılan analizler sonucunda canlı solucan (CS) ile donmuş solucanda (DS) % 10.08, zenginleştirilmiş canlı solucan (ZCS) ile zenginleştirilmiş donmuş solucanda (ZDS) % 10.13, kerevit kontrol yeminde (KKY) % 37.37 ve lepistes kontrol yeminde (LKY) % 47.04 olarak bulunmuştur. Denemelerde kullanılan yemlerin yağ içeriklerine göre en yüksek yağ LKY (% 11.38), KKY (% 6.28), ZDS (% 2.14), ZCS (% 1.79), DS (% 1.36) ve en düşük yağ oranı CS'da (% 1.30) belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

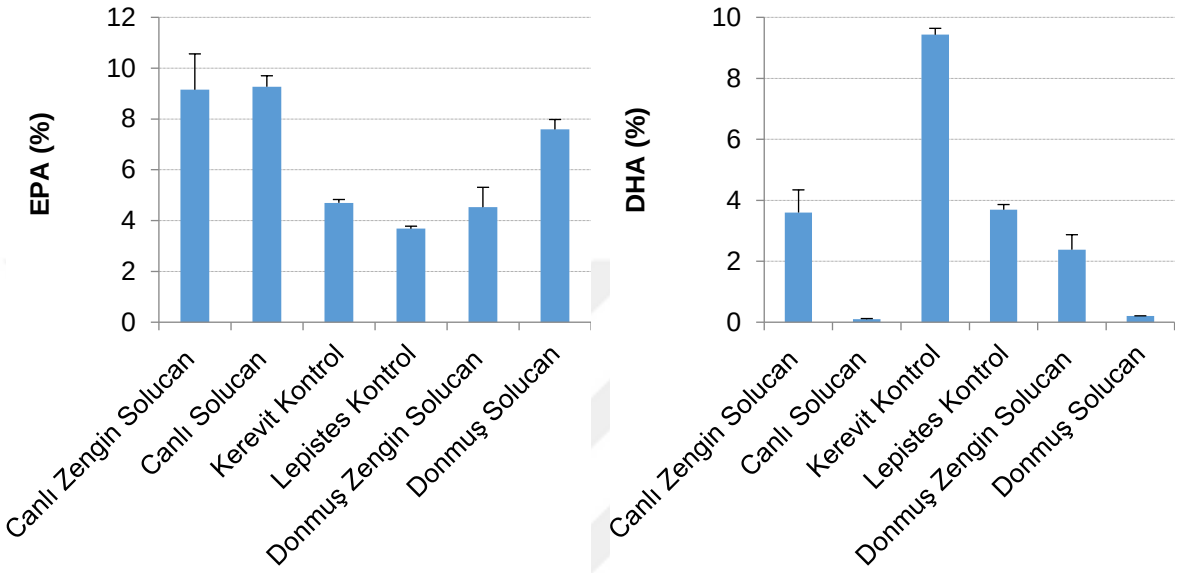
Çizelge 4.1. Kırmızı kıskaçlı kerevit (*Cherax quadricarinatus*) ve lepistes (*Poecilia reticulata*) anaçlarının beslenmesinde kullanılan yem yemlerinin biyokimyasal kompozisyon ve yağ asidi profilleri.

Deneme Yemleri	**ZCS**	**CS**	**ZDS**	**DS**	**KKY**	**LKY**
Biyokimyasal Kompozisyon (%)						
Protein	10,13	10,08	10,13	10,08	37,37	47,04
Lipit	1,79	1,30	2,14	1,36	6,28	11,38
Kuru Madde	17,70	16,05	15,68	15,95	93,26	93,73
Ham Kül	1,72	1,35	1,59	1,09	6,61	8,84
Yağ Asidi Profilleri (%)						
14:00	3,15	2,63	4,00	2,57	4,86	2,61
16:00	4,74	4,09	5,36	4,91	20,87	13,79
18:00	6,74	7,57	7,15	6,71	4,68	7,64
SFA	28,66	23,86	32,32	30,72	33,98	24,85
16:1n-7	2,41	1,11	0,60	0,41	0,24	0,20
18:1n-7	5,54	6,45	5,89	5,63	1,74	2,28
18:1n-9	3,40	2,87	3,70	2,50	14,12	24,59
MUFA	17,79	18,60	17,45	15,72	17,64	30,28
18:2n-6	5,07	7,00	4,78	5,06	20,57	20,20
18:3n-6	1,01	0,23	0,63	0,59	1,05	1,28
20:4n-6	0,65	0,64	0,49	0,62	0,37	0,45
n-6 PUFA[1]	2,26	3,05	2,10	2,46	5,43	5,65
n-6 LC-PUFA[2]	0,19	0,02	0,02	0,04	0,00	0,00
18:3n-3	4,06	5,91	3,14	4,64	0,46	3,20
20:5n-3	9,15	9,27	4,53	7,59	4,70	3,68
22:6n-3	3,60	0,10	2,38	0,21	9,43	3,69
n-3 PUFA[3]	4,39	4,59	2,70	3,73	3,19	2,67
n-3 LC-PUFA[4]	4,43	3,31	2,45	2,80	4,90	2,77
PUFA	31,83	36,26	24,42	29,87	42,42	37,38
LC-PUFA[5]	3,48	2,64	1,96	2,25	3,76	2,19

[1]n-6 PUFA: 18:2n-6, 20:2n-6, 20:3n-6, 20:4n-6.
[2]n-6 LC PUFA: 20:4n-6.
[3]n-3 PUFA: 18:3n-3, 20:3n-3, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3.
[4]n-3 LC PUFA: 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3.
[5]LC PUFA: 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3.

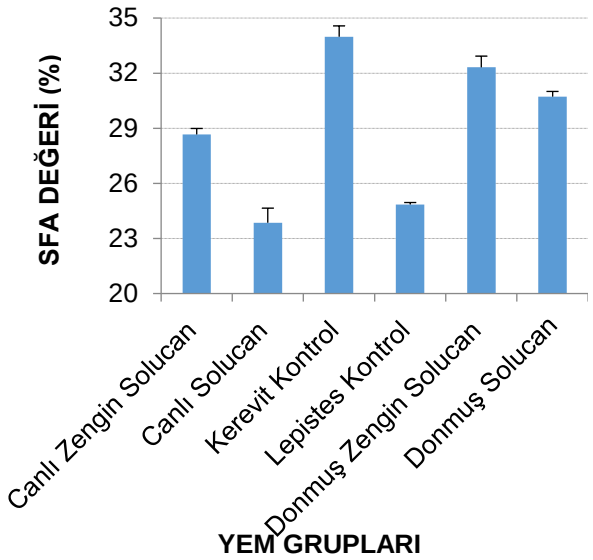
Denemede kullanılan yemlerin EPA (20:5n-3) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer canlı solucanda (9.27±0.43), en düşük değer lepistes kontrol yeminde (3.68±0.10) bulunmuştur (Şekil 4.1). EPA değerleri solucanlarda zenginleştirme işlemi ile herhangi değişikliğe uğramamış olup, zenginleştirilmiş solucanların dondurulması sonrası % 4.62'lik bir düşüş görülmüştür.

Denemede kullanılan yemlerin DHA (22:6n-3) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer kerevit kontrol yeminde (9.43±0.21) belirlenmiş, en düşük değer ise canlı solucanlarda 0.10±0.02 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1). Canlı solucanların zenginleştirme işlemi sonrasında DHA değerleri 3.60±0.74'a (36 kat) yükselmiştir. Ayrıca canlı solucanların dondurulması sonrası DHA miktarlarında artış, zenginleştirilmiş solucanların dondurulması sonrası DHA miktarlarında düşüş olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) ve lepistes (*P. reticulata*) anaçlarının beslenmesinde kullanılan yem gruplarının EPA ve DHA değerleri (%). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

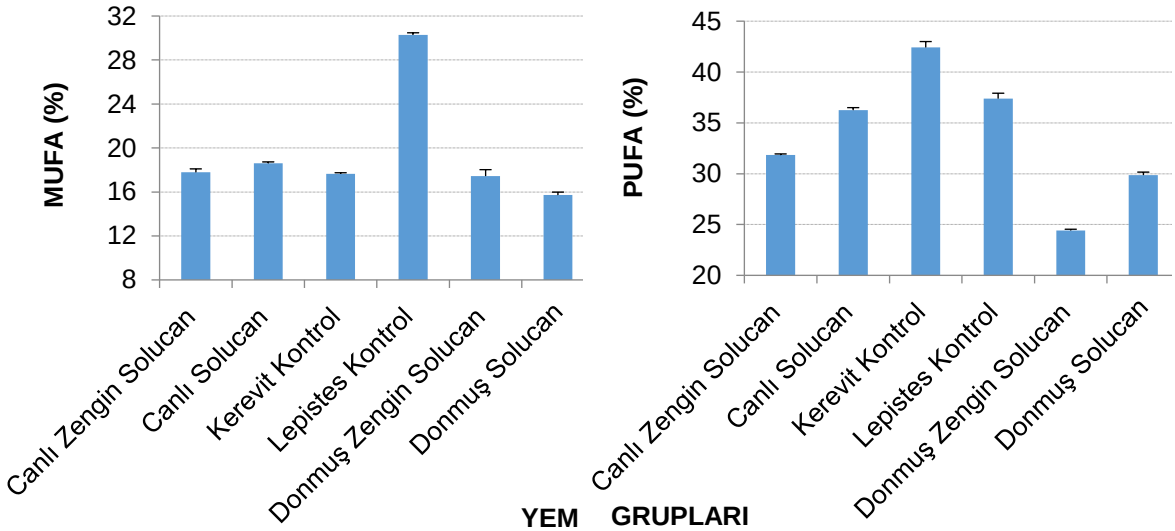
Denemede kullanılan yemlerin SFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en düşük değer canlı solucanda (23.86±0.79), en yüksek değer kerevit kontrol yeminde (33.98±0.59) bulunmuştur (Şekil 4.2). Ayrıca donmuş solucanlarda SFA değerlerinin canlı solucanlara göre % 6.86, zenginleştirilmiş dondurulmuş solucanlarda, zenginleştirilmiş canlı solucanlara göre % 3.66 oranında önemli bir artış gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) ve lepistes (*P. reticulata*) anaçlarının beslenmesinde kullanılan yem gruplarının SFA değerleri (%). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Denemede kullanılan yemlerin MUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en düşük değer donmuş solucanda (15.72±0.27), en yüksek değer lepistes kontrol yeminde (30.28±0.20) bulunmuştur (Şekil 4.3). Elde edilen değerlere göre zenginleştirme işleminin solucanlarda MUFA değerlerine herhangi bir katkısının olmadığı görülmüştür.

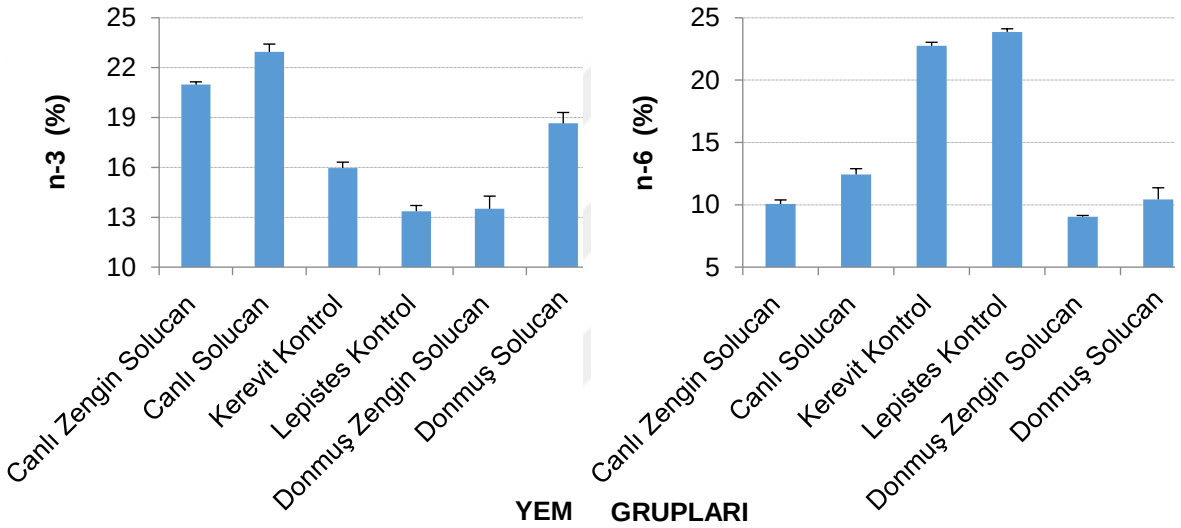
Denemede kullanılan yemlerin PUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en düşük değer donmuş zengin solucanda (9.05±0.12), en yüksek değer kerevit kontrol yeminde (42.42±0.58) bulunmuştur (Şekil 4.3). Elde edilen değerlere göre dondurma işlemi canlı solucanlarda PUFA değerlerinde % 6.39, zenginleştirilmiş canlı solucanlarda % 7.41 düşüş tespit edilmiştir.



Şekil 4.3. Kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) ve lepistes (*P. reticulata*) anaçlarının beslenmesinde kullanılan yem gruplarının MUFA ve HUFA değerleri (%). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Denemede kullanılan yemlerin n-3 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en düşük değer lepistes kontrol yeminde (13.37±0.34), en yüksek değer canlı solucanda (22.95±0.47) bulunmuştur (Şekil 4.4). Zenginleştirme işleminin solucanlarda n-3 değerlerine bir katkısının olmadığı, aksine % 1.97'lik bir düşüşe sebep olduğu belirlenmiştir. Ayrıca dondurma işleminin canlı solucanlarda % 4.30, zenginleştirilmiş solucanlarda ise % 7.47'lik bir düşüşe sebep olduğu tespit edilmiştir.

Denemede kullanılan yemlerin n-6 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en düşük değer donmuş zengin solucanda (9.05±0.09), en yüksek değer lepistes kontrol yeminde (23.87±0.25) bulunmuştur (Şekil 4.4). Zenginleştirme işleminin solucanlarda n-6 değerlerine bir katkısının olmadığı, aksine % 2.38'lik bir düşüşe sebep olduğu belirlenmiştir. Zenginleştirme ve dondurma işlemleri sonrasında solucanlarda n-3 ve n-6 değerlerine düşüş tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) ve lepistes (*Poecilia reticulata*) anaçlarının beslenmesinde kullanılan yem gruplarının n-3 ve n-6 değerleri (%). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

4.2. I. Deneme (Kerevit Anaçlarında Üreme Parametreleri)

4.2.1. Büyüme Performansı

Deneme başlangıcında kerevitler ortalama ağırlık değerlerinde istatistiksel herhangi bir farklılık saptanmamıştır (P>0.05, Çizelge 4.2).

Deneme sonunda ise dişilerde en yüksek ağırlık CS grubunda 43.51±8.77 g, en düşük ağırlık DS grubunda 37.08±4.71 g olarak ölçülmüştür. Erkeklerde ise en yüksek ağırlık ZCS grubunda 59.21±15.22 g, en düşük ağırlık ZDS grubunda 41.70±5.05 g olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.2). Deneme sonunda erkeklerin ortalama ağırlıkları istatistiki olarak farklı bulunurken (P<0.05), dişilerin ortalama ağırlıkları arasında bir fark tespit edilememiştir (P>0.05).

Çizelge 4.2. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarında16 haftalık araştırma periyodu boyunca performans değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (dişi n= 8-12, erkek n= 5-6).

		DENEME GRUPLARI				
		ZCS	**CS**	**KY**	**ZDS**	**DS**
Başlangıç Ortalama	**Dişi**	39.99±8.31	39.80±6.88	39.82±9.06	39.00±6.12	40.04±8.44
Ağırlık (g)	**Erkek**	39.97±5.67	39.75±6.40	39.85±4.47	39.84±5.23	39.94±3.34
Deneme Sonu	**Dişi**	39.67±7.75	43.51±8.77	40.47±6.49	38.86±3.20	37.08±4.71
Ortalama Ağırlık (g)	**Erkek**	59.21±15.22	47.00±5.74	51.56±9.18	41.70±5.05	44.01±9.91
Yem tüketimi		19.2 g/gün	19.2 g/gün	25.66 g/gün	19.2 g/gün	19.2 g/gün
Deneme Sonu	**Dişi**	68.75	75.00	68.80	62.50	56.30
Yaşama Oranı (%)	**Erkek**	62.50	75.00	75.00	75.00	62.50

Deneme gruplarında kerevit dişilerinde yaşama oranı en yüksek CS grubunda % 75.00, en düşük DS grubunda % 56.30 olarak tespit edilmiştir. Erkek bireylerde en yüksek yaşama oranı CS, ZDS ve KY gruplarında % 75.00, en düşük yaşama oranı ZCS ve DS gruplarında % 62.50 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). Ayrıca deneme süresi boyunca kabuk değişimi ZCS grubunda 10, CS grubunda 6, KY grubunda 16, ZDS grubunda 2 ve DS grubunda 3 bireyde gözlemlenmiştir. ZDS ve DS gruplarında görülen iştahsızlıkla beraber büyüme azalmış ve kabuk değişim oranları da düşüş göstermiştir.

4.2.2. Üreme Performansı

Deneme gruplarında dişi bireylerde ölçülen ovaryum boy-ağılık ve hepatopankreas ağırlıkları istatistiksel açıdan değerlendirilmiş ve gruplar arasından herhangi bir anlamlı farklılık saptanamamıştır (P>0.05, Çizelge 4.3). DS grubundaki anaçlarda ovaryum ortalama 0.84±0.50 g ile gruplar arasındaki en yüksek değer ölçülmüş, ortalama 1.52±0.36 g hepatopankreas ağırlığı ile gruplar arasında en düşük değer ölçülmüştür.

Çizelge 4.3. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarında16 haftalık araştırma periyodu sonunda dişi bireylerin performans değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n= 8-12).

	DENEME GRUPLARI				
DİŞİ	**ZCS**	**CS**	**KY**	**ZDS**	**DS**
Boy (cm)	53.91±3.81	56.08±2.92	54.73±3.82	55.21±2.53	53.94±2.23
Ağırlık (g)	39.62±7.76	43.51±8.77	40.47±6.49	38.86±3.20	37.08±3.41
Ovaryum Boy (cm)	5.45±0.68	5.23±0.73	5.28±0.63	5.81±0.67	5.50±0.45
Ovaryum Ağırlık (g)	0.60±0.50	0.62±0.65	0.78±0.66	0.58±0.53	0.84±0.50
Hepatopankreas Ağırlık (g)	1.53±0.46	1.72±0.55	2.23±0.37	1.67±0.54	1.52±0.36

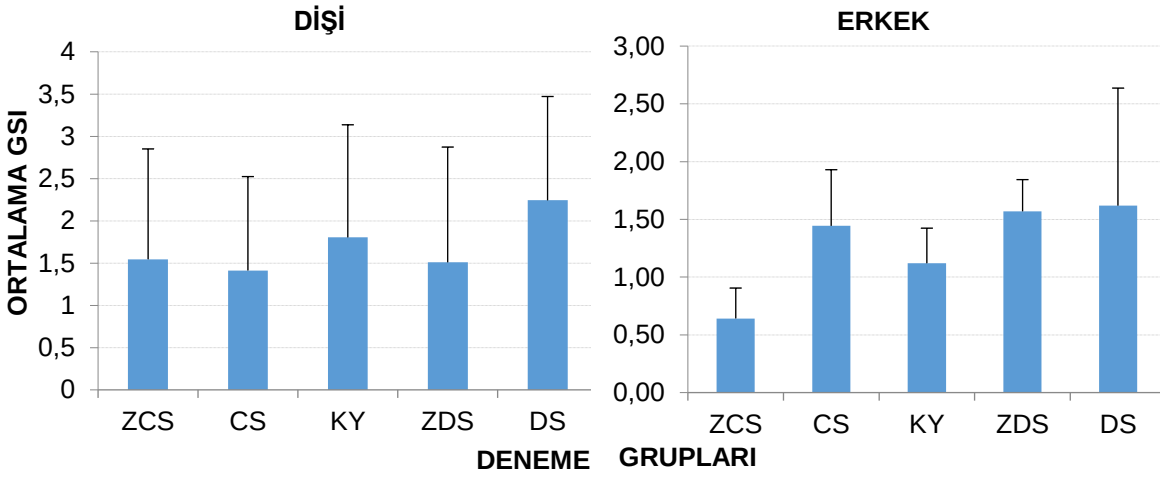
Deneme gruplarında erkek bireylerde ölçülen deneme sonu ağırlık ölçümlerinde gruplar arasında istatistiksel fark saptanmış (P<0.05), ancak boy, testis ağırlığı ve hepatopankreas ağırlığı ile ilgili gruplar arasında herhangi bir istatistiksel fark saptanamamıştır (P>0.05, Çizelge 4.4). Erkek bireylerde en yüksek ortalama hepatopankreas ağırlığı KY grubunda 2.91±0.45 g olarak ölçülmüş, testis ağırlığı ise ZCS grubundan (0.37±0.15 g) sonra ikinci en düşük grup, 0.60±0.19 g olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.4. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarında16 haftalık araştırma periyodu sonunda erkek bireylerin performans değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n= 5-6).

	DENEME GRUPLARI				
ERKEK	**ZCS**	**CS**	**KY**	**ZDS**	**DS**
Boy (cm)	62.40±6.27	58.50±2.43	58.17±6.30	55.25±2.36	57.40±6.66
Ağırlık (g)	59.21±15.22	47.00±5.74	51.64±9.28	41.70±5.05	44.01±9.91
Testis Ağırlık (g)	0.37±0.15	0.62±0.23	0.60±0.19	0.62±0.15	0.65±0.36
Hepatopankreas Ağırlık (g)	2.66±1.02	1.58±0.31	2.91±0.45	1.64±0.21	1.61±0.47

4.2.3. Gonadosomatik İndeks (GSI)

Dişi anaçlarda deneme sonrası gonadosomatik indeks hesaplanmış, en yüksek değer DS grubunda % 2.24±1.23, en düşük değer CS grubunda % 1.41±1.11 olarak ölçülmüştür (P>0.05). Erkek anaçlarda ise en yüksek değer DS grubunda % 1.62±1.02, en düşük değer ZCS grubunda % 0.64±0.26 olarak hesaplanmış olup, gruplar istatistiksel fark saptanmıştır (P<0.05, Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan gonadosomatik indeks değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (dişi n= 8-12, erkek n= 5-6).

Dişi ve erkek kerevitlerde en yüksek GSI değerlerinin en az yumurtlama sayısına sahip (16 defa) grup olan DS grubunda tespit edilmiştir. Ancak deneme sonunda yapılan diseksiyon sırasında ZCS grubunda 11 anaçtan 5'inin, CS grubunda 12 anaçtan 7'sinin, KY grubunda 11 anaçtan 5'inin pleopodlarında yumurtaların olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışma sonunda yapılan diseksiyon sırasında farklı gonad gelişim evrelerine sahip dişi bireyler belirlenmiştir (Çizelge 4. 5) (Şekil 4.6).

Çizelge 4.5. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) gruplarının 16 haftalık araştırma periyodu sonunda gonad gelişim evrelerine göre anaç sayıları (dişi n= 8-12).

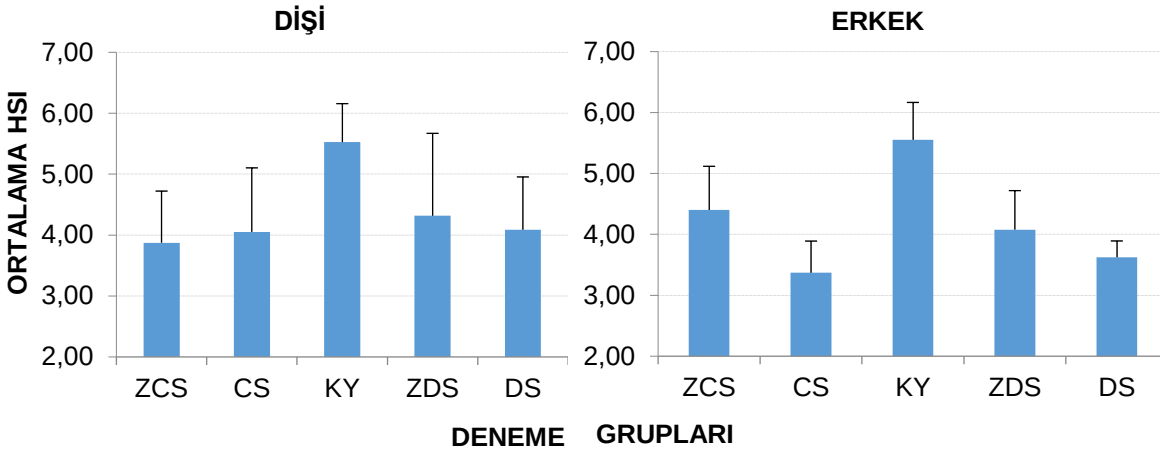
	DENEME GRUPLARI				
Evreler	**ZCS**	**CS**	**KY**	**ZDS**	**DS**
I	4	4	3	3	1
II	4	6	4	4	1
III	3	1	4	3	5
IV	0	1	0	0	1



Şekil 4.6. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan bireylerin GSI evreleri (dişi n= 8-12). (Yumurtalık gelişimi, yumurtalık renk değişimlerine ve GSI'ye göre şu şekilde dört evreye ayrılmıştır: evre I (şeffaf, GSI= 0.19±0.03); evre II (kremden açık turuncuya, GSI=0.73±0.07); evre III (zeytin yeşili - turuncu, GSI=1.67±0.09); ve evre IV (zeytin yeşili, GSI=4.27±0.13) (Abdu ve ark, 2000: Li ve ark, 2010: Vazquez ve ark, 2008)).

4.2.4. Hepatosomatik İndeks (HSI)

Dişi anaçlarda deneme sonrası hepatosomatik indeks hesaplanmış, en yüksek değer, % 5.53±0.63 KY grubunda, en düşük değer % 3.87±0.85 ZCS grubunda hesaplanmış (P>0.05), erkek anaçlarda ise en yüksek değer, % 5.55±0.61 KY grubunda, en düşük değer % 3.37±0.52 CS grubunda hesaplanmış olup, gruplar istatistiksel fark saptanmamıştır (P>0.05, Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan hepatosomatik indeks değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (dişi n= 8-12, erkek n= 5-6)

4.2.5. Yumurta Sayıları

Deneme boyunca haftalık olarak yapılan yumurta kontrollerinde, yumurtlayan anaç sayısı en fazla olan grup ZCS: 24, daha sonra KY: 23, CS: 22, ZDS: 19 ve DS: 16 anaç olarak gerçekleşmiştir.

Denemenin yumurta sayımları ve ölçümlerinin yapıldığı ilk 7 haftalık periyotta elde edilen verilere göre yumurta sayısı ve yumurtlayan anaç sayısı en yüksek ZCS (10 anaç-5270 yumurta) grubu, en düşük ise ZDS (6 anaç-2806 yumurta) grubu olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Bir yumurtlamada en fazla yumurta ZCS grubunda 56.62 g anaçtan 801 adet, en az yumurta ZDS grubunda 39.73 g anaçtan 284 adet olarak gerçekleşmiştir. Anaç ağırlığına göre en yüksek yumurta verimi ZCS (11.66 adet/g) grubunda, en düşük verim ise CS (10.73 adet/g) grubunda belirlenmiştir. Bununla birlikte deneme süresince en yüksek yumurtalı anaç sayısına (15 anaç) 6. haftada ulaşılmış ve denemenin 10. haftasında yumurtalı dişiye rastlanamamıştır. Sonraki haftalarda anaçlarda yumurtlama 16. haftaya kadar devam etmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından ilk 6 haftalık araştırma periyodu boyunca hesaplanan üreme değerleri (n=6-12).

	PARAMETRELER				
DENEME GRUPLARI	**Yumurtaları Sayılan Anaç Sayısı**	**Yumurtlayan Anaç Ağırlığı**	**Yumurta Sayısı**	**Yumurta Sayısı/Anaç Ağırlığı**	**Toplam Yumurta Sayısı**
ZCS	10	45.18±9.27	527.00±157.44	11.66	5270
CS	8	43.57±7.12	467.75±84.26	10.73	3742
KY	9	39.93±10.06	429.22±82.13	10.75	3863
ZDS	6	43.16±3.04	467.67±141.57	10.83	2806
DS	10	41.54±10.41	454.80±125.46	10.95	4548

4.2.6. Yumurta Ölçümleri

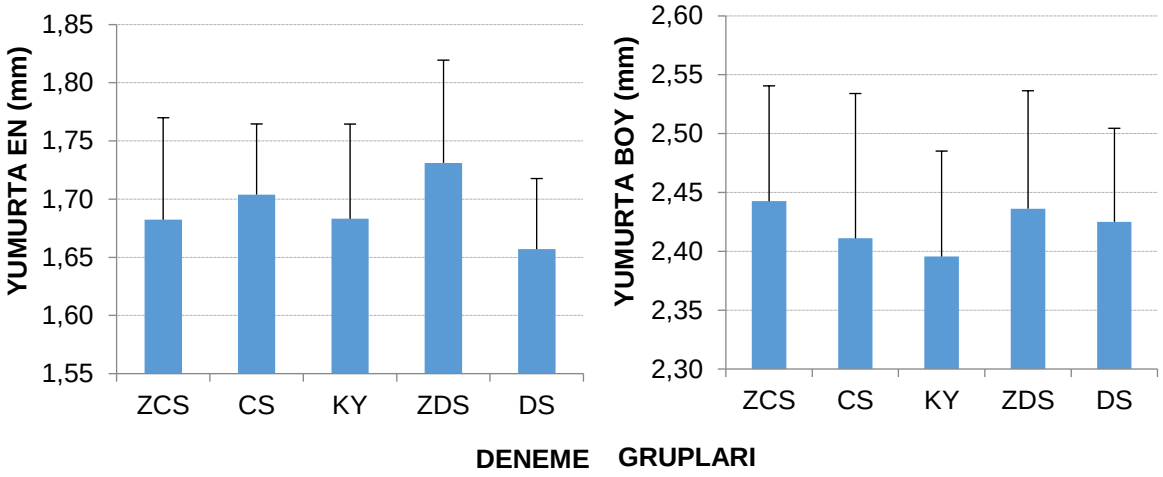
Yumurta ölçümleri ZCS grubundan 20 anaç, CS grubundan 16 anaç, KY grubundan 20 anaç, ZDS grubundan 14 anaç, DS grubundan 13 anaçtan alınan yumurtalar üzerinden gerçekleşmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen yumurtaların ölçüm değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n = 13-20 birey, her bireyden 30 yumurta)

	DENEME GRUPLARI				
	ZCS	**CS**	**KY**	**ZDS**	**DS**
En (mm)	1.68±0.09	1.70±0.06	1.68±0.08	1.73±0.09	1.66±0.06
Boy (mm)	2.44±0.10	2.41±0.12	2.40±0.09	2.44±0.10	2.43±0.08
Alan (mm²)	3.18±0.28	3.22±0.25	3.17±0.25	3.24±0.33	3.15±0.16
Hacim (mm³)	3.59±0.47	3.67±0.39	3.57±0.46	3.72±0.49	3.49±0.28
Ağırlık (mg)	4.19±0.45	4.13±0.56	4.05±0.54	4.29±0.42	4.03±0.34

Yumurta en ölçümünde en yüksek değer ZDS (1.73±0.09 mm), en düşük değer DS (1.66±0.06 mm) grubunda ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanamamıştır (P>0.05, Şekil 4.8).

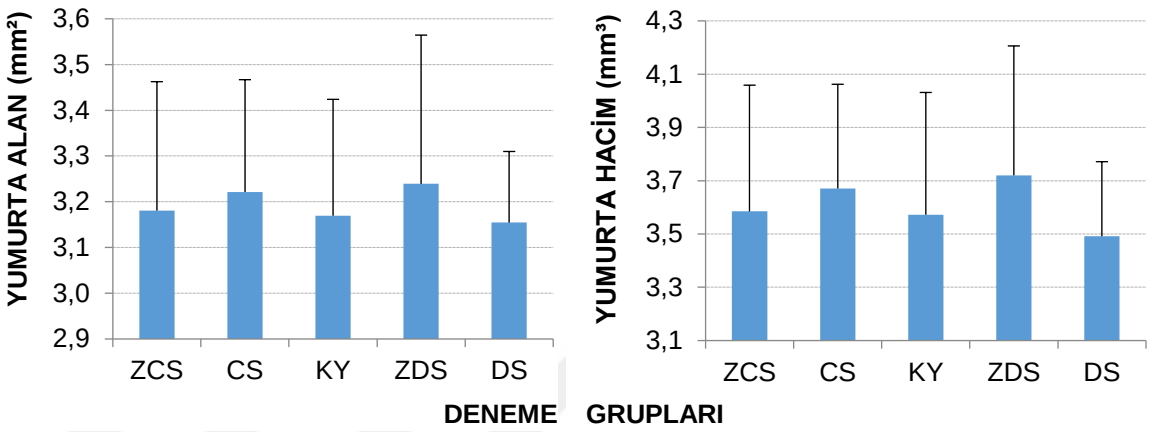
Yumurta boy ölçümünde elde edilen değerler gruplar arasında benzerlik göstermiş olup (2.42±0.02 mm) gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanamamıştır (P>0.05, Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen yumurtaların en ve boy değerleri (P>0.05). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n = 13-20 birey, her bireyden 30 yumurta).

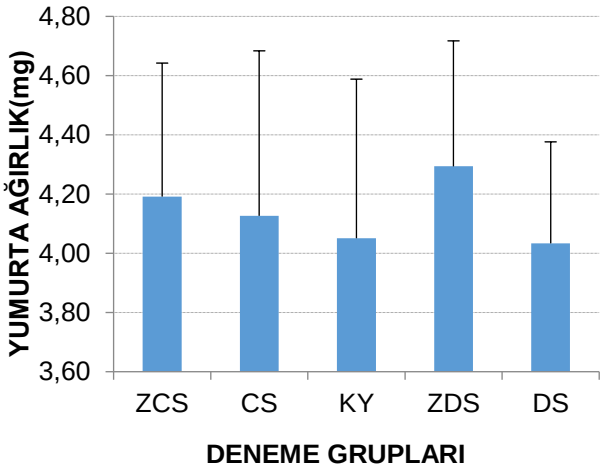
Yumurta alan hesaplamalarında en yüksek değer ZDS grubunda (3.24±0.33 mm²), en düşük değer DS grubunda (3.15±0.16 mm²) belirlenmiştir (P>0.05, Şekil 4.9).

Yumurta hacim hesaplamalarında en yüksek değer ZDS grubunda (3.72±0.49 mm³), en düşük değer DS grubunda (3.49±0.28 mm³) belirlenmiştir (P>0.05, Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen yumurtaların alan ve hacim değerleri (P>0.05). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n = 13-20 birey, her bireyden 30 yumurta).

Yumurta ağırlık ölçümlerinde en yüksek değer ZDS grubunda (4.29±0.42 mg), en düşük değer DS grubunda (4.03±0.34 mg) ölçülmüştür (P>0.05, Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen yumurtaların ağırlık değerleri (P>0.05). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n = 13-20 birey, her bireyden 30 yumurta).

4.2.7. Biyokimyasal Parametreler

Deneme sonunda kerevit kas dokusunda oleik asit (C18:1n-9) (%) değerleri karşılaştırılmış, en yüksek değer CS grubunda (18.12±0.72), en düşük değer ise DS grubunda (15.60±0.17) bulunmuş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanamamıştır (P>0.05, Çizelge 4.8). Kerevit kas dokusunda gruplarında oleik asit değerleri arasında çok büyük bir farklılık bulunmazken yemden gelen oleik asitlerin büyük oranda kas dokularında depoladıkları tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Kerevit et dokusunda biyokimyasal kompozisyon ve yağ asidi profilleri.

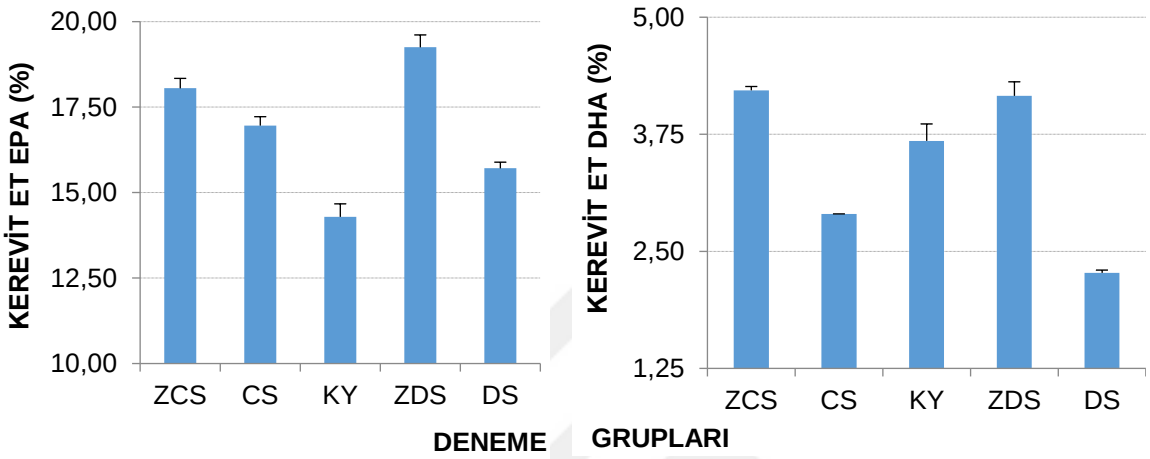
Kerevit Et	ZCS	CS	KY	ZDS	DS
Biyokimyasal Kompozisyon (%)					
Protein	17.92±0.11	16.53±0.10	18.70±0.19	17.46±0.17	16.53±0.24
Lipit	0.83±0.07	0.65±0.21	0.97±0.29	0.88±0.08	0.73±0.06
Kuru Madde	18.75±0.16	17.45±0.10	20.14±0.08	17.99±0.06	17.09±0.02
Ham Kül	1.47±0.03	1.40±0.02	1.43±0.04	1.36±0.06	1.34±0.05
Yağ Asidi Profilleri (%)					
14:00	0.55±0.00^{b}	0.46±0.01^{ab}	0.53±0.00^{ab}	0.44±0.01	0.38±0.02^{a}
16:00	9.33±0.13	7.61±0.27	12.61±0.36	9.75±0.01	7.66±0.09
18:00	12.39±0.26	12.07±1.03	11.12±0.60	13.31±0.04	11.81±0.10
SFA	39.17±0.35	34.67±0.47	45.08±0.53	37.87±0.94	45.19±0.70
16:1n-7	1.44±0.03	1.31±0.10	1.73±0.10	1.19±0.07	1.07±0.01
18:1n-7	2.32±0.05	2.04±0.22	1.49±0.09	2.02±0.10	1.94±0.03
18:1n-9	17.34±0.41	18.12±0.72	17.42±0.07	17.71±0.39	15.60±0.17
MUFA	24.61±0.50^{b}	24.71±0.43^{ab}	23.70±0.21^{ab}	24.19±0.50^{ab}	21.89±0.25^{a}
18:2n-6	4.84±0.13	5.81±0.85	8.12±0.05	4.72±0.23	5.00±0.14
18:3n-6	0.37±0.01	0.54±0.02	0.31±0.02	0.37±0.02	0.33±0.01
20:4n-6	0.13±0.05	0.34±0.00	0.17±0.00	0.15±0.02	0.18±0.03
n-6 PUFA	1.72±0.06	2.05±0.24	2.57±0.02	1.62±0.08	1.67±0.06
n-6 LC-PUFA	0.13±0.05	0.34±0.00	0.17±0.00	0.15±0.02	0.18±0.03
18:3n-3	0.22±0.01	0.29±0.01	0.54±0.04	0.37±0.00	0.24±0.00
20:5n-3	18.05±0.29	16.96±0.26	14.29±0.38	19.25±0.36	15.71±0.18
22:6n-3	4.22±0.04	2.90±0.00	3.68±0.18	4.16±0.15	2.27±0.03
n-3 PUFA	5.82±0.09	5.72±0.07	4.34±0.14	6.00±0.12	5.16±0.05
n-3 LC-PUFA	7.46±0.11	6.79±0.10	6.09±0.19	7.83±0.17	6.14±0.07
PUFA	37.01±0.68	38.02±0.87	32.51±0.30	37.39±0.36	33.44±0.43
LC-PUFA	5.63±0.10	5.17±0.08	4.61±0.15	5.91±0.13	4.65±0.06

ZCS: Zenginleştirilmiş canlı solucan grubu
CS: Canlı solucan grubu
KY: Kontrol yemi grubu
ZDS: Zengin donmuş solucan grubu
DS: Donmuş solucan grubu

Deneme sonunda kerevit kas dokusunda EPA (%) değerleri karşılaştırılmış, en yüksek değer ZDS grubunda (19.25±0.36), en düşük değer ise KY grubunda (14.29±0.38) bulunmuş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanamamıştır (P>0.05, Şekil 4.11). Kerevit kas

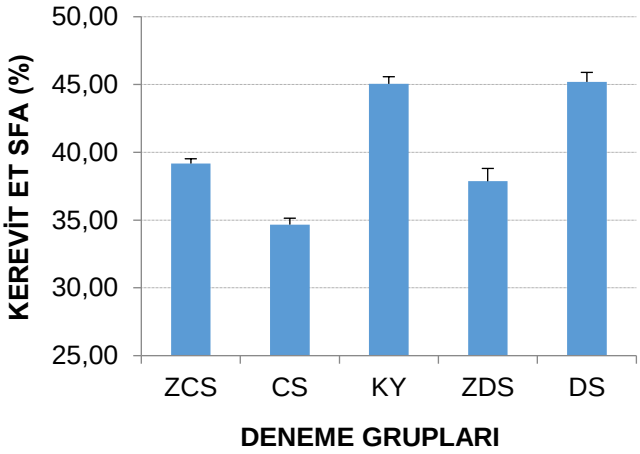
dokusunda ZCS ve CS gruplarında EPA değerleri arasında çok büyük bir farklılık bulunmazken ZDS ve DS gurupları arasında % 3.54'lük bir fark tespit edilmiştir.

Deneme sonunda kerevit kas dokusunda DHA (%) değerleri karşılaştırılmış, en yüksek değer ZCS grubunda (4.22±0.04), en düşük değer ise DS grubunda (2.27±0.03) bulunmuş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanamamıştır (P>0.05, Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan EPA (%) ve DHA (%) değerleri (P>0.05). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

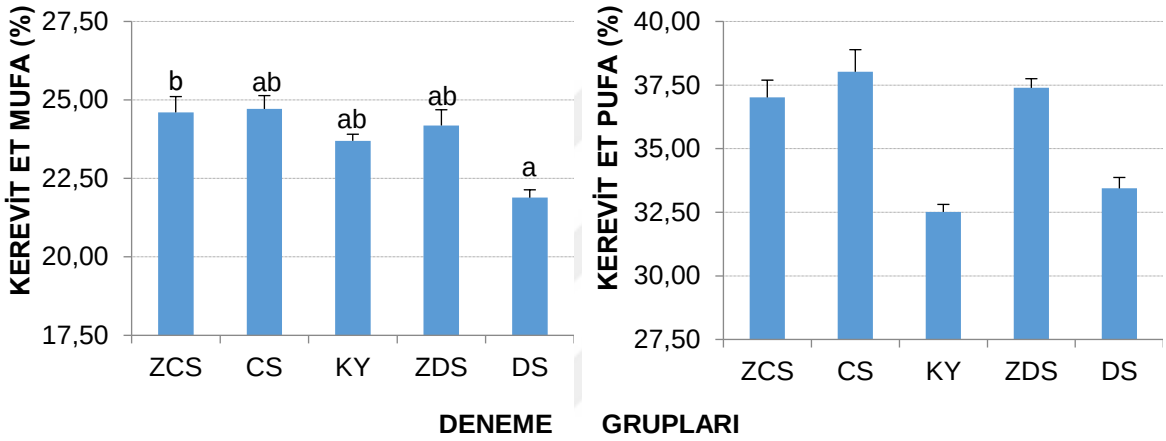
Deneme sonunda kerevit kas dokusunda SFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en düşük değer CS grubunda (34.67±0.47), en yüksek değer DS grubunda (45.19±0.70) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanamamıştır (P>0.05, Şekil 4.12). Ayrıca kerevit anaçlarının yemlerden gelen SFA'ları artırarak kas dokularında depoladıkları tespit edilmiştir.



Şekil 4.12. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan SFA (%) değerleri(P>0.05). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Deneme sonunda kerevit kas dokusunda PUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer CS grubunda (38.02±0.87), en düşük değer KY grubunda (32.51±0.30) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır (P<0.05, Şekil 4.13). Solucanla beslenen gruplarda kaslardaki PUFA içeriği verilen yemlerden yüksek bulunurken KY grubundaki kerevitler en yüksek (42.42) PUFA içeriğine sahip yemle beslenmelerine rağmen kas dolusunda bulunan PUFA miktarının gruplar arasındaki en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir.

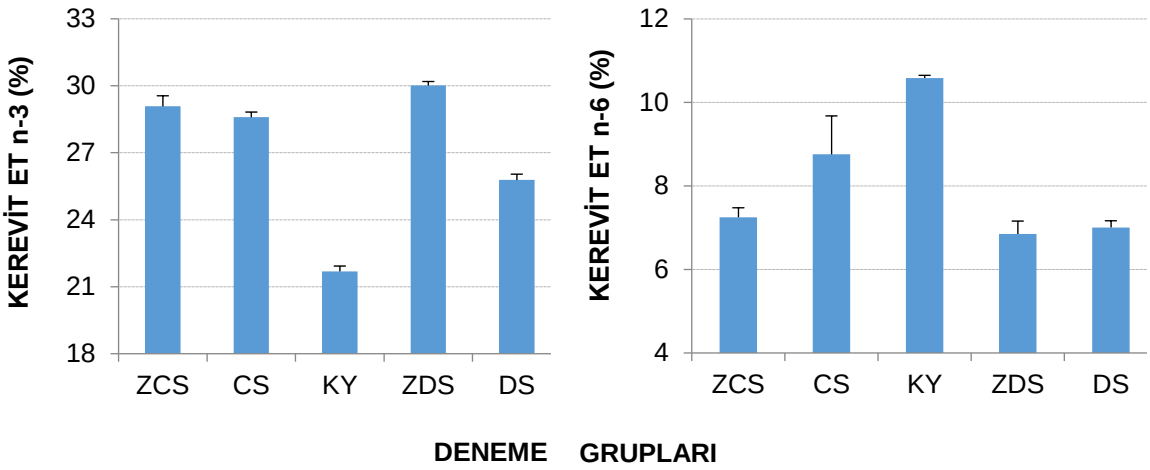
Deneme sonunda kerevit kas dokusunda MUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer CS grubunda (24.71±0.43), en düşük değer DS grubunda (21.89±0.25) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır (P>0.05, Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan MUFA (%) (P<0.05) ve PUFA (%) değerleri (P>0.05). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Deneme sonunda kerevit kas dokusunda n-3 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZDS grubunda (30.01±0.18), en düşük değer KY grubunda (21.69±0.24) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır (P>0.05, Şekil 4.14).

Deneme sonunda kerevit kas dokusunda n-6 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer KY grubunda (10.59±0.06), en düşük değer ZDS grubunda (6.85±0.31) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır (P>0.05, Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan n-3 (%) ve n-6 (%) değerleri (P>0.05). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Kerevit Yumurta

Denemede elde edilen yumurtaların palmitik asit (C16:00) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZDS grubunda (19.79±0.05), en düşük değer ZCS grubunda (17.70±0.06) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır (P<0.05, Çizelge 4.9). Gruplarda kullanılan solucanlarda palmitik asit değerleri (4.09-5.36) kontrol yemine (20.87) göre son derece düşük olmasına rağmen yumurta içeriğindeki değerler benzerlik göstermektedir.

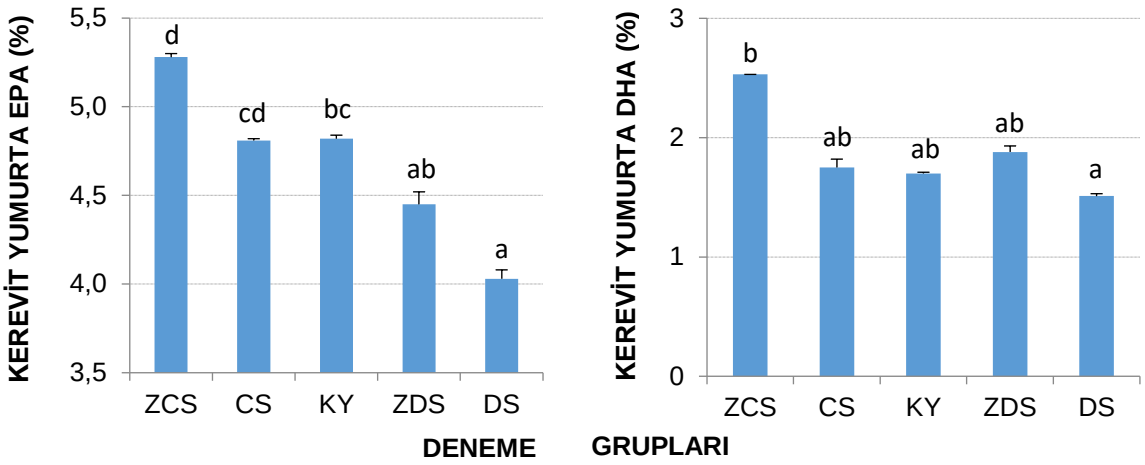
Denemede elde edilen yumurtaların oleik asit (C18:1n-9) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer DS grubunda (33.97±0.08), en düşük değer ZCS grubunda (31.13±0.10) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır (P<0.05, Çizelge 4.9). Gruplarda kullanılan solucanlarda oleik asit değerleri (2.50-3.70) kontrol yemine (14.12) göre son derece düşük olmasına rağmen yumurta içeriğindeki değerler benzerlik göstermektedir.

Denemede elde edilen yumurtaların C18:2n-6 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer KY grubunda (14.31±0.47), en düşük değer ZDS grubunda (12.81±0.10) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmamıştır (P>0.05, Çizelge 4.9). Gruplarda kullanılan solucanlarda linoleik asit değerleri (4.78-7.00) kontrol yemine (20.57) göre son derece düşük olmasına rağmen yumurta içeriğindeki değerler benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.9. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu boyunca alınan yumurtaların yağ asidi profilleri.

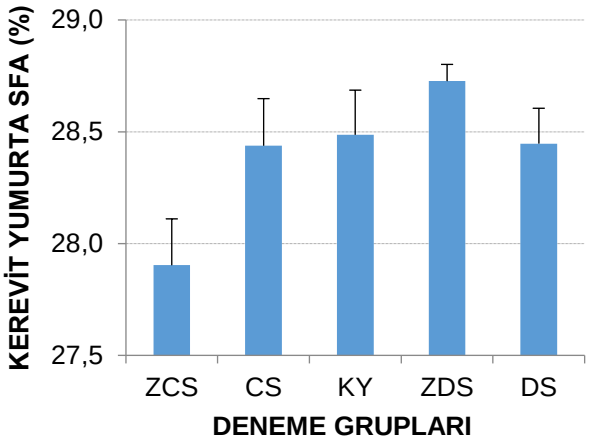
Kerevit Yumurta	**ZCS**	**CS**	**KY**	**ZDS**	**DS**
Yağ Asidi Profilleri (%)					
14:00	1.37±0.00^{d}	1.11±0.02^{cd}	1.12±0.01^{bc}	1.09±0.01^{ab}	0.97±0.00^{a}
16:00	17.70±0.06^{c}	18.55±0.23^{bc}	18.68±0.25^{abc}	19.79±0.05^{ab}	19.45±0.10^{a}
18:00	4.09±0.04	4.34±0.02	4.37±0.01	4.27±0.05	4.14±0.01
SFA	27.90±0.21	28.44±0.21	28.49±0.20	28.73±0.07	28.45±0.16
16:1n-7	6.67±0.02	7.30±0.06	7.34±0.07	6.13±0.16	6.56±0.07
18:1n-7	2.85±0.18	2.63±0.09	2.79±0.05	2.95±0.03	2.78±0.03
18:1n-9	31.13±0.10^{d}	31.84±0.19^{cd}	31.94±0.22^{bc}	32.43±0.01^{ab}	33.97±0.08^{a}
MUFA	43.73±0.25^{d}	44.57±0.13^{cd}	44.86±0.01^{bc}	45.52±0.19^{ab}	46.83±0.07^{a}
18:2n-6	13.08±0.28	14.22±0.44	14.31±0.47	12.81±0.10	13.62±0.09
18:3n-6	0.29±0.00^{c}	0.27±0.01	0.28±0.00^{b}	0.28±0.00	0.25±0.00^{a}
20:4n-6	0.16±0.01^{b}	0.14±0.01	0.13±0.00^{ab}	0.12±0.00^{a}	0.13±0.00^{ab}
n-6 PUFA	3.65±0.09	3.91±0.13	3.90±0.13	3.56±0.04	3.74±0.03
n-6 LC-PUFA	0.16±0.01^{c}	0.14±0.00	0.13±0.00^{ab}	0.12±0.00^{a}	0.13±0.00
18:3n-3	0.43±0.00^{b}	0.50±0.00^{ab}	0.51±0.00	0.29±0.01^{ab}	0.35±0.01^{a}
20:5n-3	5.28±0.02^{d}	4.81±0.01^{cd}	4.82±0.02^{bc}	4.45±0.07^{ab}	4.03±0.05^{a}
22:6n-3	2.53±0.00^{b}	1.75±0.07^{ab}	1.70±0.01^{ab}	1.88±0.05^{ab}	1.51±0.02^{a}
n-3 PUFA	2.08±0.03^{d}	1.86±0.02^{cd}	1.84±0.03^{bc}	1.68±0.04^{ab}	1.54±0.02^{a}
n-3 LC-PUFA	2.69±0.01^{c}	2.26±0.03^{bc}	2.24±0.01	2.17±0.04^{ab}	1.91±0.02^{a}
PUFA	26.07±0.52^{c}	25.91±0.42^{bc}	25.73±0.29^{abc}	23.45±0.17^{ab}	23.46±0.12^{a}
LC-PUFA	2.05±0.01^{d}	1.73±0.02^{cd}	1.72±0.01^{bc}	1.66±0.03^{ab}	1.46±0.02^{a}

Denemede elde edilen yumurtaların EPA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZCS grubunda (5.28±0.02), en düşük değer DS grubunda (4.03±0.05) ölçülmüştür (P<0.05, Şekil 4.15). Denemede elde edilen yumurtaların DHA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZCS grubunda (2.53±0.00), en düşük değer DS grubunda (1.51±0.02) ölçülmüştür (P<0.05, Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 hafta boyunca elde edilen yumurtaların EPA (%) ve DHA (%) değerleri ($P<0.05$). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

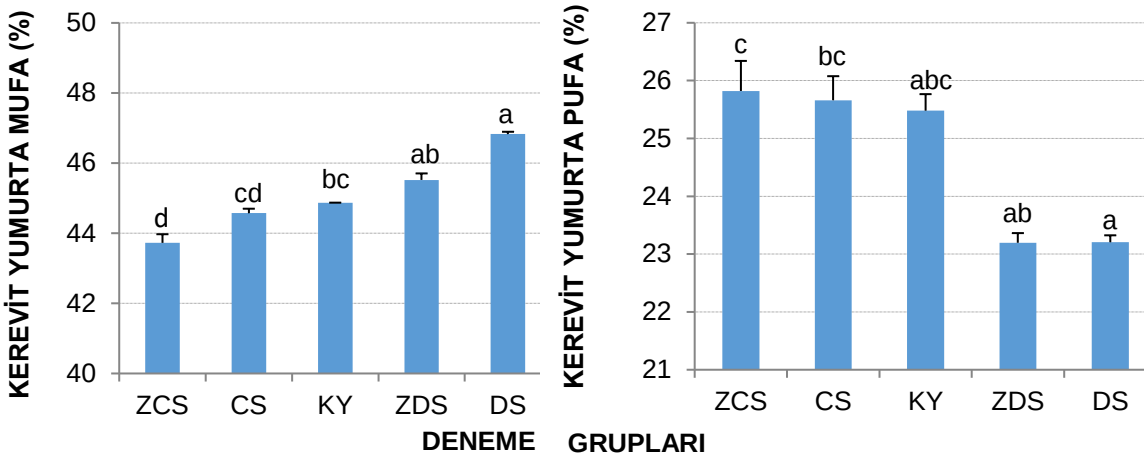
Denemede elde edilen yumurtaların SFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZDS grubunda (28.73±0.07), en düşük değer ZCS grubunda (27.90±0.21) ölçülmüştür ($P>0.05$, Şekil 4.16). Kerevit anaçlarını beslemede kullanılan yemlerde belirlenen SFA değerlerine benzer olup yumurtalarda SFA birikimi tespit edilmemiştir.



Şekil 4.16. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftada elde edilen yumurtaların SFA (%) değerleri ($P>0.05$). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n = 3).

Denemede elde edilen yumurtaların MUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer DS grubunda (46.83±0.07), en düşük değer ZCS grubunda (43.73±0.25) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır ($P<0.05$, Şekil 4.17). Bu durum yemlerdeki MUFA oranlarının yumurta oluşumu ve gelişimi açısından önemli olduğunu göstermektedir.

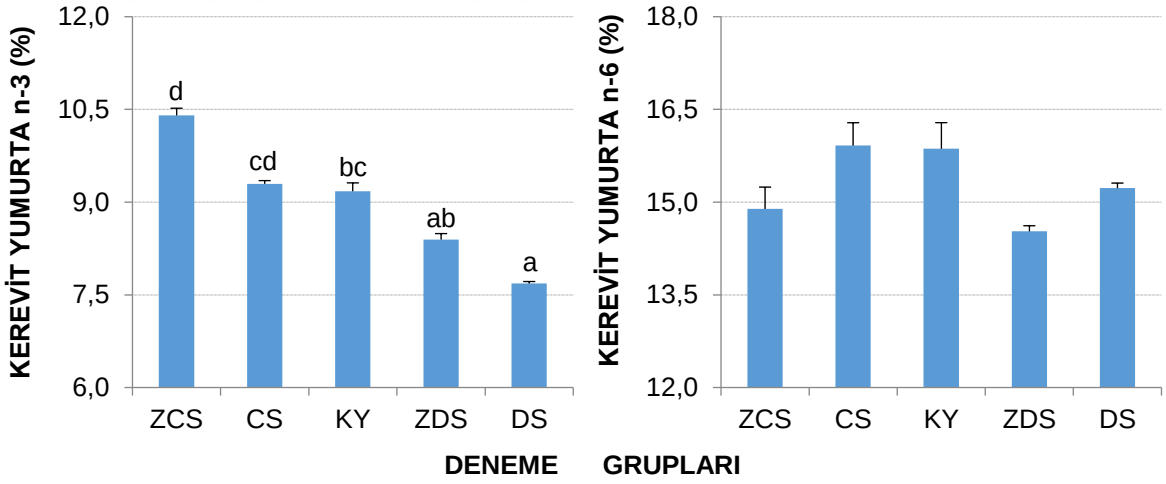
Denemede elde edilen yumurtaların PUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer DS grubunda (26.07±0.52), en düşük değer ZDS grubunda (23.45±0.17) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır ($P<0.05$, Şekil 4.17). Kerevit yumurtalarında ölçülen PUFA değerlerinin anaç beslemede ve kerevit kas dokusunda ölçülen değerlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.17. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 hafta boyunca elde edilen yumurtaların MUFA (%) ve HUFA (%) değerleri (P<0.05). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Denemede elde edilen yumurtaların n-3 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZCS grubunda (10.40±0.12), en düşük değer DS grubunda (7.68±0.03) ölçülmüştür (P<0.05, Şekil 4.18).

Denemede elde edilen yumurtaların n-6 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer CS grubunda (15.92±0.37), en düşük değer ZDS grubunda (14.53±0.09) ölçülmüştür (P>0.05, Şekil 4.18). Ancak KY gurubunda kullanılan yemin n-6 miktarı diğer gruplara göre yüksek (22.75±0.28) olmasına karşın yumurtadaki n-6 miktarının belirli bir seviyenin üzerine çıkmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.18. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 hafta boyunca elde edilen yumurtaların n-3 (%) (P<0.05) ve n-6 (%) (P>0.05) değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Kerevit Hepatopankreas

Deneme sonunda gruplar arasında hepatopankreas dokusunda renk farklılıkları tespit edilmiştir. CS ve ZCS gruplarında hepatopankreas dokusunun krem rengi ve sütlü kahve tonlarında olduğu, DS ve ZDS gruplarında krem renginden kırmızılaşan tonlarda, KY grubunda ise vişne çürüğünden siyaha doğru değişen çeşitli renklenmeler belirlenmiştir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16. hafta sonunda ovaryum ve hepatopankreas dokuları (soldan sağa ZCS, CS, KY, ZDS, DS grupları).

Deneme sonunda kerevit hepatopankreas palmitik asit (C16:00) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer KY grubunda (20.49±0.12), en düşük değer DS grubunda (8.92±0.18) ölçülmüştür (P>0.05, Çizelge 4.10).

Deneme sonunda kerevit hepatopankreas oleik asit (C18:1n-9) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer KY grubunda (26.45±0.31), en düşük değer DS grubunda (10.97±0.69) ölçülmüştür (P>0.05, Çizelge 4.10).

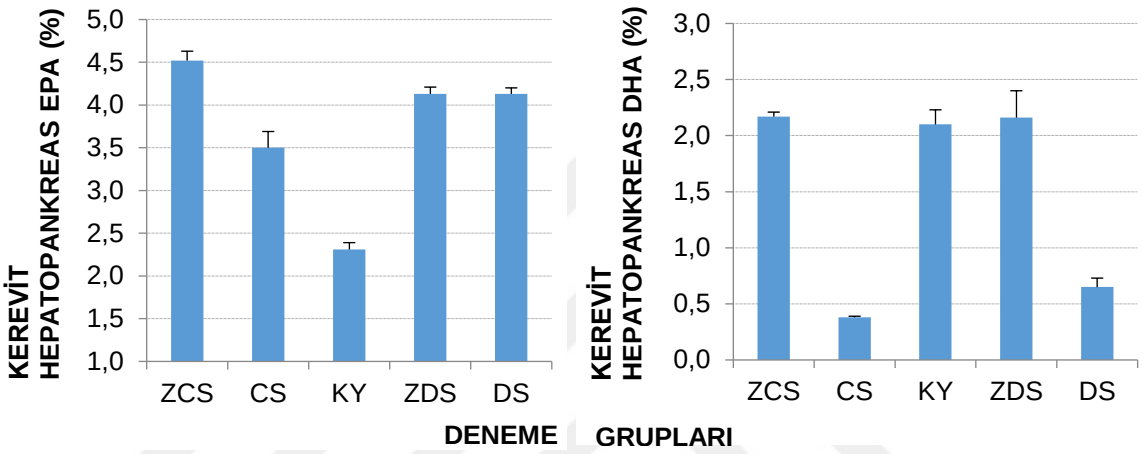
Deneme sonunda kerevit hepatopankreas linoleik asit (C18:2n-6) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer KY grubunda (18.75±0.05), en düşük değer DS grubunda (4.79±0.13) ölçülmüştür (P>0.05, Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarının hepatopankreas yağ asidi profilleri.

Kerevit Hepatopankreas	**ZCS**	**CS**	**KY**	**ZDS**	**DS**
Yağ Asidi Profilleri (%)					
14:00	3.16±0.01	1.56±0.06	2.38±0.00	2.55±0.00	1.56±0.15
16:00	13.49±0.21	10.84±0.21	20.49±0.12	14.06±0.05	8.92±0.18
18:00	8.65±0.51	10.20±0.32	5.31±0.10	11.71±0.34	13.71±0.03
SFA	31.06±0.41^{b}	31.20±0.62^{ab}	31.04±0.59^{ab}	34.96±0.52^{ab}	34.03±0.49^{a}
16:1n-7	3.81±0.25^{b}	2.56±0.08^{ab}	3.92±0.22^{ab}	0.61±0.02^{ab}	1.51±0.07^{a}
18:1n-7	7.24±0.17	6.63±0.38	2.45±0.04	6.63±0.06	6.87±0.26
18:1n-9	17.25±0.51	17.59±0.02	26.45±0.31	19.52±0.18	10.97±0.69
MUFA	33.95±0.69^{b}	32.29±0.58^{ab}	36.36±0.41^{ab}	32.15±0.41^{ab}	25.42±0.53^{a}
18:2n-6	6.24±0.23	6.42±0.16	18.75±0.05	5.32±0.16	4.79±0.13
18:3n-6	0.91±0.02	0.75±0.03	0.74±0.02	0.90±0.00	0.79±0.03
20:4n-6	0.43±0.02	0.39±0.02	0.15±0.01	0.30±0.02	0.32±0.00
n-6 PUFA	2.64±0.08	2.79±0.13	5.11±0.03	2.29±0.06	2.37±0.04
n-6 LC-PUFA	0.43±0.02	0.39±0.02	0.15±0.01	0.30±0.02	0.32±0.00
18:3n-3	1.31±0.05	5.00±0.22	1.15±0.06	3.54±0.06	5.22±0.00
20:5n-3	4.52±0.11	3.50±0.19	2.31±0.08	4.13±0.08	4.13±0.07
22:6n-3	2.17±0.04	0.38±0.01	2.10±0.13	2.16±0.24	0.65±0.08
n-3 PUFA	2.34±0.04	2.69±0.11	1.33±0.07	2.75±0.12	3.09±0.08
n-3 LC-PUFA	2.33±0.06	1.40±0.09	1.52±0.07	2.19±0.12	1.69±0.06
PUFA	25.87±0.08	28.81±0.90	28.24±0.09	26.63±0.31	29.16±0.37
LC-PUFA	1.85±0.05	1.15±0.07	1.18±0.05	1.72±0.09	1.35±0.05

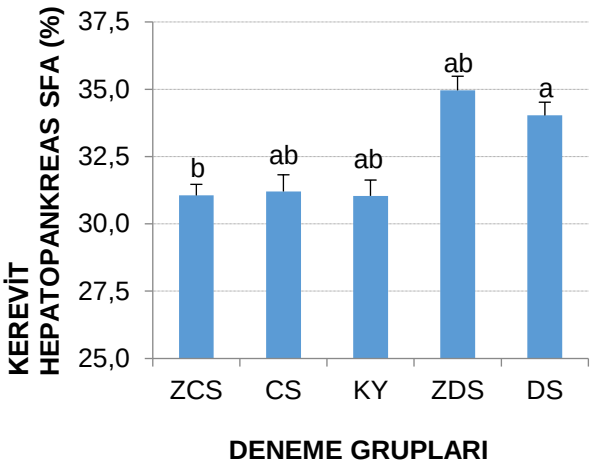
Deneme sonunda kerevit hepatopankreasında EPA (%) değerleri karşılaştırılmış, en yüksek değer ZCS grubunda (4.52±0.11), en düşük değer ise KY grubunda (2.31±0.08) bulunmuş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanamamıştır (P>0.05, Şekil 4.20).

Deneme sonunda kerevit hepatopankreasında DHA (%) değerleri karşılaştırılmış, en yüksek değer ZCS grubunda (2.17±0.04), en düşük değer ise CS grubunda (0.38±0.01) bulunmuş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanamamıştır (P>0.05, Şekil 4.20). ZCS, KY ve ZDS gruplarında ölçülen değerler birbirine yakın bulunurken CS ve DS grubunun değerleri son derece düşük kalmıştır.



Şekil 4.20. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda elde edilen hepatopankreas EPA (%) ve DHA (%) değerleri. (P>0.05). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

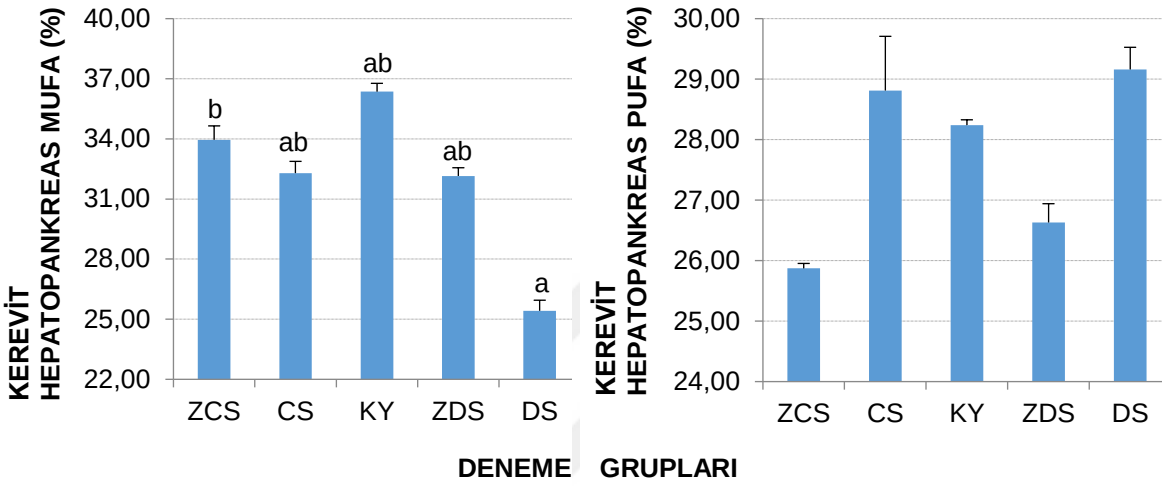
Deneme sonunda kerevit hepatopankreas SFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZDS grubunda (34.96±0.52), en düşük değer KY grubunda (31.04±0.59) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır (P<0.05, Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda elde edilen hepatopankreas SFA (%) değerleri (P<0.05). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Deneme sonunda kerevit hepatopankreas MUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer KY grubunda (36.36±0.41), en düşük değer DS grubunda (25.42±0.53) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır (P<0.05, Şekil 4.22).

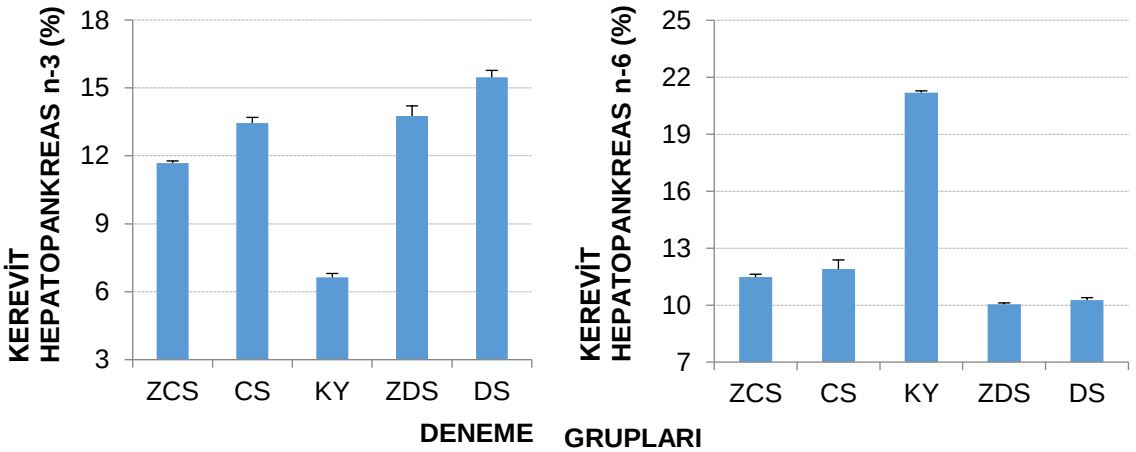
Deneme sonunda kerevit hepatopankreas PUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer DS grubunda (29.16±0.37), en düşük değer ZCS grubunda (25.87±0.08) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır (P>0.05, Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda elde edilen hepatopankreas MUFA (%) (P<0.05)ve HUFA (%) (P>0.05) değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Deneme sonunda kerevit hepatopankreas n-3 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer DS grubunda (15.47±0.31), en düşük değer KY grubunda (6.63±0.17) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır (P>0.05, Şekil 4.23).

Deneme sonunda kerevit hepatopankreas n-6 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer KY grubunda (21.19±0.09), en düşük değer ZDS grubunda (10.05±0.07) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır (P>0.05, Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Farklı rejimlerle beslenen kırmızı kıskaçlı kerevit (*C. quadricarinatus*) anaç gruplarından 16 haftalık araştırma periyodu sonunda elde edilen hepatopankreas n-3 (%) ve n-6 (%) değerleri (P>0.05). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

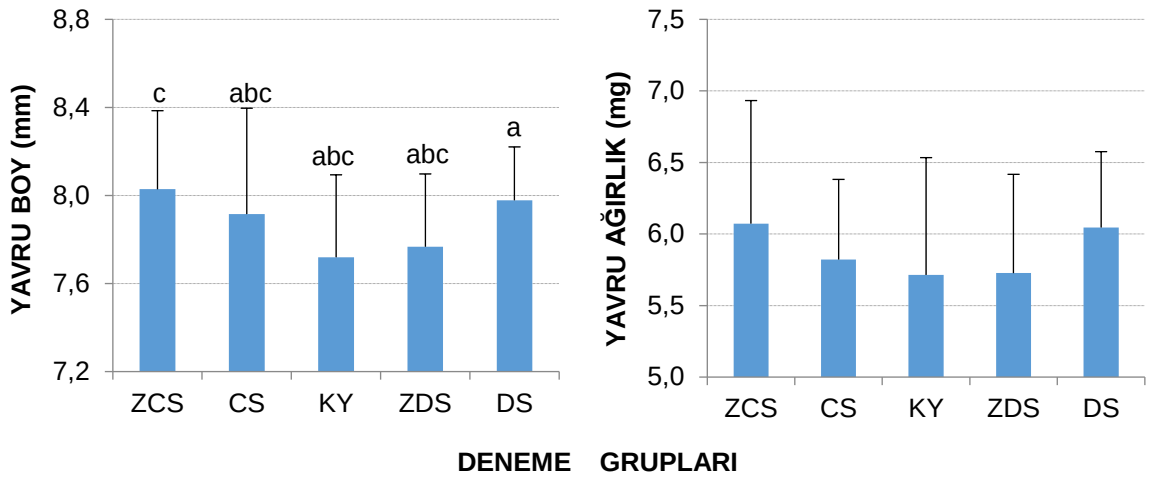
4.3. II. Deneme (Lepistes Anaçlarında Üreme Parametreleri)

Deneme boyunca yapılan yavru kontrollerinde, yavrulayan anaç sayısı en fazla ZSC grubunda 31 adet, CS grubunda 30 adet, KY ve ZDS gruplarında 20 adet ve en az DS grubunda 16 adet olarak belirlenmiştir. Denemede elde edilen yavru sayısı en yüksek CS grubunda 1655 adet, ZCS grubunda 1605 adet, ZDS grubunda 1096 adet, KY grubunda 1095 adet, en düşük ise DS grubunda 524 adet olarak gerçekleşmiştir. Ortalama yavru sayısı en yüksek CS grubunda (55.17), en düşük ise DS grubunda (40.13) belirlenmiştir. Denemede elde edilen yavruların yaşama oranı en yüksek DS grubu (% 99.43), en düşük ise KY grubunda (% 88.86) tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaç gruplarında 5 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen üreme performans değerleri.

	DENEME GRUPLARI				
PARAMETRELER	**ZCS**	**CS**	**KY**	**ZDS**	**DS**
Yavrulayan Birey Sayısı	31	30	20	20	13
Yavru Sayısı	51.77±22.64	55.17±31.18	54.75±26.83	54.80±22.13	40.31±17.13
Anaç Boyu (cm)	6.57±0.34	6.67±0.41	6.63±0.42	6.50±0.23	6.50±0.27
Anaç Ağırlığı (g) (Yavrulama Öncesi)	4.16±0,42	4.04±0.45	4.47±0.58	3.91±0.40	3.75±0.36
Anaç Ağırlığı (g) (Yavrulama Sonrası)	3.38±0.38	3.37±0.45	3.68±0.46	3.17±0.33	3.21±0.36
Toplam Yavru Sayısı	1605	1655	1095	1096	524
Yavru Sayısı/Anaç Ağırlığı	15.83	16.39	14.89	17.27	12.52
Ölü Yavru Sayısı	82	61	122	47	3
Yavru Yaşama Oranı (%)	94.89	96.31	88.86	95.71	99.43

Denemede elde edilen yavruların boyu en yüksek ZCS grubunda (8.03±0.36), en düşük KY grubunda (7.72±0.37) ölçülmüş, gruplar arasında gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır (P<0.05, Şekil 4.24). Denemede elde edilen yavruların ağırlığı en yüksek ZCS grubunda (6.07±0.86), en düşük KY grubunda (5.71±0.82) ölçülmüş, herhangi bir istatistiksel farklılık saptanamamıştır (P>0.05, Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaç gruplarında 5 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen yavruların boy ($P<0.05$) ve ağırlık ($P>0.05$) değerleri (n=524-1655)

4.3.1. Biyokimyasal Parametreler

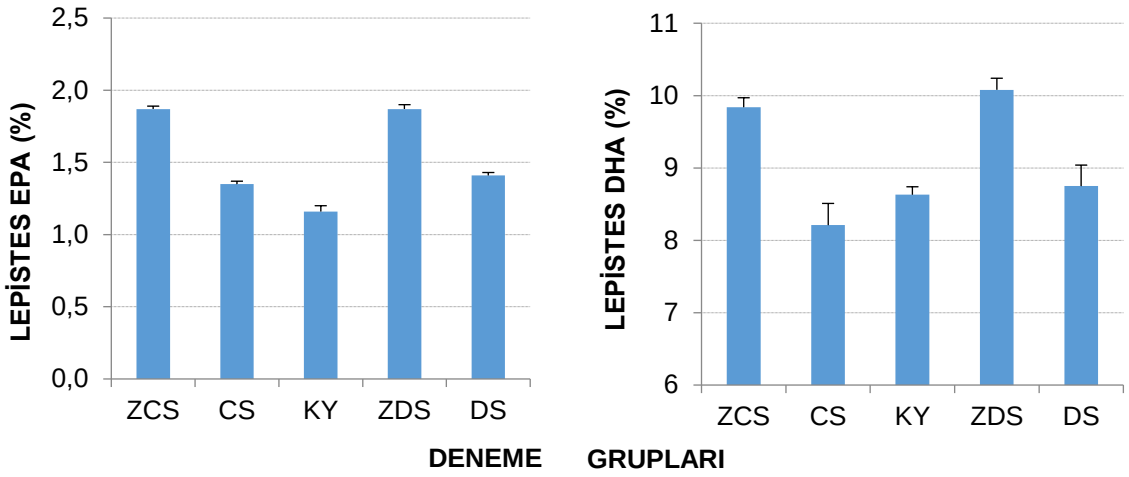
Deneme sonunda lepistes kas dokusunda palmitik asit (C16:00) (%) değerleri (17.65-18.59), ölçülmüş gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmamıştır ($P>0.05$, Çizelge 4.12). Gruplarda kullanılan solucanlarda palmitik asit değerleri (4.09-5.36) kontrol yemine (13.79) göre düşük olmasına rağmen kas dokusundaki değerler benzerlik göstermektedir.

Deneme sonunda lepistes kas dokusunda oleik asit (C18:1n-9) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer KY grubunda (29.20±0.24), en düşük değer ZCS grubunda (23.29±0.14) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmamıştır ($P>0.05$, Çizelge 4.12). Gruplarda kullanılan solucanlarda oleik asit değerleri (2.50-3.70) kontrol yemine (24.59) göre son derece düşük olmasına rağmen kas dokusundaki değerler benzerlik göstermektedir. Ayrıca kas dokusunda belirlenen oleik asit değerlerinin yem ve yumurtada ölçülen değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaçlarının 9 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan biyokimyasal kompozisyon ve yağ asidi profilleri.

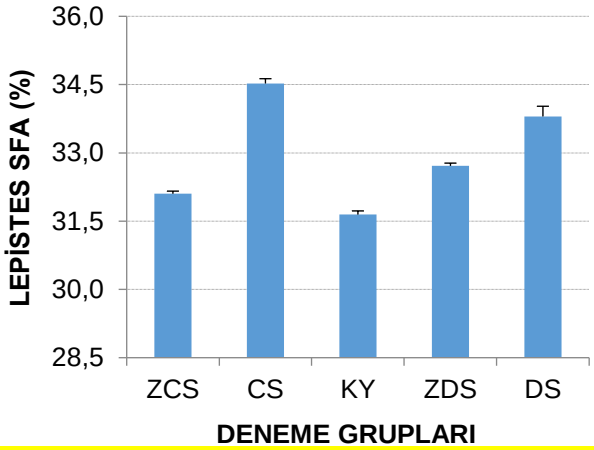
Lepistes Kas	**ZCS**	**CS**	**KY**	**ZDS**	**DS**
Biyokimyasal Kompozisyon (%)					
Protein	17.29±0.12	16.14±0.41	14.98±0.59	14.37±0.38	15.43±0.45
Lipit	8.59±0.11	7.19±0.83	10.40±0.17	7.68±0.79	6.51±0.05
Kuru Madde	32.85±0.34	27.17±0.15	31.17±0.39	27.44±0.55	27.35±0.88
Ham Kül	4.87±0.48	3.60±0.01	3.76±0.40	4.03±0.20	3.91±0.70
Yağ Asidi Profilleri (%)					
14:00	2.64±0.01	2.37±0.02	1.98±0.07	2.58±0.01	2.27±0.06
16:00	17.81±0.11	18.58±0.06	18.14±0.04	17.65±0.12	18.59±0.10
18:00	7.56±0.07	7.76±0.02	7.61±0.24	7.39±0.05	7.80±0.12
SFA	32.10±0.06	34.52±0.10	31.64±0.08	32.71±0.06	33.80±0.22
16:1n-7	4.04±0.12	3.92±0.00	3.64±0.11	4.09±0.07	3.95±0.11
18:1n-7	3.90±0.02	3.97±0.04	2.66±0.01	3.74±0.02	3.90±0.06
18:1n-9	23.29±0.14	24.52±0.13	29.20±0.24	23.81±0.18	24.59±0.26
MUFA	34.95±0.24	35.81±0.17	37.96±0.16	34.80±0.25	35.76±0.28
18:2n-6	8.31±0.19	8.16±0.10	12.30±0.02	8.56±0.14	8.48±0.15
18:3n-6	0.78±0.02	0.94±0.00	0.90±0.01	0.76±0.00	0.89±0.02
20:4n-6	0.38±0.02	0.29±0.00	0.31±0.00	0.37±0.01	0.29±0.01
n-6 PUFA	2.50±0.06^{b}	2.47±0.03^{ab}	3.41±0.01^{ab}	2.55±0.04^{ab}	3.50±0.08^{a}
n-6 LC-PUFA	0.38±0.02	0.29±0.00	0.31±0.00	0.37±0.01	0.29±0.01
18:3n-3	0.75±0.01	0.84±0.01	0.18±0.00	0.66±0.02	0.72±0.00
20:5n-3	1.87±0.02	1.35±0.02	1.16±0.04	1.87±0.03	1.41±0.02
22:6n-3	9.84±0.13	8.21±0.30	8.63±0.11	10.08±0.16	8.75±0.29
n-3 PUFA	3.73±0.06	3.25±0.08	2.80±0.05	3.74±0.07	3.36±0.09
n-3 LC-PUFA	5.05±0.06	4.13±0.12	4.10±0.07	5.13±0.08	4.37±0.11
PUFA	30.01±0.11^{b}	27.68±0.44^{ab}	29.21±0.09^{ab}	30.16±0.19^{ab}	32.27±0.36^{a}
LC-PUFA	3.88±0.05	3.17±0.09	3.15±0.05	3.94±0.06	3.35±0.09

Deneme sonunda lepistes EPA (%) değerleri karşılaştırılmış, en yüksek değer ZCS ve ZDS grubunda (1.87±0.02-1.87±0.01), en düşük değer ise KY grubunda (1.16±0.04) bulunmuş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanamamıştır (P>0.05, Şekil 4.25). CS ve DS gruplarının EPA değerlerinin de benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Deneme sonunda lepistes DHA (%) değerleri karşılaştırılmış, en yüksek değer ZDS grubunda (10.08±0.16), en düşük değer ise CS grubunda (8.21±0.30) bulunmuş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanamamıştır (P>0.05, Şekil 4.25). Dondurulmuş solucanlarla beslenen gruplarda EPA ve DHA değerlerinin canlı solucanlarla beslenen gruplara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



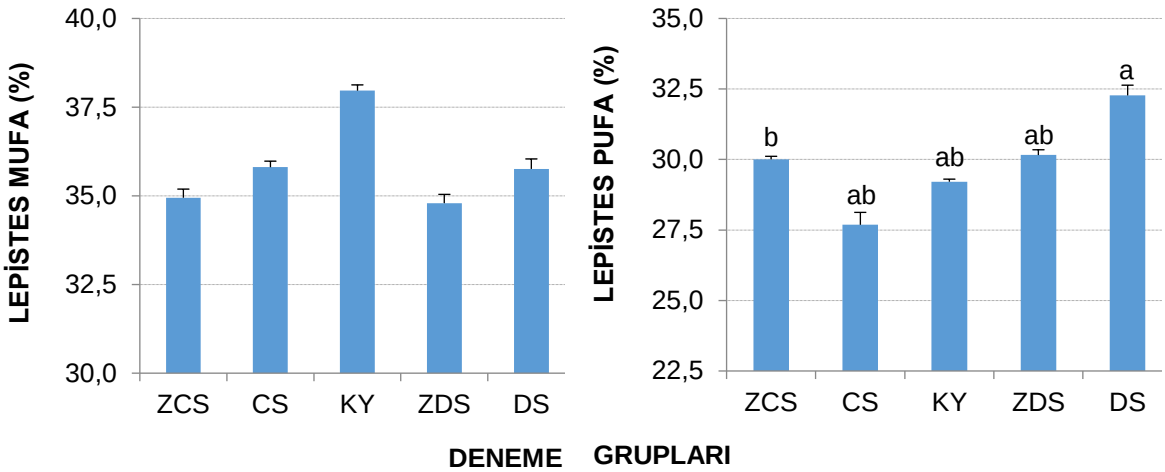
Şekil 4.25. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaç gruplarından 9 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan EPA (%) ve DHA (%) değerleri ($P>0.05$). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Deneme sonunda lepistes SFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer CS grubunda (34.52±0.10), en düşük değer KY grubunda (31.64±0.08) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır ($P>0.05$, Şekil 4.26).



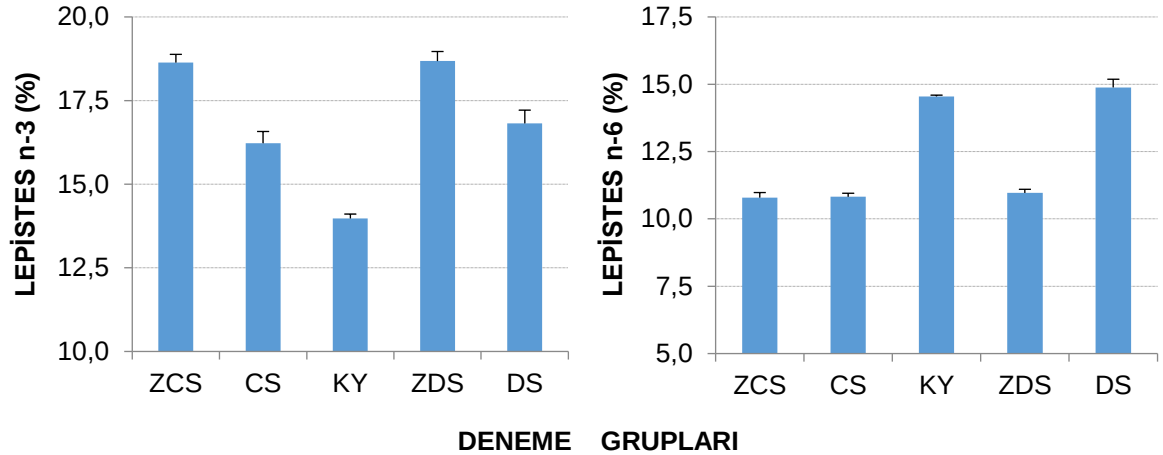
Şekil 4.26. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaç gruplarından 9 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan SFA (%) değerleri ($P>0.05$). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Deneme sonunda lepistes MUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer KY grubunda (37.96±0.16), en düşük değer ZDS grubunda (34.80±0.25) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır ($P>0.05$, Şekil 4.27). Deneme sonunda lepistes PUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer DS grubunda (32.27±0.36), en düşük değer CS grubunda (27.68±0.44) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır ($P<0.05$, Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaç gruplarından 9 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan MUFA (%) ($P>0.05$) ve PUFA (%) ($P<0.05$) değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Deneme sonunda lepistes n-3 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZDS grubunda (18.68±0.28), en düşük değer KY grubunda (13.98±0.13) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır ($P>0.05$, Şekil 4.28). Deneme sonunda lepistes n-6 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer DS grubunda (14.88±0.30), en düşük değer ZCS grubunda (10.79±0.19) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır ($P<0.05$, Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaç gruplarından 9 haftalık araştırma periyodu sonunda hesaplanan n-3 (%) ve n-6 (%) değerleri ($P>0.05$). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

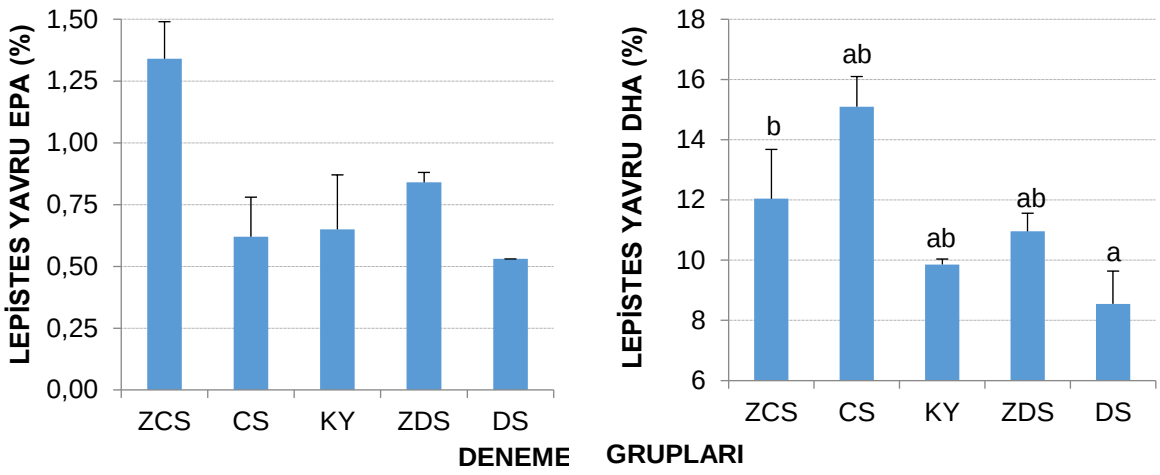
Denemede elde edilen yavruların palmitik asit (C16:00) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZDS grubunda (20.40±0.14), en düşük değer KY grubunda (18.75±0.82) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır ($P<0.05$, Çizelge 4.13). Gruplarda kullanılan solucanlarda palmitik asit değerleri (4.09-5.36) kontrol yemine (13.79) göre son derece düşük değerlerde bulunmuştur. Denemede elde edilen yavruların stearik asit (C18:00) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer DS grubunda (12.24±0.17), en düşük değer KY grubunda

(10.36±0.35) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır (P<0.05, Çizelge 4.13). Denemede kullanılan yem ve kas dokusundaki stearik asit değerleri benzer olup yavrularda tespit edilen değerler daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) anaç gruplarından 5 haftalık araştırma periyodu boyunca elde edilen yavrulardan hesaplanan yağ asidi profilleri.

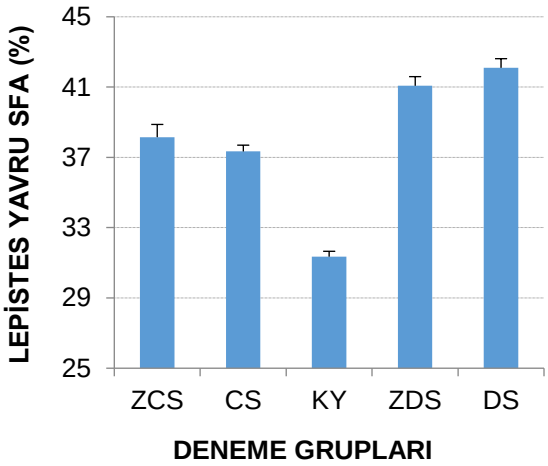
Lepistes Yavru	**ZCS**	**CS**	**KY**	**ZDS**	**DS**
Yağ Asidi Profilleri (%)					
14:00	1.86±0.08	1.27±0.17	1.20±0.00	1.76±0.01	1.41±0.06
16:00	19.75±0.78^{ab}	19.15±0.39^{ab}	18.75±0.82^{ab}	20.40±0.14^{ab}	22.07±0.76^{a}
18:00	10.49±0.97^{b}	10.99±0.19^{ab}	10.36±0.35^{ab}	11.37±0.23^{ab}	12.24±0.17^{a}
SFA	38.15±0.72	37.34±0.36	31.35±0.30	41.07±0.52	42.10±0.52
16:1n-7	2.79±0.18^{b}	2.61±0.28^{ab}	2.45±0.16^{ab}	2.46±0.20^{ab}	2.32±0.12^{a}
18:1n-7	4.70±0.37	4.84±0.01	2.69±0.11	4.34±0.04	4.34±0.17
18:1n-9	20.68±0.91	23.22±0.98	29.42±0.62	21.66±0.28	22.10±0.91
MUFA	30.80±0.77	33.37±0.74	37.09±0.84	31.67±0.43	32.85±0.55
18:2n-6	5.29±0.07	5.43±0.10	11.24±0.29	5.13±0.10	5.34±0.22
18:3n-6	0.59±0.01	0.60±0.04	0.64±0.07	0.58±0.01	0.70±0.01
20:4n-6	0.17±0.02	0.16±0.02	0.15±0.00	0.20±0.00	0.11±0.00
n-6 PUFA	1.70±0.03	1.74±0.03	3.13±0.09	1.68±0.05	1.68±0.07
n-6 LC-PUFA	0.17±0.02	0.16±0.02	0.15±0.00	0.20±0.02	0.11±0.00
18:3n-3	0.84±0.10^{c}	0.88±0.02^{bc}	0.89±0.05	0.66±0.00^{ab}	0.56±0.00^{a}
20:5n-3	1.34±0.15	0.62±0.16	0.65±0.22	0.84±0.04	0.53±0.00
22:6n-3	12.04±1.64^{b}	15.10±1.00^{ab}	9.86±0.18^{ab}	10.96±0.60^{ab}	8.55±1.09^{a}
n-3 PUFA	4.07±0.50^{b}	4.40±0.29^{ab}	2.84±0.10^{ab}	3.48±0.22^{ab}	2.86±0.33^{a}
n-3 LC-PUFA	5.37±0.69^{b}	6.02±0.44^{ab}	3.96±0.13^{ab}	4.65±0.32^{ab}	3.56±0.47^{a}
PUFA	28.55±0.81^{c}	30.40±0.84^{bc}	28.00±0.74^{abc}	25.39±0.20^{ab}	22.48±0.76^{a}
LC-PUFA	4.07±0.53^{b}	4.56±0.34^{ab}	3.01±0.10^{ab}	3.53±0.25^{ab}	2.70±0.35^{a}

Denemede elde edilen yavruların EPA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZCS grubunda (1.34±0.15), en düşük değer DS grubunda (0.53±0.00) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır (P<0.05, Şekil 4.29). Denemede elde edilen yavruların DHA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer CS grubunda (15.10±1.00), en düşük değer DS grubunda (8.55±1.09) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır (P<0.05, Şekil 4.29). Çalışmada kullanılan yemlerdeki DHA'ların kas dokusunda ve özellikle yavrularda artış gösterdiği tespit edilmiştir.



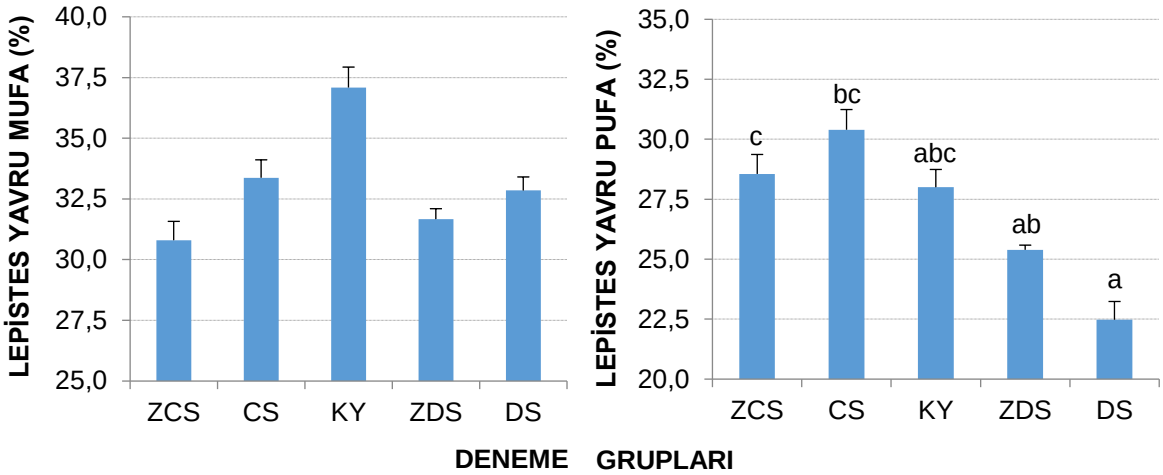
Şekil 4.29. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) yavru gruplarından 5 haftalık araştırma periyodu boyunca hesaplanan EPA (%) ($P>0.05$) ve DHA (%) ($P<0.05$) değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Deneme sonunda lepistes yavru SFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer DS grubunda (42.10±0.52), en düşük değer KY grubunda (31.35±0.30) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır ($P>0.05$, Şekil 4.30).



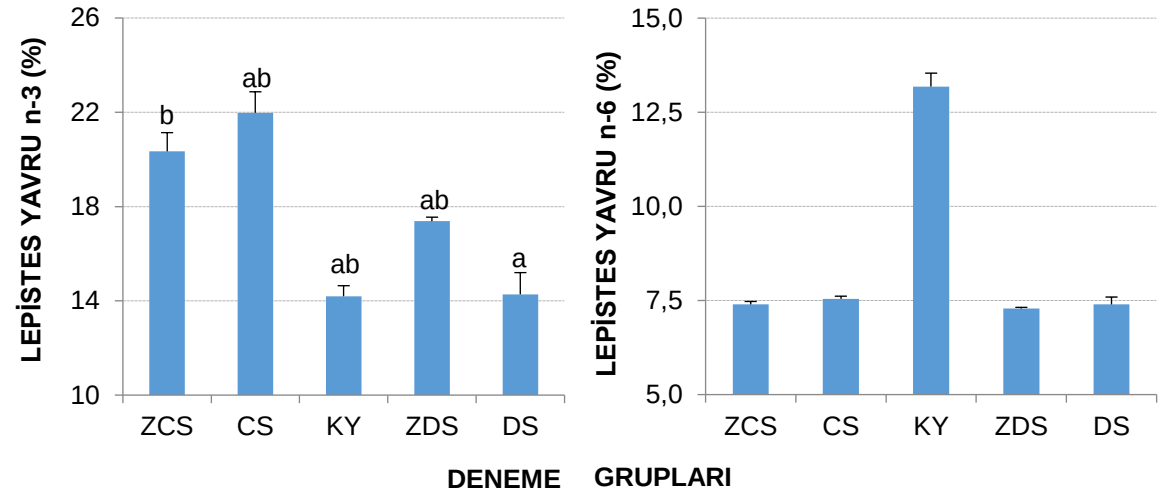
Şekil 4.30. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) yavru gruplarından 5 haftalık araştırma periyodu boyunca hesaplanan SFA (%) değerleri ($P>0.05$). Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Deneme sonunda lepistes yavru MUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer KY grubunda (37.09±0.84), en düşük değer ZCS grubunda (30.80±0.77) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır ($P>0.05$, Şekil 4.31). Deneme sonunda lepistes yavru PUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer CS grubunda (30.40±0.84), en düşük DS grubunda (22.48±0.76) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır ($P<0.05$, Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) yavru gruplarından 5 haftalık araştırma periyodu boyunca hesaplanan MUFA (%) ($P>0.05$) ve PUFA (%) ($P<0.05$) değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

Deneme sonunda lepistes yavru n-3 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer CS grubunda (21.98±0.89), en düşük değer KY grubunda (14.20±0.44) ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmıştır ($P<0.05$, Şekil 4.32). Deneme sonunda lepistes yavru n-6 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer KY grubunda (13.18±0.36), en düşük değer ZCS grubunda (7.29±0.03) ölçülmüş, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık saptanmamıştır ($P>0.05$, Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Farklı rejimlerle beslenen lepistes (*P. reticulata*) yavru gruplarından 5 haftalık araştırma periyodu boyunca hesaplanan n-3 (%) ($P<0.05$) ve n-6 (%) ($P>0.05$) değerleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmadır (n=3).

4.4. Tartışma

20. yüzyılın başından beri balıkçılıkta yem olarak ve uzun yıllardır akvaryum sektöründe taze/canlı yem kaynağı olarak kullanılmakta olan toprak solucanları (Mason ve ark, 1992), yakın zamanlarda, kurbağalar (Latsamy ve Perston, 2007), piliçler (Rezaeipour ve ark, 2014; Bahadori ve ark, 2015) ve balıklar (Yaqub 1997; Sogbesan ve ark, 2007; Loan ve ark, 2009; Mohanta ve ark, 2016) için kuru (solucan unu olarak), dondurulmuş veya sıvı formlarda canlı yem veya formüle edilmiş diyetlerde bileşen olarak kullanımları incelenmiş ve giderek yaygınlaşan bir kullanım alanı potansiyeli oluşturmuştur.

Denizel canlı kuluçkahanelerinde canlı yem kullanımı esas olarak larva kültürü ve yavru aşamalarında (mikro-alg, rotifer ve Artemia nauplii veya metanaplii olarak) ve anaç besleme (yetişkin Artemia, peri-karides veya deniz solucanları olarak) sırasında tercih edilmektedir. Kuluçkahane aşamalarında, kültürü yapılan sucul canlılar DHA'lara yüksek oranda ihtiyaç duymaktadırlar. Toprak solucanı, son derece sınırlı DHA içeriği nedeniyle biyolojik üretim döngüsünün önemli aşamaları için su ürünleri yetiştiriciliğinde canlı yemi olarak beklenen ilgiyi görmemiştir. Ancak son yıllarda toprak solucanı üretiminde yaşanan artış ve yapılan araştırmalarla birlikte toprak solucanlarının yem kaynağı olarak kullanılmasına yönelik ilgi her geçen gün artış göstermektedir. Piedad-Pascual (1985) poliket *Nereis sp*. ile kıyaslandığında, toprak solucanı *(E. fetida)* eklenen yemlerle beslediği *P. monodon* karideslerinin daha yüksek canlı ağırlık artışı ve yaşama oranı sergilediğini belirlemiştir. Araştırmacı karma olarak hazırlanan yemlere taze solucan eklenmesinden ziyade, solucanların un haline getirilerek eklenmesinin daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Liu (2006), Çin karidesi (*F. chinensis*) ve Pasifik beyaz karidesinde (*P. vannamei*) yapay yemlere 1:3 oranında taze veya dondurulmuş *E. fetida* karıştırdıklarında, karideslerde büyüme, et kalitesi ve immünolojik parametrelerde olumlu etkiler tespit etmişlerdir. Liu ve ark (2008), Çin karidesi ile yaptıkları bir çalışmada, yapay yem içerisine farklı oranlarda *E. fetida* karıştırarak, bu yemlerle besledikleri karideslerde 1:3 oranında (yapay yem/taze solucan) karıştırıldığında büyümenin arttığını, solucan katkısının artışıyla birlikte karides kas dokusundaki toplam aminoasit, esansiyel aminoasit yükseldiğini bildirmişlerdir. Chiu ve ark (2015), *P. vannamei* beslemede fermente edilmiş soya ve solucan ununun 4:1 oranında kullanılabileceğini, ancak bu karışımın karma yemdeki balık ununun % 80'ninden daha fazla olmaması gerektiğini belirtmişlerdir. Habashy ve ark (2012), tatlısu karidesi (*M. rosenbergii*) için 4 farklı yem formüle ederek BU (balık unu) yerine % 0, 25, 50, 75 ve % 100 SU (solucan unu) kullanmış ve bu yemlerle yürüttükleri deneme sonunda, en yüksek yaşama oranı, en iyi büyüme oranı (SBO) ve YÇO'yu % 25 solucan unu ikame edilmiş yem ile elde etmişlerdir. Dolayısıyla, bu araştırıcılar, tatlı su karidesinin beslenmesinde BU yerine, % 25 SU ikamesinin rahatlıkla önerilebileceğini bildirmişlerdir.

Özellikle denizel canlı üretimi için kuluçkahanelerde yaygın olarak kullanılmakta olan zenginleştirme prosedürünün, toprak solucanlarına DHA içeriği bakımından zenginleştirilebilme açısından çeşitli çalışmalar yapılmış ve bu konuda başarılı olunmuştur (Wouters ve ark, 2001a;

Kumlu ve ark, 2018). Bununla birlikte, n-3 LC-PUFA söz konusu olduğunda, toprak solucanının yem kaynağı olarak potansiyeli sınırlıdır ancak yapılan zenginleştirme işlemi ile n-3 LC PUFA ve LC-PUFA değerlerinde artış gözlenmiştir. Aslında, mevcut çalışmada ve önceki iki çalışmada (Liu ve ark, 2008; Beksarı, 2017) kaydedilen toprak solucanındaki çok düşük DHA seviyesi, yetiştiricilik koşullarında sucul canlılar için canlı yem olarak kullanılan nematodlar gibi diğer sucul olmayan organizmalarla tutarlıdır (Honnens ve ark, 2014) ve araştırmamız kapsamında yapılan zenginleştirme işlemi sonucunda toprak solucanı DHA seviyesinde önemli miktarda (36 kat) artış kaydedilmiştir. Buna göre, sucul olmayan, karasal solucanların su ürünleri yetiştiricilik endüstrisinde canlı yem kaynağı olarak potansiyel kullanımı, öncelikle DHA içeriğinin artışı ile birlikte mümkün görünmektedir. Darmawiyanti (2013) toprak solucanı *Pheretima sp*.'nin fosfolipid, kolesterol ve beta-karoten açısından zenginleştirilebileceğini göstermiştir. Zenginleştirmeden sonra, bu toprak solucanları, daha pahalı deniz solucanları (*Nereis sp*.) yerine karides anaçları (*P. vannamei*) için yem olarak taze veya kurutulmuş formda başarıyla kullanılmıştır. Benzer şekilde (Beksarı, 2017) *E. Fetida*'nın HUFA'ca zenginleştirilerek *P. vannamei* anaç ve yavrularında kullanılabileceğini bildirmiştir. Yapılan bu çalışmalarla birlikte artemia ve rotiferlerin LC-PUFA içeriğini artırmak için deniz kuluçkahanelerinde yaygın olan uygulamaya benzer bir zenginleştirme tekniği (Leger ve ark, 1986; Webster ve Lovell, 1990; Kumlu ve ark, 2018) ile toprak solucanlarının (*E. Fetida*) zenginleştirilerek kırmızı kıskaçlı kerevit (*Cherax quadricarinatus)* ve lepistes (*Poecilia reticulata*) anaçlarının beslenmesi ve buna bağlı üreme performanslarında meydana gelen değişikliklerin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlarla toprak solucanlarının gelecekte sucul canlı kuluçkahanelerinde özellikle anaç beslemede yeni ve kolay üretilebilir bir yem kaynağı olarak kullanımının yaygınlaşmasına katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

I. Deneme (Kerevit Anaçlarında Üreme Parametreleri)

Su ürünleri yetiştiriciliği son yıllarda önemli ölçüde büyüme göstermektedir. Bu üretim içerisinde kabuklu su ürünleri yüksek fiyatları nedeniyle en karlı ürün kategorisinde görülmektedir. Kabuklu su ürünlerine olan talebin her geçen gün artmasına rağmen avcılıkla elde edilen ürün miktarı her geçen gün azalmakta ve oluşan talebin yetiştiricilik yolu ile karşılanması gerekmektedir. Bu durum endüstrinin gelişmesi için daha iyi kuluçkahane tekniklerinin geliştirilmesi ve daha iyi kalitede yumurta elde edilmesini zorunlu kılmaktadır (Ghanawi ve Saoud, 2012). Kırmızı kıskaçlı kerevitte yüksek büyüme oranı, yılda birden fazla yumurtlama ve nispeten agresif olmayan davranışlar sergilemesi, su ürünleri yetiştiriciliği için son derece olumlu çeşitli biyolojik özelliklere sahip olması nedeniyle potansiyeli yüksek bir kabuklu türüdür (Meade ve Watts, 1995; Lawrence ve Jones, 2002). Yetiştiricilik potansiyelininin bu denli yüksek olması, endüstrinin gelişmesi için daha iyi kuluçkahane tekniklerinin geliştirilmesi ve daha iyi kalitede yumurta elde edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışma ile elde edilen sonuçların, ticari kerevit üreticileri için kültür sistemlerinde üretim maliyetlerini düşürmeleri, su kalitesini iyileştirmeleri, iyi kalitede yumurta elde etmeleri ve

kaliteli ve sürdürülebilir anaç stoku oluşturmaları açısından son derece yararlı olacağı düşünülmektedir.

Anaç besleme, önemli bir araştırma konusudur ve kırmızı kıskaçlı kerevitlerin üretim miktarını artırmak için öncelik arz etmektedir. Genel olarak, anaç besleme çalışmaları, yem içerisine belirli besin maddelerinin eklenmesinden (Coman ve ark, 2011), farklı seviyelerde temel besin maddeleri içeren yemlerin karşılaştırılmasına kadar çeşitlilik göstermektedir (Mohamend ve Diwan, 1992; Millamena ve ark, 1993; Rodríguez-González, 2001). Omurgasız canlıların üremeleri için temel gerekliliklerden bir tanesi de üreme olgunluğuna erişmiş dişilerin, yumurta gelişimi için oluşturdukları rezervlerdir. Bu rezervler yumurtaların ana bileşeni olan vitellini oluşturmaktadır (Adiyodi, 1985). Anaç diyetinin besinsel bileşimi ve kalitesi, larva ve yavru kalitesine önemli katkıda bulunmaktadır (Chung ve ark, 2011). Bu katkı, yumurtalık gelişimi sırasında beslenme ile elde edilen kaynakların ve anaç rezervlerinin harekete geçirilerek oositlere taşınması ile gerçekleşmektedir (García-Ulloa ve ark, 2004: Rodríguez-González ve ark, 2009a). Çalışmamızda anaç beslemede kullanılan ZCS, CS, ZDS, DS ve KY'nin protein, kuru madde ve kül içerikleri sırasıyla % 10.13-% 17.70-% 1.72, % 10.08,-% 16.05,-% 1.35, % 10.13-% 15.68-% 1.59, % 10.08-% 15.95-% 1.09, % 37.37-% 93.26-% 6.61 olarak belirlenmiştir.

Kabukluların büyümesi ve hayatta kalması için yapay yemin optimum lipid içeriğini belirlemeye yönelik çalışmalar % 5 ila % 8 arasında değişmektedir (D'Abramo ve ark, 1997). Zhu Jiang ve ark (2013), yaptıkları kırmızı kıskaçlı kerevit büyüme ve yem maliyeti analizine göre, yem içerisindeki karbonhidrat ve lipid seviyeleri sırasıyla 290.10 ve 80.70 g/kg olduğunda ve CHO:L oranının 3.60:1 olduğunda optimum büyüme ve optimum yem maliyetlerin oluştuğu gözlemlenmiştir. Cortes-Jacinto ve ark (2005), tatlı su sisteminde yetiştirilen yavru kırmızı kıskaçlı kerevitlerin büyümesinin maksimize edilebilmesi için yem içerisindeki lipid içeriğinin % 6,7 olması gerektiğini bildirmişlerdir. Doğal besin mevcut olduğunda, % 4 lipid içeriği yavru kırmızı kıskaçlı kerevitleri için yeterli görünmektedir (Hernandez-Vergara ve ark, 2003). Rodríguez-González (2009a), yaptığı araştırmada kırmızı kıskaçlı kerevitlerde optimum yumurta kalitesinin eldesi için anaç beslemede kullanılan yemin yağ oranının % 8.7 olması gerektiğini bildirmiştir. Çalışmamızda anaç beslemede kullanılan yemlerin (ZCS, CS, ZDS, DS ve KY) yağ değerleri sırasıyla % 1.79, % 1.30, % 2.14, % 1.36, % 6.28 olarak belirlenmiştir. Belirtilen değerlere göre balık yağı ile zenginleştirme sonrasında solucanlarda yağ içeriğinde artış görülmüştür. Ayrıca dondurulmuş solucanların yağ içerikleri de canlı solucanlardan daha yüksek değerdedir. Elde edilen bu değerler yapılan yağ asitleri analizleri ile birlikte icelendiğinde özellikle dondurma işlemi sonrasında solucanlarda SFA miktarında meydana gelen artıştan kaynaklandığı belirlenmiştir.

C. quadricarinatus türü kerevitleri, çevre koşullarına bağlı olarak yumurtaları açılmadan önce yaklaşık olarak 1 ay süre ile abdomenlerinde pleopodlara turunmuş halde bulunmaktadırlar (Yeh ve Rouse, 1994); bu nedenle yumurtanın vitellin kalitesi ve miktarı yavruların hayatta kalabilmeleri için hayati öneme sahiptir. Çünkü yumurta gelişimi süresince vitellin, yumurta için

temel besin maddesi rezervi görevi görmektedir. (Pinto ve ark, 2003). Mevcut yaklaşık bir ay süren kuluçka döneminden sonra açılan yumurtalardan çıkan yavruların anne kerevitlerin pleopodlarında 1 hafta kadar daha tutundukları ve bu süre içerisinde yumurta kesesindeki besini tükettikleri gözlemlenmiştir. Sonrasında serbest yüzer forma geçerek beslenmeye başladıkları belirlenmiştir.

Yaşama oranı kısmen stoklama yoğunluğuna ve bireylerin büyüklüğüne bağlıdır (Jones 1995a). Deneysel diyetlerle beslenen yavru kırmızı kıskaçlı kerevitler için yaşama oranı % 50-71 (Webster ve ark, 1994; Ponce ve ark, 1998) ve *Cherax destructor* için yaşama oranı % 65-85 (Jones ve ark, 1996a) arasında değişmektedir. Rodríguez-González ve ark, (2009b) *C. quadricarinatus*'ta yaşama oranını % 82-87 olarak belirlemiştir. Jones ve Ruscoe (2000), yaşama oranlarını ortalama % 76.6-87.5 olarak saptanmış olup, stok yoğunluğundan önemli derecede etkilenmediğini belirtmiştir. Çalışmamızda elde edilen yaşam oranları dişi kerevitlerde % 56.30-75.00, erkeklerde ise % 62.50-75.00 arasında değişim göstermiştir. En yüksek yaşam oranı CS grubunda en düşük yaşam oranı ise DS grubunda belirlenmiştir. DS ve ZCS gruplarında tespit edilen iştahsızlık ve büyüme oranlarındaki düşüşle birlikte dondurulmuş solucanlarla beslenen gruplarda toksik bir etki olabileceği düşüncesi oluşmuştur. Mevcut çalışmada kerevitlerde elde edilen yaşama oranı literatürdeki değerlere benzerlik göstermiştir.

Çoğu krustase türü, diyetlerinde enerji kaynağı olarak doymuş yağ asitlerini tercih etmektedir (Chen ve ark, 2015). Kantitatif olarak, palmitik asitin, diyet takviyesinden bağımsız olarak incelenen *P. virginalis* ve *P. clarkii* dokularında baskın bir yağ asidi olduğu belirlenmiştir (Kaliszewicz ve ark, 2022). Yapılan bir çalışmada *P. clarkii* doku ve organlarında büyük miktarda palmitik asit olduğu belirlenmiştir (Okajima ve ark, 1984; Zaglol ve Eltadawy, 2009). Doymuş palmitik asit takviyesinin *P. clarkii*'nin hayatta kalmasını artırdığını göstermiştir (Kaliszewicz ve ark, 2022). Ayrıca kas dokusunda ölçülen değerler gruplar arasında en yüksek yaşam oranına sahip CS ve en düşük yaşam oranına sahip DS grubunda benzer bulunmuştur. Bu durum yaptığımız çalışmada palmitik asit değerlerinin kerevitlerde yaşam oranı üzerinde etkisinin bulunmadığını göstemektedir.

Kabuklu deniz canlılarında kabuk değişimi çiftleşme ve üremenin gerçekleşmesi için önem arz etmekle birlikte kabuk değişimi ve üreme yüksek enerji gerektiren süreçlerdir. Kabuk değişimi ve üreme yüksek enerji gerektiren süreçlerdir (Raviv ve ark, 2008) ayrıca kırmızı kıskaçlı kerevitte büyüme ve üreme arasında enerji rekabetine dayalı bir ilişki mevcuttur (Sagi ve ark, 1997). Kuluçkahane çalışanları sıklıkla üremeyi teşvik etmek amacıyla göz sapı kesimi yapmakta ve bu operasyonda nadir olsa da kabuk değişimini teşvik etmektedir. Türk kereviti olarak bilinen *Astacus leptodactylus* için DHA bakımından zengin Clupeidae balık yağı içeren diyetle beslenen grubun n-6 yağ asitleri ve EPA bakımından zengin diyetle beslenen gruba göre yüksek büyüme oranı, kabuk değiştirme ve yüksek yaşam oranı belirlenmiştir (Valipour ve ark, 2011). *C. quadricarinatus* yavruları ile yapılan bir araştırmada DHA ve EPA bakımından zengin bir diyete kıyasla α-linolenik, linoleik ve oleik asitler içeren bir diyetle eşit derecede büyüme sergilemiştir (Thompson ve ark, 2010; Li ve ark, 2011). Yavru *Litopenaeus vannamei* karidesleri ile yapılan bir çalışma, n-6 ve n-9 yağ

asitlerinin gerekli olduğunu, ancak n-3 yağ asitlerinin n-6 yağ asitlerinden daha hızlı büyümeyi desteklediğini göstermiştir (Lim ve ark, 1997). Yüksek oranda doymamış yağ asitleri (üç veya daha fazla çift bağ içeren 20 ve 22 karbonlu yağ asitleri), yani AA (araşidonik asit), EPA ve DHA, genç *L. vannamei* bireylerini desteklemek için kullanıldığında, α-linolenik ve linoleik asitleri içeren çoklu doymamış yağ asitlerine (PUFA, birden fazla çift bağ içeren) kıyasla daha yüksek nihai ağırlık ve büyüme açısından daha fazla besin değeri sunmuştur (González-Felix ve ark, 2003). Benzer enerji içeriğine sahip yüksek karbonhidrat-düşük lipid ve yüksek lipid-düşük karbonhidrat diyeti ile beslenen kırmızı kıskaçlı kerevitlerin karşılaştırıldığı çalışmada yüksek karbonhidratlı diyetle beslenen grubun düşük büyüme ve zayıf FCR değerlerine sahip olduğu belirlenmiş ve bu durumun diyetteki esansiyel yağ asitlerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Zhu Jiang ve ark, 2013). Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlara paralel olarak *C. quadricarinatus*, erkeklerin dişilerden önemli ölçüde daha fazla büyüme gösterdiği cinsel dimorfik büyüme sergilemektedir (Curtis ve Jones, 1995; de Bock ve López Greco, 2010; Manor ve ark, 2002, 2004; Rodgers ve ark, 2006). Buna göre, tamamen erkek popülasyonların ticari üretimi, kırmızı kıskaçlı kerevitlerde pazarlanabilir verimi artırmak için en umut verici yöntemlerden biri olarak görülmektedir (Curtis ve Jones, 1995; de Bock ve López Greco, 2010). Ancak dişi bireylerde üreme olgunluğuna ulaştığında büyümenin yavaşlayarak enerjinin büyük bir kısmının üremeye harcandığı bilinmektedir. Yaptığımızı çalışmada ZCS grubundaki dişi bireylerde ağırlık olarak bir değişiklik görülmemiş, CS ve KY gruplarında dişilerde sınırlı büyüme gözlemlenmiş DS ve ZDS gruplarında ise ağırlıklarda azalma belirlenmiştir. Erkek bireylerde ise özellikle ZCS grubunda (19.24 g) ciddi ağırlık artışı görülmüş, ZDS ve DS grubunda ise (1.86 g-4.07 g) sınırlı bir ağırlık artışı belirlenmiştir. Yağ asitlerinin büyüme üzeindeki etkilerini değerlendirdiğimizde ise gruplar arasında farklılık gösteren ve literatürde de büyüme ile ilişkilendirilen DHA seviyesi en yüksek KY (9.43±0.21) grubunun yem içeriğinde belirlenmesine rağmen en yüksek ağırlık artışı ZCS (3.60±0.74) grubunda tespit edilmiştir. Bu durumun solucanların canlı yem olarak kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü deneme süresince canlı solucan ile beslenen gruplarda görülen iştah ve tüketim hızı dondurulmuş solucan ile beslenen gruplarda görülememiştir. Bu durum dondurulmuş solucanlarda meydana gelen birtakım değişimler nedeniyle kerevitler için tercih edilmeme sebebi olduğunu düşündürmetedir. Bu nedenle ağırlık artışının canlı solucanlarla beslenen gruplar ile dondurulmuş solucanlarla beslenen gruplar arasında benzerlik göstermediği belirlenmiştir.

Kırmızı kıskaçlı kerevitlerde yumurta sayısı az olmakta ve yumurta bakımı davranışı sergilenmektedir (Holdich, 2002). Bu strateji ile anaç kerevitlerin farklı besin kaynakları kullanarak homojen yumurta kalitesi ve yüksek üreme başarısı sergileme amacında olduğu, ayrıca yumurtlamanın yumurta biyokimyasal içeriklerinin homojen olması sonrasında gerçekleşmesini amaçladıkları hipotezi oluşturulabilir. Ancak GSI genellikle gonadda meydana gelen içsel değişiklikler, gonadal gelişim ve gonad kompozisyonu ile ilgili sınırlı bilgi sağlamaktadır (Grant ve Tyler, 1983; McRae ve Mitchell, 1995).

Fekondite, yumurtlama başına üretilen yumurta sayısı, dişilerin büyüklüğüne bağlı olan önemli bir üreme indeksidir (Harrison 1990; Yeh ve Rouse 1994). Díaz ve ark (2017), kırmızı kıskaçlı kerevit anaçlarında yaptıkları kısıtlı besleme çalışmasında bir grubu günlük biyokütlenin % 0.5'i kadar, kontrol grubunu ise biyokütlenin % 1.5'i kadar % 38 protein, % 6 yağ içeren yemle beslemişler ve üreme performansında meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Ortalama 17.19 g olan anaçlardan kontrol grubundan % 20.83 oranında, kısıtlı grupta % 33.33 oranında yumurtlama tespit edilmiştir. Kiriyakit ve Suwannagate (2018), dört farklı diyetle yaptıkları çalışmada en kısa kuluçka sürelerinin ve en yüksek sayıda serbest yaşayan yavruların toprak solucanı ile beslenen anaçlardan elde edildiğini ortaya koymuştur. Rodríguez-González ve ark (2009a), yaptıkları çalışmada yumurtlayan anaç sayısını % 18.12–27.38, doğurganlık oranını 9.07–10.31 (yumurta sayısı/anaç ağırlığı) olarak belirtmişlerdir. Rodríguez-González ve ark (2009b), çeşitli diyet uygulamalarında, ortalama olarak, 42 g'lık bir dişinin yumurtlama başına 382 yumurta ürettiğini bildirmiş, bu veri King (1993a) tarafından bu boyut ve tür için bulunan yumurtlama başına 379 yumurta verisiyle benzerlik göstermektedir. Yapılan çeşitli çalışmalarda pleopodlara tutunmuş halde bulunan, anaç ağırlığı (g) başına düşen yumurta miktarı 8.7 yumurta (King, 1993b), 8.2 yumurta (Jones, 1995a), 7.6 yumurta (Yeh ve Rouse, 1994), 10 yumurta (Rouse ve Yeh, 1995) ve 4.5-7.5 yumurta (Austin, 1998) arasında değişim göstermektedir. Belirlenen en düşük sayıda yumurta 2.8 adet olarak rapor edilmiştir (Sammy, 1988). Yumurtaların pleopodlara tutunma yüzdesi; ilk sıra % 22.4, ikinci sıra % 27.2, üçüncü sıra % 28.3 ve dördüncü sıra % 22.1 olarak tespit edilmiştir (Yeh ve Rouse, 1994). Yumurtaların kuluçka oranları Rouse ve Yeh (1995) tarafından % 90-95 olarak bildirilmiştir, ancak yavru aşamasına kadar hayatta kalma oranının çok daha düşük olduğu belirtilmektedir. de Yta (2009), yumurtaların açılmasından sonraki 30 günlük bir bakım döneminden sonra yavrularda % 35 yaşam oranı bildirirken, Jones (1995a) bu oranı % 52 olarak belirtmiştir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlara göre 42 g'lık bir anaç yumurta verimi hesaplandığında ortalama en yüksek ZCS grubunda 490 yumurta, en düşük CS grubunda 451 yumurta üretildiği görülmektedir. Bu değerler yapılan çalışmaların çok üzerinde yumurta verimini işaret etmektedir. Anaç ağırlığının yumurta sayısı ile ilişkisi incelendiğinde 1 g anaç ağırlığı için; ZCS grubunda 11.66, CS grubunda 10.73, KY grubunda 10.75, ZDS grubunda 10.84, DS grubunda 10.95 adet yumurta verimi elde edilmiştir. En yüksek yumurta verimi ZCS gurubunda (11.66) tespit edilmiş olup aynı zamanda en fazla yumurtlayan anaç (24 adet) bu grupta tespit edilmiştir. Diğer gruplarda ise sırasıyla; KY:23, CS:22, ZDS:19 ve DS:16 adet anacın deneme süresinde yumurtladığı belirlenmiştir. En az sayıdan anaç kerevitin yumurtlama faaliyetinde bulunduğu ZDS ve DS gruplarında, deneme sırasında iştahsızlık ve ağırlık kaybı da tespit edilmiştir. Bu nedenlerden dondurulmuş solucanda meydana gelen birtakım lezzet değişimleri veya biyokimyasal değişimler olabileceği düşünülmektedir.

Rodríguez-González ve ark (2009a), diyet lipid içeriğinin dişi kırmızı kıskaçlı kerevit yumurtalarının boyutunu ve ağırlığını etkilediğini ve yüksek kaliteli yumurta elde etmek için

yemdeki optimum lipid içeriğinin yaklaşık % 8.7 olduğunu bildirmiştir. Önceki çalışmalar *Macrobrachium rosenbergii* (Cavalli ve ark, 1999; Cavalli ve ark, 2000), *Litopenaeus vannamei* (Cahu ve ark, 1994; Palacios ve ark, 1998; Wouters ve ark, 2001a) ve *Fenneropenaeus indicus* (Cahu ve ark, 1995) yumurtalarının morfolojik özellikleri ve biyokimyasal bileşiminin anaç yeminin lipid bileşiminden etkilendiğini göstermiştir.Yapılan çalışmada lipid oranı % 4-8-12 olan yemler hazırlanarak kırmızı kıskaçlı kerevit anaç beslemede kullanılmış elde edilen yumurtaların alanı 3.52–3.90 mm^2, hacim değeri 34.0–39.3 mm^3, ağırlığı 4.81–5.36 mg ve boyu 2.15–2.27 mm olarak ölçülmüş, yumurtlayan anaç oranı ve % 18.12–27.38, doğurganlık oranı 9.07–10.31 (yumurta/anaç ağırlığı) olarak bildirilmiştir (Rodríguez-González ve ark, 2009a). Sagi ve ark (1997) tarafından ilk kez ve daha önce yumurtlamış kırmızı kıskaçlı kerevitlerde elde ettikleri (1.90-2.55 mm) sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Díaz ve Tropea (2017), yumurtaların ortalama hacmini 6.2 mm^3, yaş ağırlığını 4.7 mg ve kuru ağırlığını 2.1 mg olarak belirlemiştir. Yumurta en ölçümünde en yüksek değer ZDS (1.73±0.09 mm), en düşük değer DS (1.66±0.06 mm) grubunda ölçülmüştür (P>0.05). Yumurta boy ölçümünde elde edilen değerler gruplar arasında benzerlik göstermiştir (2.42±0.02 mm) (P>0.05). Yumurta alan hesaplamalarında en yüksek değer ZDS grubunda (3.24±0.33 mm^2), en düşük değer DS grubunda (3.15±0.16 mm^2) belirlenmiştir (P>0.05). Yumurta hacim hesaplamalarında en yüksek değer ZDS grubunda (3.72±0.49 mm^3), en düşük değer DS grubunda (3.49±0.28 mm^3) belirlenmiştir (P>0.05). Yumurta ağırlık ölçümlerinde en yüksek değer ZDS grubunda (4.29±0.42 mg), en düşük değer DS grubunda (4.03±0.34 mg) ölçülmüştür (P>0.05). En büyük yumurtaların ZDS grubundaki anaçlar tarafından üretilmesi, yumurtlama sıklığının azlığı ve dondurulmuş solucanlarda meydana gelen SFA değerlerindeki artışa bağlı olarak gerçekleştiği düşünülmektedir.

Genel olarak proteinler ve amino asitler doku yapısının oluşumu için ana bileşenlerdir ve lipidler kabukluların embriyonik gelişimi sırasında ana enerji kaynağını oluşturmaktadır (García-Guerrero ve ark, 2003c; Holland, 1978; Luo ve ark, 2004a). Kırmızı kıskaçlı kerevit yumurtalarının analizi, proteinlerin en bol bulunan bileşen olduğunu ve bunu lipidler ve karbonhidratların izlediğini ortaya koymuştur (Alimon ve ark, 2003; García-Guerrero ve ark, 2003c; Luo ve ark, 2008). García-Guerrero ve ark (2003c), kırmızı kıskaçlı kerevit yumurtalarının embriyonik gelişimi sırasında proteinlerin yumurta bileşeninin % 63.2'sini oluşturduğunu, bunu % 32.3 ile lipitlerin ve % 4.4 ile karbonhidratların izlediğini bildirmiştir. Gelişim sırasında lipit içeriğinin önemli ölçüde azalması, lipitlerin kırmızı kıskaçlı kerevit yumurtaları için ana enerji kaynağı olduğunu ve ayrıca doku sentezi ve diğer metabolik görevler için gerekli olduğunu düşündürmektedir. Alimon ve ark (2003), kırmızı kıskaçlı kerevit yumurtalarında García-Guerrero ve ark (2003c) tarafından bildirilenlere benzer lipid seviyeleri (% 31.9-33.2) ve gelişim sırasında lipid içeriğinde sürekli bir azalma olduğunu belirlemiştir. Karbonhidratlar her zaman sınırlı bir bileşen olarak mevcuttur ve konsantrasyonları gelişim sırasında önemli ölçüde değişmemektedir. Bununla birlikte, su içeriği yumurtalarda % 52 düzeyindeyken, yavrularda % 85'e yükselmektedir (García-Guerrero ve ark, 2003c). Bu sonuçlar Luo

ve ark (2008), tarafından da desteklenmiş, toplam proteinler, toplam amino asitler ve toplam lipitler embriyonik gelişim sırasında azalmıştır.

Lipidler hücre zarlarının yapısal bileşenleri ve gelişmekte olan embriyo için enerji kaynağı olarak gereklidir (Coutteau ve ark, 1997). Yumurtalarda lipit rezervlerinin bulunması, *C. quadricarinatus* gibi doğrudan gelişim gösteren dekapodlarda özellikle önemlidir, çünkü bu grupta embriyogenez uzundur ve sonuç olarak embriyolar gelişimin daha ileri bir aşamasında yumurtadan çıkmaktadır (Herring, 1974). Bu nedenle *C. quadricarinatus* yumurtalarının biyokimyasal kompozisyonunun anaç beslenmesi ile doğrudan ilişki içerisindedir (García-Guerrero ve ark, 2003). Yapılan çalışmalar, kırmızı kıskaçlı kerevit erken embriyonik gelişimi sırasındaki yağ asidi profili, başlıca yağ asitleri olan oleik/vaksenik (C18:1), palmitik (C16:0), linoleik (C18:2n-6) ve palmitoleik (C16:1n-7) asitin daha sonraki gelişim aşamalarında dokularda bol miktarda bulunduğunu ve diğer yağ asitlerinden daha fazla miktarda gerekli olduğunu göstermektedir (Alimon ve ark, 2003). Tekli doymamış yağ asitleri, yağ asidi profilinin ana kısmını oluşturmakta ve çoklu doymamış yağ asitleri linoleik (n-6) serisinin hakimiyetinde bulunmaktadır (düşük n-3/n-6 oranı) (Alimon ve ark, 2003). Luo ve ark (2008), embriyonik gelişim sırasında kırmızı kıskaçlı kerevitin hem nötr hem de polar lipitlerinde baskın yağ asitlerinin C16:0, C18:0, C18:1n-9 ve C18:3n-3 olduğunu bildirmiştir. Doymuş yağ asitleri (C16:0 ve C18:0) ve tekli doymamış yağ asitleri (16:1n-7 ve 18:1n-9) her zaman enerji amaçlı kullanılırken, çoklu doymamış yağ asitleri (C20:5n-3 ve C22:6n-3) hücre zarlarının yapısal bileşenleri olarak ve merkezi sinir sisteminin gelişimi için önem arz etmektedir (Luo ve ark, 2008). Xu ve ark (2023), çoklu doymamış yağ asitlerinin (özellikle C18:2n-6, C18:3n-3, C20:4n-6, C20:5n-3 ve C22:6n-3), lipit türünden bağımsız olarak kerevitlerin yumurtalık gelişimi sırasında önemli olduklarını bildirmiştir. Denemede elde edilen yumurtaların yağ asiti profilleri belirlenerek palmitik asit (C16:00) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZDS grubunda (19.79±0.05), en düşük değer ZCS grubunda (17.70±0.06) ölçülmüştür (P<0.05). Besin olarak kullanılan solucanlarda palmitik asit değerleri (4.09-5.36) kontrol yemine (20.87) göre son derece düşük olmasına rağmen yumurta içeriğindeki değerler benzerlik göstermektedir. Denemede elde edilen yumurtaların oleik asit (C18:1n-9) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer DS grubunda (33.97±0.08), en düşük değer ZCS grubunda (31.13±0.10) ölçülmüştür (P<0.05). Gruplarda kullanılan solucanlarda oleik asit değerleri (2.50-3.70) kontrol yemine (14.12) göre son derece düşük olmasına rağmen yumurta içeriğindeki değerler benzerlik gösterdiği ve bu yağ asitinin yumurtalarda yüksek miktarda birikim gösterdiği belirlenmiştir. Denemede elde edilen yumurtaların linoleik asit (C18:2n-6) (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer KY grubunda (14.31±0.47), en düşük değer ZDS grubunda (12.81±0.10) ölçülmüştür (P>0.05). Gruplarda kullanılan solucanlarda linoleik asit değerleri (4.78-7.00) kontrol yemine (20.57) göre son derece düşük olmasına rağmen yumurta içeriğindeki değerler benzerlik göstermektedir. Denemede elde edilen yumurtaların EPA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZCS grubunda (5.28±0.02), en düşük değer DS grubunda (4.03±0.05) ölçülmüştür (P<0.05). Denemede elde edilen yumurtaların DHA (%) değerleri

karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZCS grubunda (2.53±0.00), en düşük değer DS grubunda (1.51±0.02) ölçülmüştür (P<0.05). Çalışma sonunda elde ettiğimiz EPA ve DHA değerlerinin, en çok yumurta veren grupta en yüksek, en az yumurta veren grupta en düşük olarak tespit edilmiş olması, bu yağ asitlerinin üreme ile olan ilişkisini doğrular niteliktedir.

Denemede elde edilen yumurtaların SFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZDS grubunda (28.73±0.07), en düşük değer ZCS grubunda (27.90±0.21) ölçülmüştür (P>0.05). Kerevit anaçlarını beslemede kullanılan yemlerde belirlenen SFA değerleri yumurtada belirlenen değerlere benzer olup SFA'ların ağırlıklı olarak kas ve hepatopankreasta birikim yaptığı belirlenmiştir. Gruplarda belirlenen SFA değerlerinin birbirine yakın olmasının kerevitin homojen yumurta üretme kabiliyeti ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Denemede elde edilen yumurtaların MUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer DS grubunda (46.83±0.07), en düşük değer ZCS grubunda (43.73±0.25) ölçülmüştür (P<0.05). Kerevit anaçlarını beslemede kullanılan yemlerdeki MUFA miktarlarının biriktirilerek büyük oranda yumurtalara aktarıldığı tespit edilmiştir. Bu durum yemlerdeki MUFA oranlarının yumurta oluşumu ve gelişimi açısından önemli olduğunu göstermektedir. Denemede elde edilen yumurtaların PUFA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer DS grubunda (26.07±0.52), en düşük değer ZDS grubunda (23.45±0.17) ölçülmüştür (P<0.05). Kerevit yumurtalarında ölçülen PUFA değerlerinin anaç beslemede ve kerevit kas dokusunda ölçülen değerlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum anaç beslemede kullanılan yemlerdeki PUFA miktarının kerevitlerin yumurta gelişimi için ihtiyacı olan miktardan daha yüksek seviyede olduğu düşüncesini doğurmaktadır. Denemede elde edilen yumurtaların n-3 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZCS grubunda (10.40±0.12), en düşük değer DS grubunda (7.68±0.03) ölçülmüştür (P<0.05). Anaç kerevitlerin yemden elde ettikleri n-3 yağ asitlerini kas dokularında biriktirdikleri ancak yumurta üretiminde bu birikimin sınırlı bir kısmını kullandıkları belirlenmiştir. Denemede elde edilen yumurtaların n-6 (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer CS grubunda (15.92±0.37), en düşük değer ZDS grubunda (14.53±0.09) ölçülmüştür (P>0.05). Deneme gruplarını beslemede kullanılan yemlerdeki n-6 miktarının sınırlı bir kısmı kas dokusunda tespit edilmiş, asıl kullanımın yumurta oluşumu için kullanıldığı tespit edilmiştir. Ancak KY gurubunda kullanılan yemin n-6 miktarı diğer gruplara göre yüksek (22.75±0.28) olmasına karşın yumurtadaki n-6 miktarının belirli bir seviyenin üzerine çıkmadığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalar GSI'nin dişi *C. quadricarinatus*'un ilk olgunlaşma boyutundaki üreme aktivitesini ve durumunu tahmin etmek için güvenilir bir gösterge olduğunu göstermiştir. Ayrıca, sonuçlar gonadda besin birikimi için dış protein ve enerji kaynaklarının hayati önem taşıdığını, GSI değerlerinin tür için daha önce bildirilen değerlerden daha yüksek değerlere ulaşabileceği ve oosit gelişiminin asenkron olduğunu göstermiştir. Oogenez sırasında gonad ve hepatopankreas arasındaki lipid, karbonhidrat ve protein rezervlerinin kullanım şekli, diğer dekapodlarla yapılan benzer çalışmaların sonuçlarıyla uyumluluk gösterdiği belirlenmiştir (Lee ve Chang, 1997; Palacios ark, 2000). Dekapodların birçoğunda GSI ve HSI arasında negatif bir ilişki olduğu bildirilmiştir.

Erkeklerde GSI üreme mevsiminde maksimum değere ulaşırken, HSI'nin aynı mevsimde minimum değere düştüğü belirtilmektedir (Sokolowicz ve ark, 2006; Zara ve ark, 2012). Bir diğer çalışmada dekapod kabuklularda hepatopankreasın, üreme mevsimi boyunca spermatogenez ve gonad gelişimi için enerji sağlayan ana organ olduğu belirtilmiştir (Sokolowicz ve ark, 2006). Bu eğilim Rodríguez-González (2001) tarafından bu tür için bildirilen sonuçları doğrulamakta ve *Penaeus aztecus* ve *Penaeus setiferus* (Castille ve Lawrence, 1989), *Penaeus monodon* (Millamena ve Pascual, 1990), *Litopenaeus vannamei* (Palacios ark, 2000) ve *Macrobrachium rosenbergii* (Cavalli ve ark, 2001) gibi diğer dekapodlar için gözlemlenen sonuçlarla da benzerlik göstermektedir (Rodríguez-González ve ark, 2006b). Zhu Jiang ve ark (2013), tarafından yapılan çalışmada gruplar arasında HSI değerlerindeki farklılıkların önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen hepatopankreatik glikojenin ise biyokimyasal adaptasyonlar için hızlı bir şekilde kullanılabilen acil durum enerji kaynağı olduğu belirtilmektedir. Kırmızı kıskaçlı kerevit beslenmesinde kullanılan yemlere yapılan soya lesitini, yumurta sarısı lesitini veya kril yağı takviyesinin hepsinin, özellikle kril yağı grubunda GSI'yi önemli ölçüde artırdığı belirlenmiş, soya lesitini ile beslenen kerevitler, diğer deneysel diyetlerle beslenenlere kıyasla en yüksek HSI'yi göstermiştir (Xu ve ark, 2023). Bu çalışmada, farklı gelişim aşamalarında oositlerin varlığı, bazı oositlerin vitellin içererek hızla büyüdüğünü, diğerlerinin ise inaktif kaldığını göstermektedir. Benzer gözlemler tür için Sagi ve ark (1996a) tarafından da yapılmıştır. Rodríguez-González ve ark (2006b), toprak havuzlardan ve laboratuvar tanklarından diseksiyon için organizmaları rastgele toplayarak maksimum GSI değerlerini % 5 olarak bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada, 9 gibi yüksek bir GSI değeri elde edilmiş, bu değerin kerevitleri olgunlaştırmak için gösterilen özel çabanın sonucu olduğu bildirilmiştir. GSI'deki farklılıklar gen havuzu ve büyüklük gibi çeşitli faktörlerle ilişkili olabilirken, daha yüksek GSI değerlerinin optimum P/E oranına (% 32 protein ve 17 g/kJ) sahip bir diyetin ve uygun yetiştirme koşullarının kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmada ikincil vitellojenik oositler GSI=4.06'da zirve yaparak optimum gonadal gelişime ulaştıklarını göstermiştir. Daha yüksek bir GSI değerinde, ikincil vitellojenik oositlerin sayısı azalmış ve post-vitellojenik aşama baskın hale gelmiştir (Rodríguez-González ve ark 2006b).

Díaz ve ark (2017), kırmızı kıskaçlı kerevit anaçlarında yaptıkları kısıtlı besleme çalışmasında bir grubu günlük biyokütlenin % 0.5'i kadar, kontrol grubunu ise biyokütlenin % 1.5'i kadar % 38 protein, % 6 yağ içeren yemle beslemişler ve kontrol grubunda GSI 3.98±1.97, kısıtlı besleme grubunda 1.12±0.55 olarak belirlenmiş, HSI ise kontrol grubunda 7.01±1.21, kısıtlı besleme grubunda 7.53±0.53 olarak ölçülmüştür. Çalışmamızda dişi anaçlarda deneme sonrası hepatosomatik indeks hesaplanmış, en yüksek değer, 5.53±0.63 KY grubunda, en düşük değer 3.87±0.85 ZCS grubunda hesaplanmıştır (P>0.05). Dişi kerevitlerde KY dışında solucanla beslenen grupların HSI'sinin birbirine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Erkek anaçlarda ise en yüksek değer, 5.55±0.61 KY grubunda, en düşük değer 3.37±0.52 CS grubunda hesaplanmıştır (P>0.05). Erkek kerevitlerde KY dışındaki gruplarda ZCS ve ZDS gruplarında, CS ve DS gruplarına göre daha yüksek

HSI değerleri hesaplanmıştır. Dişi ve erkek kerevitlerde en yüksek HSI'nin KY grubunda bulunmasının kontrol yeminin literatürde belirtilen ve kerevit anaç beslemesinde önerilen rasyonların göz önünde bulundurularak hazırlanmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Gonad ve hepatopankreas arasındaki ilişki ve enerji transfer mekanizması düşünüldüğünde erkek kerevitlerin HSI değerleri dişilere oranla daha anlamlı görülmektedir. Bundan dolayı çalışmamızın tamamlandığı süreçte ZCS, CS ve KY gruplarında yumurtalı anaçlara rastlanmıştır. Bu durum dişi kerevitlerde GSI ve HSI değerlerini doğrudan etkilediği düşünülmektedir.

Bazı yazarlar crustase türlerinde, gonadlardaki gamet gelişimi için hepatopankreas ve yağ dokularından yağ rezervlerinin taşındığını bildirmişlerdir (Galois, 1984; Castille ve Lawrence, 1989; Millamena ve Pascual, 1990; Mourente ve ark, 1994; Rodríguez-González, 2001). Rodríguez-González ve ark (2006b)'na göre, dişi kırmızı kıskaçlı kerevitlerin gelişmekte olan gonadları tarafından kullanılan lipitler esas olarak tükettikleri besinlerden kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde Li ve ark (2010), gonadların lipid ihtiyacının kısmen anaç besinleri yolu ile elde edildiği sonucuna varmıştır. Buna sebep olarak, dekapod kabuklularda ana organ olan hepatopankreastaki lipid rezervlerinin yumurtalıkların ihtiyacı olan miktarı karşılamaktan uzak olduğu belirtilmiştir. Yumurtalıkların yağ rezervini oluşturmak dışında birçok biyolojik işlevi bulunan hepatopankreasın fizyolojisi ve biyokimyasal indeksi beslenme metabolizmasının durumunu yansıtabilmektedir (Gimenez ve ark, 2004). Ayrıca dekapodların yumurta sarısındaki ana protein olan vitellogenin de hepatopankreasta üretilmektedir (Tseng ve ark, 2001). İlginç bir şekilde, yapılan çalışmalar vitellogenin'in aynı zamanda erkek kerevitlerde spermatoforun ana bileşenlerinden biri olduğunu ve spermatozoa kapasitasyonu sırasında lipid metabolizması sürecinde önemli bir role sahip olabileceğini göstermiştir (Niksirat ve ark, 2014, 2015). Bu nedenle, kerevitlerde üremenin olmadığı sezonlarda hepatopankreas ağırlığının artması ve azalması kısmen bu organda vitellogenin üretimi ve depolanmasına ve nihayetinde spermatofor üretimi için tüketilmesine bağlanabilir (Ardavan ve Harlıoğlu, 2019). Üreme için son derece önemli olmasına rağmen sadece birkaç çalışma (Li ve ark, 2010; Rodríguez-González ve ark, 2006b; Sagi ve ark, 1995, 1996a) hepatopankreas ve yumurtalıkların biyokimyasal bileşimlerini ve dişi kırmızı kıskaçlı kerevit üremesi sırasında meydana gelen değişiklikleri değerlendirmiştir. Buna göre, kırmızı kıskaçlı kerevitlerin vitellogenezi sırasında hepatopankreas ve gonadlarındaki çözünebilir protein ve lipit içeriğindeki değişiklikler hem diyete hem de hepatopankreastaki rezervlere bağlı olduğu görülmüştür. Ayrıca her iki dokudaki doymuş yağ asitleri/tekli doymamış yağ asitleri/çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) ve baskın yağ asitlerinin (C16:0, C18:1n-9 ve C18:2n-6) orantılı miktarları, tatlı su türlerinde yağ asitlerinin mobilizasyonunun ve kullanımının deniz türlerinden farklı olduğunu göstermektedir. Tatlı su kabuklularında, yumurtalıkların ve hepatopankreasın başlıca yağ asitleri C16:0, C18:1n-9 ve C18:2n-6 iken, deniz türlerinde ise C16:0 ve C18:1 en baskın doymuş yağ asitleri ve tekli doymamış yağ asitleridir; PUFA için en baskın olanlar ise DHA ve EPA'dır. Bununla birlikte vitelogenez sırasında,

yumurtalıklarda ve hepatopankreasta yüksek oranlarda tekli doymamış yağ asitlerinin bulunuyor olması bu yağ asitlerinin ana enerji kaynağı olarak kullanıldığını düşündürmektedir (Li ve ark, 2010).

Deneme sonunda gruplar arasında hepatopankreas dokusunda renk farklılıkları tespit edilmiştir. CS ve ZCS gruplarında hepatopankreas dokusunun krem rengi ve sütlü kahve tonlarında olduğu, DS ve ZDS gruplarında krem renginden kırmızılaşan tonlarda, KY grubunda ise vişne çürüğünden siyaha doğru değişen çeşitli renklenmeler belirlenmiştir. Deneme sonunda kerevit hepatopankreasında DHA (%) değerleri karşılaştırılmış, en yüksek değer ZCS grubunda (2.17±0.04), en düşük değer ise CS grubunda (0.38±0.01) bulunmuştur (P>0.05). ZCS, KY ve ZDS gruplarında ölçülen değerler birbirine yakın bulunurken CS ve DS grubunun değerleri son derece düşük kalmıştır. Kerevit hepatopankreasın C16:0, C18:1n-9, MUFA, PUFA ve SFA'ları biriktirdiği belirlenmiştir. Hepatopankreasın gonad olgunlaşması ile olan ilişkisi ve besin maddelerinin taşınımı nedeniyle birikimi yapılan yağ asitlerinin yumurta ve embriyo için önemli olduğu düşünülmektedir.

II. Deneme (Lepistes Anaçlarında Üreme Parametreleri)

Balık besleme, süs balıklarının sağlığının ve genel davranışlarının korunmasında ve ayrıca parlak renk, genişlemiş yüzgeçler, sağlam pullar, deri ve yumurtlama performansı gibi dış görünümün geliştirilmesinde önemli bir rol oynar. Süs balığı çiftliklerinin çoğunda anaçların beslenmesi hala zararlı patojenlerin bulaşma riskini artıran kan kurtları, Tubifex gibi canlı yemlere dayanmaktadır (Radhika ve ark, 2007). Bunun yanında deniz ve tatlı su balık türlerinde kullanılan çeşitli makro ve mikro canlı yem türleri arasında Artemia nauplii, rotiferler, sivrisinek larvaları, Daphnia ve Moina da bulunmaktadır (Chong ve ark, 2002; Tamaru ve ark, 1997; Lim ve ark, 2003).

Anaç beslemede kullanımı son derece yaygın olan bu yemler, üreme performanslarını etkileyen ana unsurlar olarak görülmektedir. Bu besinler gonadal olgunlaşma aşamasında kullanılarak, yumurta kalitesini ve miktarını belirlemede temel etken rolü alırlar. (Watanabe ve ark, 1988). Canlı yeme erişilebilirlikle balık larvası, yavru ve fingerling üretimindeki verimliliğin, doğrudan ilişkili olduğunu belirtilmektedir (Lim ve ark, 2003). Uygun miktarlarda canlı yem, deniz balığı türlerinin çoğunda üreme başarısına katkıda bulunmuştur. Ancak, tatlı su balıkları üretiminde bu canlı yemlerin kullanılamaması, canlı yem arzının sınırlı olması ve maliyetlerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda toprak solucanlarının protein kalitesinin balık ununa benzer olduğu ve yüksek oranda esansiyel aminoasit içerdikleri bildirilmiştir (Tacon ve ark, 1983; Tacon ve Metian, 2009; NRC, 2011). Toprak solucanlarının değişik formlarının (kuru, sıvı, canlı veya solucan unu) alternatif protein kaynağı olarak kurbağalar (Latsamy ve Preston, 2007), kanatlılarda (Prayogi, 2011; Rezaipour ve ark, 2014; Istiqomah ve ark, 2017), balık (Yaqub, 1997; Sogbesan ve ark, 2007; Loan ve ark, 2009; Mohanta ve ark, 2016) ve karides (Langer ve ark, 2011; Chiu ve ark, 2015) yemlerinde kullanımları gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Yaptığımız çalışmada yukarıda belirtilen canlı yem kaynaklarına alternatif oluşturabileceği düşüncesiyle toprak

solucanı (*E. fetida*)'nın çeşitli formlarda lepistes anaçlarında kullanım olanakları ve yavru verimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Diyet protein ve lipit seviyelerinin balıklarda ağırlık artışında önemli bir rol oynadığı ve yeterli seviyelerin sağlanmasının daha yüksek yavru üretimi ile sonuçlanacağı belirtilmiştir (Milton ve Arthington, 1983). Suting ve ark (2013), farklı diyet lipit kaynaklarının kullanıldığı yemlerin lepisteslerin büyüme ve üreme performansı üzerinde olumlu etkileri olduğunu bildirmiştir. Dahlgren (1980), farklı protein seviyelerine sahip üç tip yemle yaptığı çalışmada % 31 protein içeren yemle beslenen dişi lepisteslerde yüksek büyüme ve üreme performansı kaydetmiştir. Bir diğer çalışmada, %.30-40 diyet proteininin lepistes için kullanılabilecek en iyi oran olduğu ve % 9-10.5 lipid seviyelerinin yüksek ortalama vücut ağırlığı, yumurtalık ağırlığı, GSI ve yumurta sarısına sahip oosit sayısını kazandırdığı bildirilmiştir (Shim ve Ng, 1988). Shim ve Chua (1986), % 30-40 protein içeren diyetlerle beslenen anaçların en yüksek gonad gelişimi gösteren bireyler olduğu ve çünkü bu diyetlerin en yüksek ortalama yumurtalık ağırlığı ve lepistes yumurtalıklarında en yüksek ortalama yumurta sarısını içeren oosit sayısı ile sonuçlandığını bildirmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada anaç beslemede kullanılan diyetler içerisinde en yüksek düzeyde protein ve lipid içeren diyetin lepistes dişilerinde maksimum yavru üretimi gösterdiği bildirilmiştir (Kithsiri ve ark, 2010). Moradkhani (2008), *Cichlasoma severum* üzerinde çalışmış ve zenginleştirilmiş gıdalar içeren canlı yem kullanımının artan doğurganlık üzerindeki etkilerini fark etmiştir. Ayrıca, Tamaru ve ark (2003), melek balığı anaçları ve *Carassius auratus* için canlı yem kullanımının döllenme yüzdesini artırdığını belirtmiştir. Lim ve ark (2003), Tamaru ve ark (2003), Dhert (2004) ve Moradkhani (2008) *P. reticulata*, *X. helleri*, *Xiphophorus maculates*, *Poecilia sphenops*, *Hyphessobrycon herbertaxelrodi*, *Cichlasoma severum* için yemlemeyi araştırmış, *Carassius auratus* ve *Symphysodon aequifasciata* ve *Artemia urmiana*'nın doymamış yağ asidi ve askorbik asit ile zenginleştirilmesinin ve kuluçka stoklarının beslenmesinde kullanılmasının larvaların hayatta kalma oranını artırdığını bulmuşlardır. Mevcut çalışmada lepisteslerin en yüksek doğum ve yavru sayısı canlı solucan ile beslenen ZCS ve CS (31-30 anaç, 1605-1655 yavru) gruplardan olduğu tespit edilmiştir.

Shahjahan ve ark, 2014 tarafından yapılan çalışmada anaç 12 dişinin yumurta ağırlığı 0.60 ± 0.04 g (0.54-0.68 g) ve ortalama yumurta çapı: 1.02 ± 0.08 mm (0.9-1.2 mm) olarak ölçülmüştür. Yavrulama verimi, *P. reticulata*'nın tam olgun anaç dişileri tarafından üremelerinin en yoğun döneminde üretilen toplam yumurta sayısı olarak ifade edilmiştir. Çeşitli vücut büyüklüklerinde (0.54- 0.68 g) toplam doğurganlığın 22-52 olduğu, vücut ağırlığı başına tahmini ortalama doğurganlığın ise 63 ± 13.45 (40-89) olduğu görülmüştür. Sonuçlar, fekonditenin balığın vücut ağırlığı ile doğru orantılı olduğunu, yani vücut ağırlığındaki artışla birlikte fekonditenin de arttığını göstermektedir. Kuluçka başına yavru sayısının 12-60 arasında değiştiği ve sayının dişinin büyüklüğüne göre de değiştiği bulunmuştur. Büyük dişiler küçük balıklardan daha fazla sayıda yavru üretmektedir (Shahjahan ve ark, 2014). Shikano ve Fujio (1997) dişi lepistesin 2 ila 100 yavru

doğurduğunu, ancak tipik aralığın 5 ila 30 arasında olduğunu bildirmiştir. Padhan ve ark (1995), doğadan alınan anaçlarda diseksiyon sonucu ortalama 36±13 adet, zooplankton ile beslenen anaçlarda 33±14 adet, ticari yemle beslenen anaçlarda 10±5 adet yavru elde edilmiştir. Ling ve ark (2006b) yaptıkları çalışmada kılıçkuyruk balıklarını hazırladıkları farklı yağ asiti içeriğine sahip yemlerle beslemişlerdir. HUFA içerikleri; ARA, DHA, EPA; 0.9-10.8-9.1 olan grupta en yüksek yavru verimi (25 adet) elde edilmiştir. Kruger ve ark (2001a), ticari yem, günlük su piresi ilaveli ticari yem ve haftada bir su piresi ilaveli ticari yem ile beslenen anaç kılıçkuyruk balıklarından elde edilen toplam yavru sayısını sırasıyla 4444, 3374, 4001 adet olarak tespit edip gruplar arasında fark olmadığını rapor etmişlerdir. Chong ve ark (2004), anaç kılıçkuyruk balıklarının % 20, % 30, % 40, % 50, % 60 oranındaki protein seviyelerinde sırasıyla 41, 100, 129, 167, 182 adet yavru elde ettiğini rapor etmişlerdir. Ling ve ark (2006a), anaç kılıçkuyruk balıklarında yaptıkları denemede, % 20 protein + % 8 yağ (% 20P8Y), % 30P12Y ve % 30P16Y içeren besin gruplarında sırasıyla, 36, 188, 163 adet yavru tespit etmişlerdir. James ve Sampath (2004), *X. helleri* balığında yem tüketimi ve kullanımının, ovaryum ağırlığı ve verimliliği üzerindeki etkilerini 235 gün boyunca inceledikleri araştırmada, 30 günlük yavru balıkları (0.05±0.001 g; 16.84±1.59 mm) artemia, toprak solucanı, dana ciğeri, ticari yem ve karışık yem ile beslemişlerdir.Yavru verimi bakımından karışık yem, artemia ve dana ciğeri ile beslenen gruplatda 4 defa gerçekleşen yavrulamada sırasıyla 753, 612 ve 509 adet, toprak solucanı ve ticari yem ile beslenen gruplarda 3 defa gerçekleşen yavrulamada 315 ve 155 adet yavru elde edilmiştir. Yılmaz (1998), yaptığı çalışmada dalaklı yem + fitoplakton ile beslenen anaçlardan en fazla (97 adet), su piresi kurusu ile beslenen anaçlardan en az sayıda yavru (29 adet) elde ettiğini bildirmiştir. Karaçuha ve Aral (2008), denemede canlı yem katkılı akvaryum balık yemi ile beslenen, anaç lepistes balıklarının toplam yavru sayısında artış olmustur. En fazla yavru verimi akvaryum balık yemi + artemia ile beslenen grupta (542 adet) ve akvaryum balık yemi + su piresi ile beslenen grupta (401 adet) meydana gelmiştir. Bu grupları akvaryum balık yemi (339 adet) ile artemia verilen (221 adet) gruplar takip etmiştir. En az yavru verimi ise su piresi ile beslenen grupta (152 adet) gözlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ergin lepistesler 90 gün boyunca 7 farklı yem ile beslenmiştir. Gruplara göre en yüksek yavru verimi kan kurdu ile beslenen (684 adet) grupta tespit edilmiştir. Denemede canlı yem katkılı akvaryum balık yemi ile beslenen anaç lepisteslerde toplam yavru sayısında artış olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, lepisteslere verilen beş farklı yemin, dişilerin büyüme ve üreme performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Diyet I, II, III, IV ve V olarak adlandırılan yemler sırasıyla pul yem, kan kurdu, çekirge, gergedan böceği ve un kurdundan oluşmuştur. Büyüme ve üreme performansı, büyüme parametreleri, gonad gelişimi ve yavru verimi değerleri incelenmiştir. Diyet II, IV ve V ile beslenen balıklar diğer gruplara kıyasla daha yüksek spesifik büyüme oranı sergilemiştir. Diyet II ile beslenen lepisteslerde ovaryum ağırlığının, diyet I, III, IV ve V ile beslenenlerden önemli ölçüde yüksek olduğu görülmüştür (P<0.05). Elde edilen yavru sayıları, diyet I, II, III, IV ve V ile beslenen balıklar için sırasıyla 35.5, 58.8, 30.8, 50.2 ve 48.1 olarak belirlenmiştir. Gruplar arasında, diyet II ile beslenen balıklarda en yüksek ortalama gonad ağırlığı ve

GSI değerleri belirlenmiştir. Bu çalışma, kurutulmuş böceklerin ticari lepistes yetiştiriciliği için güvenilir bir besin kaynağı olduğunu ve balıkların üreme performansını artırdığını göstermiştir. Kithsiri ve ark (2010), lepistes yetiştiriciliğinde kullanılan 3 farklı protein-yağ oranına sahip yemle yaptıkarı çalışmada yavru verimi diyet-1, diyet-2 ve diyet-3 ile beslenen balıklar için sırasıyla 4.28, 7.98 ve 18.44 olarak tespit edilmiştir. Yavru sayısı ve yaşama oranları diyet-3 ile beslenen lepisteslerde önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur (P<0.05).

Deneme boyunca yavrulayan anaç sayısı en fazla ZSC grubunda 31 adet, CS grubunda 30 adet, KY ve ZDS gruplarında 20 adet ve en az DS grubunda 16 adet olarak belirlenmiştir. Denemede elde edilen yavru sayısı en yüksek CS grubunda 1655 adet, ZCS grubunda 1605 adet, ZDS grubunda 1096 adet, KY grubunda 1095 adet, en düşük ise DS grubunda 524 adet olarak gerçekleşmiştir. Denemede elde edilen yavruların yaşama oranı en yüksek DS grubunda (% 99.43), en düşük ise KY grubunda (% 88.86) tespit edilmiştir. Lepisteslerin farklı vücut büyüklükleri ve g başına tahmini vücut ağırlıkları altında doğurganlıkları ZDS grubunda en yüksek 17.27, DS grubunda ise en düşük 12.52 olarak belirlenmiştir. Denemede elde edilen yavruların boyu en yüksek ZCS grubunda (8.03±0.36), en düşük KY grubunda (7.72±0.37) ölçülmüştür (P<0.05). Denemede elde edilen yavruların ağırlığı en yüksek ZCS grubunda (6.07±0.86), en düşük KY grubunda (5.71±0.82) ölçülmüştür (P>0.05). Elde edilen verilere göre zenginleştirilmiş canlı ve canlı solucanların lepistes beslenmesinde kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir. Özellikle DS grubunda belirlenen düşük yavru veriminden kaynaklı donmuş solucan kullanımı önerilmemektedir.

Lipitler, balıkların büyümesi ve hayatta kalması için gerekli olan önemli enerji ve yağ asidi kaynaklarıdır (Sales ve Janssens, 2003). Genel olarak, çoğu balık uzun zincirli doymamış yağ asitlerine ihtiyaç duyar; bununla birlikte, gereksinimler en gerekli n-3 ve n-6 yağ asitleri ile türlere göre değişir (Lovell, 2000). Tatlı su balıkları linoleik asit (C18:2 n-6) veya linolenik asit (C18:3 n-3) ihtiyacı duyarken, deniz suyu türleri EPA ve DHA'lara gereksinim duyarlar (NRC, 1993). Olgunlaşma sırasında lipit birikimi, özellikle de yağ asitleri, balık metabolizmasındaki kilit rolleri nedeniyle üreme ve larva gelişimi için çok önemlidir (Ghaedi ve ark, 2016; Huang ve ark, 2010; Ling ve ark, 2006; Ng ve Wang, 2011; Watanabe ve Vassallo-Agius, 2003). Özellikle DHA, EPA ve ARA (araşidonik asit) gibi uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (LC-PUFA'lar), balık larvalarının sinir sisteminin (Benítez-Santana ve ark, 2012; Ishizaki ve ark, 2001; Turkmen ve ark, 2017) ve duyu organlarının (Benítez-Santana ve ark, 2007) normal gelişimi ve işlevi için gerekli görülmektedir.

Artan yumurta lipit konsantrasyonunun yavruların hayatta kalması için hayati önem taşıdığı, buna sebep olarak da lipitlerin balıklar tarafından yavrudan olgunluğa kadar kullanılan birincil enerji kaynağı olduğu bildirilmiştir (Sargent ve ark, 1989). Bazı çalışmalar, anaç balıkların beslenmesindeki yüksek oranda doymamış yağ asidi (HUFA) seviyesinin fekondite, fertilite, kuluçka oranı, balık yumurtalarının canlılığı ve larval büyümeyi önemli ölçüde etkilediğini bildirmiştir (Furuita ve ark, 2007). Farklı hayvansal ve bitkisel lipit kaynakları, sadece enerji kaynağı olarak değil, aynı zamanda derinin geçirimsizlik bariyerini, kolesterol taşınmasını ve metabolizmasını

korumak ve ayrıca balıkların normal büyümesi ve sağlık durumu için gerekli olan esansiyel yağ asitleri (EFA) kaynağı olarak da balık yemi formülasyonu için kullanılmaktadır. Balık yağlarında bulunan n-3 tipi uzun zincirli PUFA'nın, özellikle de EPA ve DHA önemi her geçen gün artmaktadır (Jaya-Ram ve ark, 2008). Ling ve ark (2006b), yaptıkları çalışmada kılıçkuyruk balıklarını hazırladıkları farklı yağ asiti içeriğine sahip yemlerle beslemişlerdir. HUFA içerikleri; ARA, DHA, EPA değerleri; 0.3-4.6-4.2 olan grupta en yüksek gonadosomatik indeks (% 11.86) değeri tespit edilmiştir. Mandal ve ark (2012), her yumurtlamada yavru üretiminde kademeli bir artış olduğunu bildiren ve sonuçları balık vücut ağırlığı ile yavru üretimi arasındaki pozitif korelasyona bağlayan Tamaru ve ark (2001)'nın bulgularıyla uyumludur. Bu çalışmada, kontrol grubunun yumurtadan çıkan yumurta, kuluçka yüzdesi, yavru üretimi ve yavru üretim yüzdesi bakımından yumurtlama performansı belirgin şekilde iyileşmiştir. Aynı zamanda, sadece HUFA (EPA/DHA) ile zenginleştirilmiş yem formüle edildiğinde en düşük kuluçkalı yumurta ve yavru üretimi elde edilmiştir. Düşük üreme performansı gösterilmesinin olası bir nedeni, muhtemelen diyetlerdeki aşırı n-6 HUFA, n-3 PUFA, n-3 HUFA ve n-3 / n-6 oranının olumsuz etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir Başka yerlerde yapılan çalışmalarda da aşırı düzeyde diyet HUFA ve üreme performansının olumsuz etkilerini gösteren benzer raporlar mevcuttur (Li ve ark, 2005).

Denemede elde edilen yavruların EPA, DHA ve AA değerleri en düşük DS grubunda belirlenmiş bu sebeple en düşük PUFA değerleri yine DS grubunda tespit edilmiştir. DHA ve PUFA değerleri en yüksek bulunan grup ise CS olmuştur. Bu durum, tatlı su balıklarının diyetle alınan C18 n-6 ve n-3 PUFA'nın büyük miktarlarını C20 ve C22 desatüratlarına desatüre edip uzatabildiğini öne süren Yamada ve ark (1980)'nın bulgularını doğrulamaktadır. Uzama mekanizması, C18:3n-3 diyette mevcut olduğunda meydana gelmiştir (Mandal ve ark, 2012) ve bizim çalışmamızda da diyette en yüksek C18:3n-3 CS diyetinde (5.91±0.25) tespit edilmiştir. En düşük DHA değerlerine sahip olan canlı solucanlarla beslenen lepisteslerin en yüksek DHA içeriğine sahip yavruları üretmelerinin, bulundurdukları desatürasyon kabiliyeti sayesinde mümkün olduğu düşünülmektedir. CS gurubu yavrularında DHA ve PUFA değerlerinin gruplar arasında en yüksek değerlere sahip olması, yavru veriminin bu yağ asitleri ile ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca en düşük yavru verimine sahip DS grubu yavrularında DHA ve PUFA değerlerinin gruplar arasında en düşük değerlerde bulunmuş olması bu yağ asitlerinin yavru verimliliği açısından birinci derecede etkili olduğununu destekler niteliktedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Zenginleştirme işlemi sonucunda özellikle solucanlardaki DHA seviyelerinde kayda değer (36 kat) artışlar görülmüştür.
- Dondurma işlemi sonucunda solucanlarda SFA değerlerinde artış kaydedilmiştir.
- Solucanlarda zenginleştirme ve dondurma işleminin PUFA değerlerinde azalmalara neden olduğu tespit edilmiştir.
- Elde edilen değerlere göre zenginleştirme işleminin solucanlarda MUFA değerlerine herhangi bir katkısının olmadığı görülmüştür.
- Elde edilen değerlere göre dondurma işlemi canlı solucanlarda PUFA değerlerinde % 6.39, zenginleştirilmiş canlı solucanlarda % 7.41 düşüş tespit edilmiştir.
- Dondurma işleminin canlı solucanlarda n-3 değerlerinde % 4.30, zenginleştirilmiş solucanlarda ise % 7.47'lik bir düşüşe sebep olduğu tespit edilmiştir.

Toprak solucanlarının hem fiyat hem de kullanışlılık ve besin içerikleri açısından su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılmakta olan canlı yemlere alternatif oluşturabilecekleri görülmektedir. Toprak solucanlarının herhangibir hastalık veya toksik etki oluşturmadığı aksine üremeyi teşvik edici etkileri olduğu belirlenmiştir. Literatür bilgileri ve çalışmamızda elde edilen sonuçlar, kerevit ve lepisteslerde anaç yemi olarak kullanılmak üzere, *E. fetida*'nın özellikle canlı olarak transferi sağlanarak, canlı veya balık yağı ile zenginleştirilmesinin ve ardından canlı yem olarak kullanılması için çok kullanışlı bir yöntem olabilir.

I. Deneme (Kerevit Anaçlarında Üreme Parametreleri)

- Deneme gruplarında dişilerde yaşama oranı en yüksek CS grubunda % 75.00, en düşük DS grubunda % 56.30 olarak tespit edilmiştir.
- Erkek bireylerde en yüksek yaşama oranı CS, ZDS ve KY gruplarında % 75.00, en düşük yaşama oranı ZCS ve DS gruplarında % 62.50 olarak bulunmuştur.
- Deneme süresi boyunca kabuk değişimi ZCS grubunda 10, CS grubunda 6, KY grubunda 16, ZDS grubunda 2 ve DS grubunda 3 bireyde gözlemlenmiştir. ZDS ve DS gruplarında görülen iştahsızlıkla beraber büyüme azalmış ve kabuk değişim oranları da düşüş göstermiştir.
- Dişi ve erkek kerevitlerde en yüksek GSI değerlerinin en az yumurtlama sayısına sahip (16 defa) grup olan DS grubunda tespit edilmiş, deneme sonunda yapılan diseksiyon sırasında ZCS grubunda 11 anaçtan 5'inin, CS grubunda 12 anaçtan 7'sinin, KY grubunda 11 anaçtan 5'inin pleopodlarında yumurtaların olduğu belirlenmiştir. Bu durum üreme için uygun besinler sağlandığında anaçlardan düzenli olarak yavru alımının mümkün olduğunu göstermektedir.

- Deneme boyunca haftalık olarak yapılan yumurta kontrollerinde, yumurtlayan anaç sayısı en fazla olan grup ZCS: 24, daha sonra KY: 23, CS: 22, ZDS: 19 ve DS: 16 anaç olarak gerçekleşmiştir.
- Denemenin yumurta sayımları ve ölçümlerinin yapıldığı ilk 7 haftalık periyotta elde edilen verilere göre yumurta sayısı ve yumurtlayan anaç sayısı en yüksek ZCS (10 anaç-5270 yumurta) grubu, en düşük ise ZDS (6 anaç-2806 yumurta) grubu olarak belirlenmiştir.
- Bir yumurtlamada en fazla yumurta ZCS grubunda 56.62 g anaçtan 801 adet, en az yumurta ZDS grubunda 39.73 g anaçtan 284 adet olarak gerçekleşmiştir.
- Anaç ağırlığına göre en yüksek yumurta verimi ZCS (11.66 adet/g) grubunda, en düşük verim ise CS (10.73 adet/g) grubunda belirlenmiştir.
- Deneme süresince en yüksek yumurtalı anaç sayısına (15 anaç) 6. haftada ulaşılmış ve denemenin 10. haftasında yumurtalı dişiye rastlanamamıştır. Sonraki haftalarda anaçlarda yumurtlama 16. haftaya kadar devam etmiştir.
- Yumurta en ölçümünde en yüksek değer ZDS (1.73 mm), en düşük değer DS (1.66 mm) grubunda ölçülmüştür (P>0.05). Yumurta boy ölçümünde elde edilen değerler gruplar arasında benzerlik göstermiştir (2.42 mm) (P>0.05). Yumurta hacim hesaplamalarında en yüksek değer ZDS grubunda (3.72 mm³), en düşük değer DS grubunda (3.49 mm³) belirlenmiştir (P>0.05). Yumurta ağırlık ölçümlerinde en yüksek değer ZDS grubunda (4.29 mg), en düşük değer DS grubunda (4.03 mg) ölçülmüştür (P>0.05).
- Kerevit kas dokusunda gruplarında oleik asit değerleri arasında çok büyük bir farklılık bulunmazken yemden gelen oleik asitlerin büyük oranda kas dokularında depoladıkları tespit edilmiştir. Ayrıca kerevit anaçlarının yemlerden gelen SFA'ları artırarak kas dokularında depoladıkları tespit edilmiştir.
- Gruplarda kullanılan solucanlarda palmitik asit değerleri (% 4.09-5.36) kontrol yemine (% 20.87) göre son derece düşük olmasına rağmen yumurta içeriğindeki palmitik asit değerleri benzerlik göstermektedir.
- Gruplarda kullanılan solucanlarda oleik asit değerleri (2.50-3.70) kontrol yemine (14.12) göre son derece düşük olmasına rağmen yumurta içeriğindeki değerler benzerlik göstermektedir.
- Gruplarda kullanılan solucanlarda linoleik asit değerleri (4.78-7.00) kontrol yemine (20.57) göre son derece düşük olmasına rağmen yumurta içeriğindeki değerler benzerlik göstermektedir.
- Kerevit anaçlarını beslemede kullanılan yemlerdeki MUFA miktarlarının biriktirilerek büyük oranda yumurtalara aktarıldığı tespit edilmiştir. Bu durum yemlerdeki MUFA oranlarının yumurta oluşumu ve gelişimi açısından önemli olduğunu göstermektedir.

- Kerevit yumurtalarında ölçülen PUFA değerlerinin anaç beslemede ve kerevit kas dokusunda ölçülen değerlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum anaç beslemede kullanılan yemlerdeki PUFA miktarının kerevitlerin yumurta gelişimi için ihtiyacı olan miktardan daha yüksek seviyede olduğu düşüncesini doğurmaktadır.
- Deneme sonunda gruplar arasında hepatopankreas dokusunda renk farklılıkları tespit edilmiştir. CS ve ZCS gruplarında hepatopankreas dokusunun krem rengi ve sütlü kahve tonlarında olduğu, DS ve ZDS gruplarında krem renginden kırmızılaşan tonlarda, KY grubunda ise vişne çürüğünden siyaha doğru değişen çeşitli renklenmeler belirlenmiştir.
- ZCS, KY ve ZDS gruplarında ölçülen DHA değerleri birbirine yakın bulunurken CS ve DS grubunun değerleri son derece düşük kalmıştır.
- Kerevit hepatopankreas DHA değerlerinin ZCS, KY ve ZDS gruplarında (% 2.17, % 2.10, % 2.16) CS ve DS (% 0.38, % 0.65) gruplarına göre ciddi bir fark oluştuğu belirlenmiş, oluşan bu farkın beslenme kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.
- Kerevit hepatopankreas PUFA değerleri en düşük ZCS ve ZDS gruplarında belirlenmiş ve PUFA değerlerinin beslenme kaynaklı değişim gösterdiği belirlenmiştir.
- Kerevit hepatopankreasta n-3 ve n-6 değerlerinin ters orantılı olduğu belirlenmiş, KY grubunda en yüksek n-6 değerlerine ulaşırken en düşük n-3 değerleri de yine aynı grupta tespit edilmiştir.

Kırmızı kıskaçlı kerevitlerden optimum çevresel koşulların sağlanması ile birlikte besinsel ihtiyaçlarının karşılanması durumunda düzenli yumurta alımının mümkün olduğu görülmektedir. Toprak solucanının kerevitlerde üreme üzerinde olumlu etkisi görülmüş olup canlı kullanılması halinde gayet verimli olabileceği yaptığımız çalışma ile kanıtlanmıştır. Zenginleştirilmiş canlı solucan ve canlı solucan ile beslenen gruplar arasında üremede çok büyük farkların oluşmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle üretim faaliyetlerinde kullanımı ve daha az işçilik gerektirmesi nedeniyle canlı solucanların kerevit kuluçkahane operasyonlarında anaç beslemede kullanımının uygun olduğu düşünülmektedir. Kuluçkahane operasyonlarında önemli bir yer tutan canlı yemlere ucuz, üretimi kolay ve ölçeklendirilebilir olması nedeniye kuluçkahane operasyonlarında toprak solucanı kullanımının yakın gelecekte artış göstereceği düşünülmektedir. Kırmızı kıskaçlı kerevit yetiştiricilik endüstrisi geliştikçe, kaliteli yavrulara olan talep hızla artacak ve endüstri mevcut büyüme oranını korumak istiyorsa, yavruların miktarını ve kalitesini optimize eden kanıtlanmış yetiştirme protokollerine duyulan ihtiyaç bir zorunluluk haline gelecektir.

II. Deneme (Lepistes Anaçlarında Üreme Parametreleri)

- Deneme boyunca haftada iki defa olarak yapılan yavru kontrollerinde, yavrulayan anaç sayısı en fazla ZSC grubunda 31 adet, CS grubunda 30 adet, KY ve ZDS gruplarında 20 adet ve en az DS grubunda 16 adet olarak belirlenmiştir.

- Denemede elde edilen yavru sayısı en yüksek CS grubunda 1655 adet, ZCS grubunda 1605 adet, ZDS grubunda 1096 adet, KY grubunda 1095 adet, en düşük ise DS grubunda 524 adet olarak gerçekleşmiştir.
- Ortalama yavru sayısı en yüksek CS grubunda (55.17), ZDS (54.80), KY (54.75) ZCS (51.77) en düşük ise DS grubunda (40.13) belirlenmiştir. Denemede elde edilen yavruların yaşama oranı en yüksek DS grubu (% 99.43), CS (% 96.31), ZDS (% 95.71), ZCS (% 94.89) en düşük ise KY grubunda (% 88.86) tespit edilmiştir.
- Denemede elde edilen yavruların boyu en yüksek ZCS grubunda (8.03), en düşük KY grubunda (7.72) ölçülmüştür ($P<0.05$). Denemede elde edilen yavruların ağırlığı en yüksek ZCS grubunda (6.07), en düşük KY grubunda (5.71) ölçülmüştür ($P>0.05$). Bu değerler zenginleştirilmiş canlı solucanla beslenen lepisteslerin daha büyük yavrular ürettiğini göstermektedir.
- Dondurulmuş solucanlarla beslenen gruplarda EPA ve DHA değerlerinin canlı solucanlarla beslenen gruplara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Lepisteslerde MUFA'ların kas dokusunda biriktirildiği belirlenmiş, bu durum MUFA'ların enerji kaynağı olarak kullnıldığını göstermektedir.
- Denemede elde edilen yavruların EPA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ZCS grubunda (1.34), en düşük değer DS grubunda (0.53) ölçülmüştür ($P<0.05$).
- Denemede elde edilen yavruların DHA (%) değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer CS grubunda (15.10) belirlenmiştir. CS grubunun DHA seviyesi en düşük yemle beslenirken en yüksek DHA seviyesine sahip yavruları üretmiş olması lepisteslerin DHA sentezleme kabiliyetlerininin olduğunu göstermektedir.
- Çalışmada kullanılan yemlerdeki DHA'ların kas dokusunda ve özellikle yavrularda artış gösterdiği belirlenmiş, bu durum DHA'nın yavru gelişimi için önemli bir yağ asiti olduğunu göstermektedir.

Lepisteslerin özellikle canlı solucanları severek tükettikleri belirlenmiş ve en yüksek yavru verimi de canlı solucan ve zenginleştirilmiş canlı solucan gruplarında elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre solucanlar akvaryum sektöründe kullanılan ve beraberinde birçok hastalık etkenini de bulunduran canlı yemler için başarılı bir alternatiftir. Zengin besin içeriği sayesinde zenginleştirilmeye ihtiyaç duymadan kullanılabilir ve istenilen ölçeklerde taze olarak üretilebilir.

Genel olarak kerevit ve lepisteslerde besin olarak kullanılan en verimli gruplar ZCS ve CS grupları olmuştur. Su içerisinde uzun süre canlı kalabilmesi ve kirlilik etmeni oluşturmaması önemli bir avantaj olarak görülmektedir. Kerevit ve lepisteslerde anaç besleme için dondurulmuş solucanların uygun bir yem olmadığı tespit edilmiştir. Her iki denemede de dondurulmuş solucanlara karşı iştahsızlık görülmüş, bu durum üreme ve büyüme üzerinde de olumsuz etkilere neden olmuştur.

KAYNAKLAR

Abdu, U. R. I., Yehezkel, G. and Sagi, A., 2000. Oocyte development and polypeptide dynamics during ovarian maturation in the red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Invertebrate Reproduction & Development, 37(1), 75-83.

Abdu, U., Yehezkel, G., Weil, S., Ziv, T. and Sagi, A., 2001a. Is the unique negatively charged polypeptide of crayfish yolk HDL a component of crustacean vitellin? Journal of Experimental Zoology, 290(3), 218-226.

Abdu, U., Barki, A., Karplus, I., Barel, S., Takac, P., Yehezkel, G., Laufer, H. and Sagi, A., 2001b. Physiological effects of methyl farnesoate and pyriproxyfen on wintering female crayfish *Cherax quadricarinatus*. Aquaculture, 202(1-2), 163-175.

Abdu, U., Davis, C., Khalaila, I. and Sagi, A., 2002. The vitellogenin cDNA of *Cherax quadricarinatus* encodes a lipoprotein with calcium binding ability, and its expression is induced following the removal of the androgenic gland in a sexually plastic system. General and Comparative Endocrinology, 127(3), 263-272.

Adil, S., Sisman, T. and Incekara, Ü., 2014. An investigation on the growth and reproductive performance of *Poecilia reticulata* Peters (Cyprinodontiformes: Cyprinidae) fed diets with dried insects. Munis Entomology & Zoology, 9, 638-644.

Adiyodi, R. 1985. Reproduction and its control. (D. E. Bliss and L. H. Mantel, editors) The biology of Crustacea. Academic Press, New York, 147–217.

Ahyong, S. T. and Yeo, D. C., 2007. Feral populations of the Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus* von Martens) in water supply catchments of Singapore. Biological Invasions, 9(8), 943-946.

Alimon, A.R., Roustaian, P., Saad, C.R., Kamarudi, M.S., 2003. Lipid content and fatty acid composition during early and late embryonic development of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Crustacea, decapoda). Journal of Applied Ichthyology 19, 397–398.

Al-Mohanna, S.Y. and Nott J.A., 1987. R-cells and the digestive cycle in *Penaeus semisulcatus* (Crustacea: Doda). Marine Biology, 95, 129–137.

Alpbaz, A., 1984. Akvaryum Teknigi ve Balıkları. Acargil Matbaası, İzmir, 309.

Alpbaz, A., 1993**.** Akvaryum Teknigi ve Balıkları. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İzmir, 403.

Alpbaz, A., 2000. Akvaryum Balıkları Ansiklopedisi. Alp Yayıncılık, 215.

An, C. G., Weng, X. L., Xu, Y. Z., Fan, Y. J. and Zhao, Y. L., 2011. Histological and ultrastructural studies on the male reproductive system and spermatogenesis in the red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*. Journal of Crustacean Biology, 31(2), 223-230.

Anjur, N., 2017. Effect of different natural diets on the growth and survival of Swordtail (*Xiphophorus helleri*) fry. Proceedings Festivel Agro Makanan dan Bioteknologi, 128–135.

Anson, K. J. and Rouse, D. B. 1994. Effects of salinity on hatching and post-hatch survival of the australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Journal of the World Aquaculture Society, 25(2), 277-280.

AOAC, 1990. Official methods of anaylsis of the association of official analytical chemistry. (HELRICH, K. editör). 15.edn. Arligton, VA. USA.

AOAC, 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Association of Official Analytical Chemists, 16th edn. Arlington, VA, USA.

Austin, C.M., 1992. Preliminary pond production of the redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in the central United States. Journal of Applied Aquaculture 1, 93-102.

Austin, C.M., 1998. A comparison of clutch and brood size in the red claw, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) and the Yabby, *Cherax destructor* Clark (Decapoda: Parastacidae). Aquaculture 167 (1/2), 135–145.

Austin, C.M., 1996. An electrophoretic and morphological taxonomic study of the freshwater crayfish genus *Cherax* (Decapoda: Parastacidae) in Northern and Eastern Australia. Aust. J. Zool. 44, 259-296.

Axelrod, H.R., Burgess, W.E., Pronek, N., Walss, J.G., 1986. Dr. Axelrod's atlas of freshwater aquarium fishes. T.F.H. Publications, Inc., U.S.A., 736.

Bahadori, Z., Esmaylzadeh, L., Torshizi, M.A.K., 2015. The effect of earthworm (*Eisenia fetida*) and vermihumus meal in diet on broilers chicken efficiency and carcass components. Biological Forum An International Journal, 7(1): 998-1005.

Barki, A., Karplus, I., 2000. Crowding female red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, under small-tanks hatchery conditions: what is the limit? Aquaculture 181, 235–240.

Barki, A., Levi, T., Hulata, G., Karplus, I., 1997. Annual cycle of spawning and molting in the red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, under laboratory conditions. Aquaculture 157, 239–249.

Beatty, S. J., 2006. The diet and trophic positions of translocated, sympatric populations of *Cherax destructor* and *Cherax cainii* in the Hutt River, Western Australia: evidence of resource overlap. Marine and Freshwater Research, 57(8), 825-835.

Beksarı, A., 2017. Enrichment of HUFA Contents of the Earthworm Eisenia fetida and It's Use as Feed for the Shrimp *Penaeus vannamei* (PhD thesis). Cukurova University, Adana-Turkey,178.

Benítez-Santana, T., Masuda, R., Carrillo, E. J., Ganuza, E., Valencia, A., Hernandez-Cruz, C. M., (2007). Dietary n-3 HUFA deficiency induces a reduced visual response in gilthead seabream *Sparus aurata* larvae. Aquaculture, 264, 408-417.

Bligh, E. G., Dyer, W. J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry. Physiology, 37, 911- 917.

Bortolini, J. L., Alvarez, F. and Rodríguez-Almaraz, G., 2007. On the presence of the Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in Mexico. Biological Invasions, 9 (5), 615-620.

Bugnot, A.B., López Greco, L.S., 2009. Sperm production in the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae). Aquaculture 295, 292–299.

Caceci T., Neck K.F., Lewis D.H. & Sis R.F., 1988. Ultrastructure of the hepatopancreas of the pacific white shrimp *Penaeus vannamei* (Crustacea: Decapoda). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 68, 323–337.

Cahu, C. L., G. Cuzon, and P. Quazuguel., 1995. Effect of highly unsaturated fatty acids, *α*-tocopherol and ascorbic acid in broodstock diet on egg composition and development of *Penaeus indicus*. Comparative Biochemistry and Physiology, 112A, 417–424.

Cahu, C. L., J. C. Guillaume, G. Stephan, and L. Chim., 1994. Influence of phospholipid and highly unsaturated fatty acids on spawning rate and egg and tissue composition in *Penaeus vannamei* fed semi-purified diets. Aquaculture, 126, 159–170.

Campaña Torres, A., Villarreal Colmenares, H., Civera Cerecedo, R. and Martínez Córdova, L. R., 2003. Efecto del nivel proteico de la dieta sobre el desarrollo de juveniles de la langosta australiana *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). Revista de biología tropical, 51(3-4), 749-751.

Castille, F.L., Lawrence, L.A., 1989. Relationship between maturation and biochemical composition of gonads and digestive glands of shrimps *Penaeus aztecus* Ives and *Penaeus setiferus* (L.). J. Crustac. Biol., 9, 202–211.

Cavalli, R. O., G. Menschaert, P. Lavens, and P. Sorgeloos., 2000. Maturation performance, offspring quality and lipid composition of *Macrobrachium rosenbergii* females fed increasing levels of dietary phospholipids. Aquaculture International, 8, 41–58.

Cavalli, R. O., P. Lavens, and P. Sorgeloos., 1999. Performance of *Macrobrachium rosenbergii* broodstock-fed diets with different fatty acid composition. Aquaculture, (179), 387–402.

Cavalli, R.O., Tamtin, M., Lavens, P., Sorgeloos, P., 2001. Variations in lipid classes and fatty acid content in tissues of wild *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) females during maturation. Aquaculture, 193, 311–324.

Celada, J. D., Carral, J. M., Gaudioso, V. R., Temiño, C. and Fernández, R., 1989. Response of juvenile freshwater crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana) to several fresh and artificially compounded diets. Aquaculture, 76(1-2), 67-78.

Chang, E.S., Sagi, A., 2008. Male reproductive hormones. In: Mente, E. (Ed.), Reproductive Biology of Crustaceans: Case Studies of Decapod Crustaceans. Science Publishers, Enfield, NH, USA, 299–318.

Chen, K., Li, E. C., Xu, Z. X., Li, T. Y., Xu, C., Qin, JG., 2015. Comparative transcriptome analysis in the hepatopancreas tissue of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* fed different lipid sources at low salinity. PLoS One, 10(12), e0144889.

Chiu, S. T., Wong, S. L., Shiu, Y. L., Chiu, C. H., Guei, W. C., Liu, C. H., 2015. Using a fermented mixture of soybean meal and earthworm meal to replace fishmeal in the diet of white shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone). Aquaculture Research, 47, 3489-3500.

Chong, A. S. C., Hashim, R., Ali, A. B., 2002. Assessment of dry matter and protein digestibilities of selected raw ingredients by discus fish (*Symphysodon aequifasciata*) using in vivo and in vitro methods. Aquacult Nutr; 8(3), 229-238.

Chong, A. S. C., Ishak, S. D., Osman, Z., Hashim, R., 2004. Effect of dietary protein level on the reproductive performance of female swordtails *Xiphophorus helleri* (Poecilidae). Aquaculture, 234, 381-392.

Chung, M.Y., Liu, C., Chen, Y.N. & Cheng, W., 2011. Enhancing the reproductive performance of tiger shrimp, *Penaues monodon*, by incorporating sodium alginate in the brood stock and larval diets. Aquaculture, 312, 180–184.

Coman, G.J., Arnold, S.J., Barclay, M. & Smith, D.M., 2011. Effect of arachidonic acid supplementation on reproductive performance of tank-domesticated *Penaeus monodon.* Aquacult. Nutr., 17, 141–151.

Cortés-Jacinto, E., Villarreal-Colmenares, H., Civera-Cerecedo, R. and Cruz-Suárez, L. E., 2004. Studies on the nutrition of the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens): effect of the dietary protein level on growth of juveniles and preadults. Freshwater Crayfish, 14, 70-80.

Cortés-Jacinto, E., Villarreal-Colmenares, H., Cruz-Sua´rez, E., Civera-Cerecedo, R., Nolasco-Soria, H. and Hernandez- Llamas, A., 2005. Effect of dietary protein and level on the growth and survival of juvenile Australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens). Aquaculture Nutrition 11, 283–291.

Coutteau P., Geurden I., Camara M.R., Bergot P. & Sorgeloos P., 1997. Review on the dietary effects of phospholipids in fish and crustacean larviculture. Aquaculture, 155, 149–164.

Curtis, M. C., and Jones, C. M., 1995. Observations on monosex culture of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* von Martens (Decapoda: Parastacidae) in earthen ponds. Journal of the World Aquaculture Society, 26(2), 154-159.

D'Abramo, L. R., D. E. Conklin, and D. M. Akiyama., 1997. Crustacean nutrition. Advances in world aquaculture, 6.

D'Abramo, L.R., Daniels, W.H., Gerard, P.D., Jun, W.H., Summerlin, C.G., 2000. Influence of water volume, surface area, and water replacement rate on weight gain of juveniles freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture 182, 161–171.

Dahlgren, B.T., 1980a. ınfluences of population density on reproductive output at food excess in the guppy, *Poecilia reticulata* (Peters). Biol. of Reproduction, 22, 1047-1061.

Dahlgren, B.T., 1980b. The effects of three different dietary protein levels on fecundity in the Guppy, *Poecilia reticulata* (Peters). J. Fish Biol., 16, 83-97.

Dahlgren, B.T., 1981. Impact of different dietary protein contents on fecundity and fertility in the female Guppy, *Poecilia reticulata* (Peters). Biology of Reproduction, 24, 734-746.

Dağdanaşar, D., 2019. Kırmızı kıskaçlı kerevitlerde (C*herax quadricarinatus*) kapalı devre sistemlerde üremenin hormonlarla uyarılması ve yoğun yavru üretim tekniklerinin geliştirilmesi (Doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana, 137.

Darmawiyanti, V., 2013. The evaluation of earthworm (*Pheretima* sp) enrichment on the chemical composition and ovarian development of female Pacifik white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) broodstock. Master Thesis, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Indonesia, pp. 40.

Davis, D. A. and Robinson, E. H., 1986. Estimation of the dietary lipid requirement level of the white crayfish *Procambarus acutus acutus*. Journal of the World Aquaculture Society, 17(1-4), 37-43.

Dawes, J.A., 1991. Livebearing fishes. A guide to their aquarium care, biology and classification, 240.

de Bock, M., López Greco, L.S., 2010. Sex reversal and growth performance in juvenile females of the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Parastacidae): effect of increasing temperature and androgenic gland extract in the diet. Aquaculture International, 18, 231–243.

de Moor, I., 2002. Potential impacts of alien freshwater crayfish in South Africa. African Journal of Aquatic Science, 27(2), 125-139.

de Yta, A.G., 2009. Hatchery, Nursery, Nutrition and stock evaluation of redclaw *crayfish Cherax quadricarinatus*. PhD dissertation, Auburn University, USA.

Dernekbaşı S., Karayucel, I. and Oksuz A., 2011. Effect of dietary canola oil level on fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* L.). The Israeli Journal of Aquaculture Bamidgeh, IIC, 63, 535-545.

Dhert, P., Lim, L., Yen, Chew, W., Dermaux, V., Nelis, H., Sorgeloos, P., 2004. Enhancement of stress resistance of the guppy (*Poecilia reticulata)* through feeding with vitamin C supplement. J World Aquacult Soc., 33(1), 32–40.

Díaz, C., Tropea, F. C., Stumpf, L. ve López Greco, L. S., 2017. Effect of food restriction on female reproductive performance in the redclaw crayfish *cherax quadricarinatus* (Parastacidae, Decapoda). Aquaculture Research, 48(8), 4228-4237.

Dzikowski, R., Hulata, G., Karplus, I., Harpaz, S., 2001. Effect of temperature and dietary L-carnitine supplementation on reproductive performance of female guppy (*Poecilia reticulata*). Aquaculture, 199, 323-332.

Endler, J.A., Houde, A.E., 1995. Geographic variation in female preferences for male traits in *Poecilia reticulata*. Evolution, 49(3), 456-458.

Ergun, S., Soyuturk, M., Guroy, B., Guroy, D. and Merrifield, D., 2009. Influence of Ulva meal on growth, feed utilization, and body composition of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at two levels of dietary lipid. Aquacult Int., 17, 355-361.

Erne, K., 1966. Studies on the animal metabolism of phenoxyacetic herbicides, Acta Vet. Scand., 7, 264-271.

Eroldoğan, O. T., Elsabagh, M., Sevgili, H., Glencross, B., Paolucci, M., Kumlu, M., Kınay, E., Evliyaoğlu, E., Yılmaz, H, A., Sarıipek, M., 2022. Use of poultry by-product and plant protein sources in diets of redclaw crayfish (*Cherex quadricarinatus*). Turk. J. Fish. and Aquat. Sci., 22 (8).

Evans, J.P., Pitcher, T.E. and Magurran, A.E., 2002. The ontogeny of courtship, colour and sperm production in male guppies. Journal of Fish Biology, 60, 495-498.

Fallin, E., Montgomery, M.L., Freed, V. H., 1973. The metabolism and distribution of 2,4,5-T in female rats. Toxicol. and Applied Pharm., 24, 555-563.

FAO, 2011. Food and agriculture organization of the united nations. Cultured aquatic species ınformation programme, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) [Parastacidae] FAO Names: En-Red claw crayfish, Fr-, Es- Biological features.

Farhadi, A. ve Harlıoğlu., M. M., 2019. The annual cycle of spermatozoa content in the vas deferens and some reproductive parameters in the narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). Aquaculture Reports, 100-185.

Ferré, L. E., Medesani, D. A., García, C. F., Grodzielski, M. and Rodríguez, E. M., 2012. Vitellogenin levels in hemolymph, ovary and hepatopancreas of the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) during the reproductive cycle. Revista de biologia tropical, 60(1), 253-261.

Figueiredo, M. S. R. B., Kricker, J. A. and Anderson, A. J., 2001. Digestive enzyme activities in the alimentary tract of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). Journal of Crustacean Biology, 21(2), 334-344.

Franceschini-Vicentini, I.B., Ribeiro, K., Papa, L.P., MarquesJunior, J.M., Vicentini, C.A. and Moraes Valenti, P.M.C.M., 2009. Histoarchitectural features of the hepatopancreas of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. International Journal of Morphology, 27, 121–128.

Francis D.S., Turchini G.M., Jones P.L. and De Silva S.S., 2006. Effects of dietary oil source on growth and fillet fatty acid composition of Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*. Aquaculture, 253, 547-556.

Furuita, H., Hori, K., Suzuki, S.T. and Yamamoto, T., 2007. Effect of n-3 and n-6 fatty acids in broodstock diet on reproduction and fatty acid composition of broodstock and eggs in the Japanese eel *Anguilla japonica*. Aquaculture, 267, 55-61.

Galois, R.G., 1984. Variations de la coposition lidique tissulaire au cours de la vitellogenese chez la crevette *Penaeus indicus* Milne Edwards. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 84, 155-166.

García-Guerrero, M., Racotta, I.S., Villarreal, H., 2003b. Effect of temperature on lipids, proteins, and carbohydrates levels during development from egg extrusion to juvenile stage of *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). Comparative Biochemistry and Physiology A, 135, 147–154.

García-Guerrero, M., Racotta, I.S., Villarreal, H., 2003c. Variation in lipid, protein, and carbohydrate content during the embryonic development of the crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). Journal of Crustacean Biology, 23, 1–6.

García-Guerrero, M.U., Hendrickx, M.E., Villarreal, H., 2003a. Description of the embryonic development of *Cherax quadricarinatus* von Martens, 1868 (Decapoda, Parastacidae) based on the staging method. Crustaceana, 76(3), 296-280.

García-Ulloa, G.M., López-Chavarín, H.M., Rodríguez-González, H., Villarreal-Colmenares, H., 2003. Growth of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens 1868) (Decapoda: Parastacidae) juveniles fed isoproteic diets with partial or total substitution of fish meal by soya bean meal: preliminary study. Aquaculture Nutrition, 9, 25-31.

García-Ulloa, G.M., Rodríguez-González, H. & Ogura, T., 2004. Calidad del huevecillo de dos especies de langostino del genero *Macrobrachium* (*M. rosenbergii*, DeMan1879, y *M. tenellum*, Smith, 1871) variando la dieta de los reproductores: indices morfometricos. Avances en Investigacion *Agropecuaria*, 8,17-27.

Garza de Yta, A., 2009. Hatchery, nursery, nutrition and stock evaluation of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Auburn University, (Doctoral dissertation), pp 122.

Garza de Yta, A., Davis, D. A., Rouse, D. B., Ghanawi, J. and Saoud, I. P., 2012. Evaluation of practical diets containing various terrestrial protein sources on survival and growth parameters of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Aquaculture Research, 43(1), 84-90.

Geldiay, R., 1985. *Poecilia reticulata* (Lepistes) canlı doguran disli sazan familyası "Poecilidae" akvaryum. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, Bilgehan Basımevi, Bornova, 46.

Ghaedi, A., Kabir, M. A., & Hashim, R., (2016). Effect of lipid levels on the reproductive performance of Snakehead murrel, *Channa striatus*. Aquaculture Research, 47, 983e991.

Ghanawi, Joly, ve Saoud, P. I., 2012. Molting, reproductive biology, and hatchery management of redclaw crayfish *Cherax Quadricarinatus* (von Martens 1868). Aquaculture, 358-359, 183-95.

Gibson, R. and Barker, P.L., 1979. The decapod hepatopancreas. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 17, 285–346.

Gimenez, A. V. F., Fenucci, J. L. and Petriella, A. M., 2004. The effect of vitamin E on growth, survival and hepatopancreas structure of the Argentine red shrimp *Pleoticus muelleri* Bate (Crustacea, Penaeidea). Aquaculture Research, 35, 1172–1178.

Goddard, J. S., 1988. Food and feeding. Freshwater crayfish: biology, management and exploitation, 145-166.

González-Felix, M. L., Gatlin, Iii. D., Lawrence, A., and Perez-Velazquez, M., 2003. Nutritional evaluation of fatty acids for the open thelycum shrimp, *Litopenaeus vannamei*: II. Effect of dietary n-3 and n-6 polyunsaturated and highly unsaturated fatty acids on juvenile shrimp growth, survival, and fatty acid composition. Aquaculture Nutrition, 9(2),115–122.

Grant, A. & Tyler, P.A., 1983. The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. I. Introduction and statistical analysis of gonad indices and maturity indices. International Journal of Invertebrate Reproduction, 6, 259–269.

Grant, A. A. M., Baker, D., Higgs, D. A., Brauner, C. J., Richards, J. G., Balfry, S. K. and Schulte, P. M., 2008. Effects of dietary canola oil level on growth, fatty acid composition and osmoregulatory ability of juvenile fall Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Aquaculture, 277, 303-312.

Gratzek, J. B., 1992. Aquariology. The Science of Fish Health Management, Tetra Press, USA.

Gu, H., Mather, P. B. and Capra, M. F., 1994. The relative growth of chelipeds and abdomen and muscle production in male and female redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* von Martens. Aquaculture, 123(3-4), 249-257.

Gutiérrez, M. L. and Rodríguez, E. M., 2010. Effect of protein source on growth of early juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae). Freshwater Crayfish, 17, 23-29.

Habashy, M. M., 2012. Effect of dried earthworm (*Aporrectodea caliginosa)* as replacement of fish meal on growth and survival rate of the freshwater prawn, *Macrobrachioum rosenbergii* (De Man 1879) larvae. Egypt. J. Aquat. Biol. Fish., 16(1), 105-114.

Harrison, K. E., 1990. The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapods crustaceans: a review. Journal of Shellfish Research 9, 1–28.

Harrison, K. E., 1997. Broodstock nutrition and maturation diets. (In: D'Abramo, L.R., Conklin, D.E., Akiyama, D.M. Eds.) Crustacean Nutrition, 6, 390–410.

Hasanuzzaman, A. F. Md., Hossian, Sk. Z., Das. M., 2010. Nutritional potentiality of earthworm (*Perionyx excavatus*) for substituting fishmeal used in local feed company in bangladesh. Mesopotamian Journal of Marine Sciences, 25(2), 134-39.

Haynes, J. L., 1995. Standardized classification of poeciliid development for life history studies. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, (1), 147-154.

Hekimoğlu, M. A., 1997. Türkiye'de pazarlanan lepistes varyeteleri (*Poecilia reticulata*) üzerine araştırmalar. E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Doktora Tezi, İzmir.

Hernandez-Vergara, M. P., Rouse, D. B., Olvera-Novoa, M. A. & Davis, D. A., 2003. Effects of dietary lipid level and source on growth and proximate composition of juvenile redclaw (*Cherax quadricarinatus*) reared under semi-intensive culture conditions. Aquaculture, 223, 107-115.

Herring, P. J., 1974. Size, density and lipid content of some decapod eggs. Deep-Sea Research, 21, 91–94.

Holland, D. L., 1978. Lipid reserves and energy metabolism in the larvae of benthic marine invertebrates. (In: Malins, D.C., Sargent, J.R. Eds.), Biochemical and Biophysical Perspectives in Marine Biology. Academic Press, London, 85–123.

Holthuis, L. B., 1986. The freshwater crayfish of New Guinea. Freshwater Crayfish 6,48–58.

Honnens, H., Assheuer, T., Ehlers, R. U., 2014. Enrichment of the nematode *Panagrolaimus sp.*, a potential live food for marine aquaculture, with essential n-3 fatty acids. Aquacult. Int., 22, 399-409.

Houde, A. E., 1988. The effect of female choice and male –male competition on the mating success of male guppies. Animal Behavior, 888-896.

Houde, A. E., 1997. Sex, color and mate choice in guppies. New Jersey: Princeton University Pres.

Huang, X. X., Yin, Y. Q., Shi, Z. H., Li, W. W., Zhou, H. Q., & Lv, W. Q., 2010. Lipid content and fatty acid composition in wild-caught silver pomfret (*Pampus argenteus*) broodstocks: Effects on gonad development. Aquaculture, 310, 192e199.

Icely, J. D. and Nott, J. A., 1992. Digestion and absorption: digestive system and associated organs. In: Microscopic Anatomy of Invertebrates: Decapod, Crustacea, (ed. by F.W. Harrison & A.G. Humes), 10, 147–201.

Ishizaki, Y., Masuda, R., Uematsu, K., Shimizu, K., Arimoto, M. & Takeuchi, T., 2001. The effect of dietary docosahexaenoic acid on schooling behaviour and brain development in larval yellowtail. Journal of Fish Biology, 58, 1691e1703.

Istiqomah, L., Sakti, A. A., Suryani, A. E., Karimy, M. F., Anggraeni, A. S. ve Herdian, H., 2017. Effect of feed supplement containing earthworm meal (*Lumbricus Rubellus*) on production performance of quail (*Coturnix Coturnix Japonica*). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 101.

Istiqomah, L., Sofyan, A., Damayanti, E., Julendra, H., 2009. Amino acids profile of earthworm and earthworm meal (*Lumbricus rubellus*) for animal feedstuff. Journal of Indonesian Tropical Animal and Agriculture, 34(4), 253-257.

James, R., Sampath, K., 2002. Effect of feed types on growth and fecundity in ornamental fish, *Betta splendens* (Regan). Indian J. Fish., 49, 279-285.

James, R., Sampath, K., 2003. Effects of meal frequency on growth and reproduction in the ornamental red swordtail, *Xiphophorus helleri*. Israeli J. Aquacult., Bamidgeh, 55, 197-207.

James, R., Sampath, K., 2004. Effect of feed type on growth and fertility in ornamental fish, *Xiphophorus helleri*. Israeli J. Aquacult., Bamidgeh, 56 (4), 264-273.

Jaya-Ram, A., Kuah, M. K., Lim, P. S., Kolkovski, S. and Chien, C. S., 2008. Influence of dietary HUFA levels on reproductive performance, tissue fatty acid profile and desaturase and elongase mRNAs expression in female zebrafish *Danio rerio.* Aquaculture, 277, 275-281.

Johannes, P., Nguyen-Ngoc, T., ThiHanhYen T., Mayrhofer, R., El-Matbouli, M. ve Focken, U., 2014. Earthworm meal as fishmeal replacement in plant based feeds for common carp in semi-intensive aquaculture in rural northern vietnam. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 14, 2.

Jones, C.M., 1990. The biology and aquaculture potential of the tropical freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus*. Queensland Department of Primary Industries Information Series, QI90028, 109.

Jones, C. M., 1995a. Evaluation of six diets fed to redclaw, *Cherax quadricarinatus* (von Martens), held in pond enclosures. Freshwater Crayfish, 10, 469-479.

Jones, C. M., 1995b. Production of juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda, Parastacidae) II. Juvenile nutrition and habitat. Aquaculture, 138(1-4), 239-245.

Jones, C. M., 1995c. Production of juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda, Parastacidae) I. Development of hatchery and nursery procedures. Aquaculture, 138(1-4), 221-238.

Jones, C. M., Ruscoe, I., 1996a. Evaluation of six diets fed to redclaw, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda: Parastacidae), under laboratory conditions. Production Technology for Redclaw Crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Final Report FRDC Project 92/119. Fisheries Research and Development, Canberra, 20–31.

Jones, C. M., Ruscoe, I. M., 2001. Assessment of five shelter types in the production of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) under earthen pond conditions. Journal of the World Aquaculture Society, 32, 41–52.

Jones, P. L., De Silva, S.S. and Mitchell, B. D., 1997. Effect of dietary protein content on growth, feed utilization and carcass composition in the Australian freshwater crayfish, *Cherax albidus* Clark and *Cherax destructor* Clark (Decapoda, Parastacidae). Aquaculture Int, 2, 141-150.

Kaliszewicz, A., Karaban, K., Sierakowski, M., Maciaszek, R., Kur, M., Pyffel, Z., Wolny, L., 2022. Effect of dietary supplementation with fatty acids on growth, survival, and fatty acid patterns in *Procambarus Clarkii* and *Procambarus Virginalis*: the first comparison of two ınvasive crayfish species. The European Zoological Journal, 89(1), 130-41.

Karaçuha, A., 2006. Lepistes balıklarının (*Poecilia reticulata* Peters, 1859) akvaryum balık yemi ve bazı canlı yemlerle beslenmesinin balığın büyüme ve üreme parametreleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Karaçuha, A., Aral O., 2008. Canlı yem katkılı besinlerin anaç lepistes (*Poecilia reticulata* Peters, 1859) balıklarının büyüme ve üreme verimliliği üzerine etkileri. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 25(2), 123–129.

Karplus, I., Zoran, M., Milstein, A., Harpaz, S., Eran, Y., Joseph, D. and Sagi, A., 1998. Culture of the Australian red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* in Israel III. Survival in earthen ponds under ambient winter temperatures. Aquaculture, 166, 259–267.

Karplus, I., Gideon, H., Barki, A., 2003a. Shifting the natural spring–summer breeding season of the Australian freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* into the winter by environmental manipulations. Aquaculture, 220, 277–286.

Karplus, I., Sagi, A., Khalaila, I., & Barki, A., 2003b. The soft red patch of the Australian freshwater crayfish (*Cherax quadricarinatus* von Martens): A review and prospects for future research. Journal of Zoology, 259(4), 375- 379.

King, C. R., 1993a. Egg development time and storage for red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* von Martens. Aquaculture, 109, 275-280.

King, C. R., 1993b. Potential fecundity of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* von Martens, in culture. Aquaculture, 114, 237–241.

Kiriyakit, A. and Suwannagate, K., 2018. Efficacy of four different feeds for producing hatchery raised red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). International Journal of Agricultural Technology, 14(5), 693-704.

Kithsiri, H. M. P., Sharma, P., Zaidi, S. G. S., Pal, A. K. and Venkateshwarlu, G., 2010. Growth and reproductive performance of female guppy, *Poecilia reticulate* (Peters) fed diets with different nutrient levels. Indian Journal of Fisheries, 57, 65-71.

Kjær, M. A., Todorcevic, M., Torstensen, B. E., Vegusdal, A. & Ruyter, B., 2008. Dietary n-3 HUFA affects mitochondrial fatty acid b-oxidation capacity and susceptibility to oxidative stress in Atlantic salmon. Lipids, 43, 813e827.

Kruger, D. P., Britz, P. J., Sales, J., 2001. The influence of live feed supplementation on growth and reproductive performance of swordtail (*Xiphophorus helleri* Heckel 1848) broodstock. Aquar. Sci. Conserv., 3, 265-273.

Kumlu, M., Beksari, A., Eroldoğan, O. T., Yılmaz, H. A., Sarıipek, M., Kınay, E. and Turchini, G. M., 2018. DHA enrichment of the red earthworm *Eisenia fetida* for ımproving ıts potential as dietary source for aquaculture. Aquaculture, 496, 10-18.

Lanari, D., D'agaro, E., Ferrero, E. A., Carati, R., Lorenzon, S. and Giulianini, P. G., 2003. Effects of temperature and photoperiod on glucose and vitellogenin hemolymph concentrations in crayfish *Cherax quadricarinatus* (vanMartens 1868). Italian Journal of Animal Science, 2, 634-636.

Langer, S., Bakhtiyar, Y., Lakhnotra, R., 2011. Replacement of fishmeal with locally available ingredients in diet composition of *Macrbrachium dayanum*. African J. Agricultural Research, 6(5): 1080-1084.

Latsamy, P., Perston, T. R., 2007. Fly larvae, earthworms and duckweed as feeds for frogs in an integrated farming system. MSc Thesis.

Lawrence, C. & Jones, C. M., 2002. Cherax. ın: biology of freshwater crayfish (ed. by D.M. Holdich), 635– 669.

Lee, F. Y., Chang, C. F., 1997. The concentrations of vitellogenin (vitellin) and protein in hemolymph, ovary and hepatopancreas in different ovarian stages of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Comp. Biochem. Physiol., 117A, 433–439.

Leger, P., Bengston, D. A., Simpson, K. L., Sorgeloos, P., 1986. The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. Oceanogr. Mar. Bioi. Ann. Rev., 24, 521-623.

Levi, I. T., Barki, A., Hulata, G., Karplus, I., 1999. Mother offspring relationships in the redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Journal of Crustacean Biology, 19(3), 477–484.

Li, J. Y., Guo, Z. L., Gan, X. H., Wang, D. L., Zhang, M. F., Zhao, Y. L., 2011. Effect of different dietary lipid sources on growth and gonad maturation of pre-adult female *Cherax quadricarinatus* (von Martens). Aquaculture Nutrition, 17, 853–860.

Li, J., Guo, Z., Gan, X., Wang, Q. and Zhao, Y., 2010. Biochemical changes during vitellogenesis in the red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens). Aquaculture research, 41(10), e446-e455.

Li, Y. Y., Chen, W. Z., Sun, Z. W., Chen, J. H. and Wu, K. G., 2005. Effects of n-3 HUFA content in broodstock diet on spawning performance and fatty acid composition of eggs and larvae in *Plectorhynchus cinctus*. Aquaculture, 245, 263-272.

Liley, N. R., 1966. Ethological isolating mechanisms in four sympatric species of poeciliid fishes. Behavior (Suppl. XIII), 13, 1-197.

Lim, C., Ako, H., Brown, C. L, Hahn, K., 1997. Growth response and fatty acid composition of juvenile *Penaeus vannamei* fed different sources of dietary lipid. Aquaculture, 151, 143–153.

Lim, L. C., Dhert, P. and Sargeloos, P., 2003. Recent developments in the application of live feeds in the freshwater ornamental fish culture. Aquaculture, 227, 319-331.

Ling, S., Hashim, R., Kolkovski, S., Chong, A. S. C., 2006a. Effect of varying dietary lipid and protein levels on growth and reproductive performance of female swordtails *Xiphophorus helleri* (Poecilidae). Aquaculture Research, 37, 1267-1275.

Ling, S., Kuah, M. K., Muhammad, T. S. T., Kolkovski, S., Shu-Chien, A. C., 2006b. Effect of dietary HUFA on reproductive performance, tissue fatty acid profile and desaturase and elongase mRNAs in female swordtail *Xiphophorus helleri*. Aquaculture, 261, 204-214.

Liu, S. L., 2006. The effects of fresh diet *Eisenia foetida* on growth and immunological parameters of shrimps. Master Thesis. Graduate School, Chinese Academy of Sciences (Institute of Oceanography).

Liu, S. L., Liu, Y., Chen, M. Y., Zhou, Y., Zhang, T., Yang, H. S., 2008. Effects of fresh diet *Eisenia foetida* on growth and biochemical components of *Fenneropenaeus chinensis* juveniles. Journal of Fishery Sciences of China, 1, 145-153.

López Greco, L. S., Lo Nostro, F.L., 2008. Structural changes of the spermatophore in the freshwater "red claw" crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1898) (Decapoda, Parastacidae). Acta Zoologica, 89, 149–155.

López Greco, L. S., Vazquez, F. J., Rodríguez, E., 2007. Sperm production and spermatophore formation in the freshwater 'red claw' crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1898) (Decapoda, Parastacidae). Acta Zoologica, 88, 223–229.

López-López, S., Nolasco, H. ve Vega-Villasante, F., 2003. Characterization of digestive gland esterase–lipase activity of juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus.* Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 135(2), 337-47.

Lovell, R. T., 2000. Nutrition of ornamental fish. (En: Bonagura J Ed.), Kirk's Current Veterinary Therapy XIII-Small Animal Practice. W.B. Saunders, 1191-1196.

Luo, W., Zhou, Z. L., Zhao, Y. L., Yang, Z. B., Zhang, M. F., 2004a. Analysis on the contents of protein and amino acids in *Cherax quadricarinatus* during different embryonic development stages. Journal of East China Normal University, 1, 88–92.

Luo, W., Wang, Q., Zhao, Y. L., Gu, Z. M., Mi, G. Q., Huang, X. M., Liu, Q. W., 2004b. Effects of dietary vitamin E on reproduction of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 36(4), 342–347.

Luo, W., Zhao, Y. L., Yao, J. J., 2008. Biochemical composition and digestive enzyme activities during embryonic development of the redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*. Crustaceana, 81(8), 897–915.

Mandal, S. C., Singh, S. K., Das, P., Rather, M. A. ve Barman, D., 2012. Effect of dietary eicosapentaenoic acid/docosahexaenoic acid and vitamin e on the reproductive performance and gonadal fatty acid composition of *Betta splendens*. The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh, IJA, 64, 868-878.

Manor, R., Segev, R., Leibovitz, M.P., Aflalo, E.D., Sagi, A., 2002. Intensification of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* culture II. Growout in a separate cell system. Aquacultural Engineering 26, 263–276.

Martyn, U., Weigel, D., Dreyer, C., 2006. In vitro cluture of embryos of the guppy, *Poecilia reticulata*. Developmental Dynamics, 235, 617-622.

Mason, W. T., Rottmann, R. W. and Dequine, J. F., 1992. Culture of earthworms for bait or fish food, Florida cooperative extension service, Institute of Food and Agricultural Sciences, 1-4.

Masser, M. P. and Rouse, D. B., 1997. Australian redclaw crayfish. Southern Regional Aquaculture Centre Publication, 8.

Matthews, I. M., Evans, J. P., Magurran, A. E., 1997. Male display rate reveals ejaculate characteristics in the Trinidadian guppy, *Poecilia reticulata*. Proc Biol Sci., 264, (1382), 695-700.

McClain, W. R., Neill, W. H. and Gatlin III, D. M., 1992. Nutrient profiles of green and decomposed rice-forages and their utilization by juvenile crayfish (*Procambarus clarkii*). Aquaculture, 101, 251-265.

McRae, T. G. & Mitchell, B. D., 1995. Studies on ovarian development in the yabby, *Cherax albidus* Clark. In: 10th Int. Sym. Of Astacology: Freshwater Crayfish, (ed. by D.R. Fielder, A.M.M. Richardson), 10, 521–531.

Meade, M. E. & Watts, S. A., 1995. Weight gain and survival of juvenile Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* fed formulated feeds. Journal of the World Aquaculture Society, 26(4), 469-474.

Meade, M. E., Doeller, J. E., Kraus, D. and Watts, S. A., 2002. Effects of temperature and salinity on weight gain, oxygen consumption rate and growth efficiency in juvenile red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Journal of the World Aquaculture Society, 33, 188-198.

Medale, F., Kaushik, S., 2009. Protein sources in feed for farmed fish. Cah. Agric., 18 (2), 103–111.

Medley, P. B., Jones, C. M. and Avault, J. W., 1994. A global perspective of the culture of Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*: production, economics and marketing. World Aquaculture-Baton Rouge, 25, 6-6.

Mehrad, B. and Sudagar, M., 2010. Dietary vitamin E requirement, fish performance and reproduction of Guppy (*Poecilia Reticulata*). AACL Bioflux, 3(3), 163-170.

Meng, F. L., Zhao, Y. L., Chen, L. Q., Gu, Z. M., Xu, G. X., Liu, Q. W., 2001. Embryonic development of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*: II. Development of digestive system. Zoological Research, 22(5), 383–386.

Millamena, O. M., Pascual, F. P., 1990. Tissue lipid content and fatty acid composition of *Penaeus monodon* Fabricius broodstock from the wild. J. World Aquac. Soc., 21, 116–121.

Millamena, O. M., Pudadera, R. & Catacutan, M. R., 1993. Tissue lipid content and fatty acid composition during ovarian maturation of ablated *Penaeus monodon*. Isr. J. Aquacult. Bamigdesh, 45, 120–125.

Mills, D., 1986. You and your aquarium. Dorling Kindersley Limited, 288.

Milton, D. A., Arthington, A. H., 1983. Reproductive biology of *Gambusia affinis* holbrooki Baird and Girard, *Xiphophorus helleri* (Gunther) and *X. maculatus* (Heckel) (Pisces: Poecilidae) in Queensland, Australia. J. Fish Biol., 23, 23-41.

Mohamend, K. S. & Diwan, A. D., 1992. Biochemical changes in different tissues during yolk synthesis in marine prawn *Penaeus indicus* H. Milne Edwards. Indian J. Marine Sci., 21, 30–34.

Mohanta, K. N., Subramanian, S., Korikanthimath, V. S., 2016. Potential of earthworm (*Eisenia foetida*) as dietary protein source for rohu (*Labeo rohita*) advanced fry. Cogent Food and Agriculture 2, 1138594.

Monge-Quevedo, A., Casillas-Hernández, R., Carreño-León, D., Naranjo-Páramo, J. and Villarreal-Colmenares, H., 2014. Effect of intensification in environments with zero-water exchange on the reproductive potential of *Cherax quadricarinatus*. Archives of Biological Sciences, 66(2), 579-586.

Moradkhani, K., 2008. Effect of using enriched Artemia with highly unsaturated fatty acid and vitamin C on the propagation of *Pterophyllum scalare*. J. Fisheries, 4, 15-22.

Morehead, D. T., Hart, P. R., Dunstan, G. A., Brown, M., Pankhurts, N. W., 2001. Differences in egg quality between wild striped trumpeter (*Latris lineate*) and captive striped trumpeter that were fed different diets. Aquaculture, 192, 39–53.

Mourente, G., Medina, A., González, S. & Rodríguez, A., 1994. Changes in lipid class and fatty acid contents in the ovary and midgut gland of the female fiddler crab *Uca tangeri* (Decapoda, Ocypodiadae) during maturation. Marine Biology, 121, 187-197.

Mukhopadhyay, P. K. and Rout, S. K., 1996. Effects of different dietary lipids on growth and tissue fatty acid changes in the fry of the carp *Catla catla* (Hamilton). Aquacult. Res., 27, 623-630.

Muzinic, L. A., Thompson, K. R., Morris, A., Webster, C. D., Rouse, D. B. and Manomaitis, L., 2004. Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and brewer's grains with yeast in practical diets for Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Aquaculture, 230(1- 4), 359-376.

NRC., 1993. Nutrient Requirements of Fish. Washington, D.C, USA. National Academy Press.

NRC., 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. National Research Council of the National Academics, The National Academies Press, Washington D.C.

Nagaraju, G. P. C., 2011. Reproductive regulators in decapod crustaceans: an overview. Journal of Experimental Biology, 214(1), 3-16.

Nakajima, M. and Taniguchi, N., 2002. Genetic control of growth in the guppy (*Poecilia reticulata*). Aquaculture, 204, 393-405.

Ng, W. K. & Wang, Y., 2011. Inclusion of crude palm oil in the broodstock diets of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, resulted in enhanced reproductive performance compared to broodfish fed diets with added fish oil or linseed oil. Aquaculture, 314, 122-131.

Ngoc, T. N., Pucher, J., Becker, K., Focken, U., 2015. Earthworm powder as an alternative protein source in diets for common carp (*Cyprinus Carpio*). Aquac. Res., 47, 2917-2927.

Niksirat, H., Andersson, L., James, P., Kouba, A., Kozák, P., 2014. Proteomic profiling of the signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* egg and spermatophore. Anim. Reprod. Sci., 149, 335-344.

Niksirat, H., James, P., Andersson, L., Kouba, A., Kozák, P., 2015. Label-free protein quantification in freshly ejaculated versus post-mating spermatophores of the noble crayfish *Astacus astacus*. J. Proteomics, 123, 70-77.

Nyström, P., 2002. Ecology. In: Holdich DM (ed) Biology of freshwater crayfish. Blackwell, London. Chapter 5.

Okajima, H., Ishii, K, Watanabe, H., 1984. Studies on lipids of crayfish, *Procambarus clarkii*. I. Furanoid fatty acids. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 32, 3281–3286.

Padhan, K., Yadav, R. S., Sharma, V. P., 1995. Reproductive biology of mosquito larvivorus fish Guppy, *Poecilia reticulata* (Peters). Indian Journal of Experimental Biology, 33(6), 440-443.

Palacios, E., Ibarra, A. M., Racotta, I. S., 2000. Tissue biochemical composition in relation to multiple spawning in wild and pondreared *Penaeus vannamei* broodstock. Aquaculture, 185, 353–371.

Palacios, E., Ibarra, A. M., Ramirez, J. L., Portillo, G. and Racotta, I. S., 1998. Biochemical composition of eggs and nauplii in white pacific shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone), in relation to the physiological condition of spawners in a commercial hatchery. Aquaculture Research, 29, 183–189.

Palacios, E., Rodríguez-Jaramillo, C., Racotta, I. S., 1999. Comparison of ovary histology between different-sized wild and pond-reared shrimp *Litopenaeus vannamei* (*Penaeus vannamei*). Invertebr. Reprod. Dev., 35, 251–259.

Pandey, A., Kaur, V. I., Srivastava, A., Datta, S. N. and Singh, A., 2016. Effect of formulated feeds with different nutrient levels on growth and reproductive performance of molly, *Poecilia sphenops* (Valenciennes). Anim Nutr. Feed Technol, 16(1), 61-69.

Pandian, T. S., Sheela, S. G., 1995. Hormonal induction of sex reversal in fish. Aquaculture, 138, 1-22.

Paoletti, M. G., Buscardo, E., Vanderjagt, D. J., Pastuszyn, A., Pizzofer-Rato, L., Huang, Y. S., Chuang, L. T., Millson, M., Cerda, H., Torres, F., Glew, R. H., 2003. Nutrient content of earthworms consumed by Ye'Kuana Amerindians of the Alto Orinoco of Venezuela. Proc. Biol. Sci., 270, 249-257.

Paran, B. C., Fierro, I. J. and Tsukimura, B., 2010. Stimulation of ovarian growth by methyl farnesoate and eyestalk ablation in penaeoidean model shrimp, *Sicyonia ingentis* Burkenroad, 1938. Aquaculture research, 41(12), 1887-1897.

Parnes, S. and Sagi, A., 2002. Intensification of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* culture: I. Hatchery and nursery system. Aquacultural Engineering, 26(4), 251-262.

Piedad-Pascual, F., 1985. An evaluation of three annelids as feed ingredients in formulated diets for juvenile *Penaeus monodon*. Fisheries Research Journal of the Philippines, 10(1-2), 9-15.

Ponce, P.J., Arredondo, F. J. L. and Moreno, R. M. A., 1998. The effects of varying dietary protein levels on growth and survival of juvenile and pre-adult redclaw (*Cherax quadricarinatus*), The Biodiversity crisis and crustacea. In Proceedings of the fourth international crustacean congress, 2, 715-719.

Prasun, C., Islam, R., Hossain, A., Fatema, U. K., Shaha, D. C., Sarker, S. A. and Akter, T., 2021. Earthworm meal (*Perionyx Excavatus*) as an alternative protein source to fish meal in feed for juvenile butter catfish (*Ompok Pabda*). Aquaculture International 29(5), 2119-2129.

Prayogi, H. S., 2011. The effect of earthworm meal supplementation in the diet on quail's growth performance in attempt to replace the usage of fish meal. Int. J. Poult. Sci., 10, 804-806.

Radhika, D., Veerabahu, C. and Kumar, D., 2007. Growth assessment of red swordtails *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae) fed on three different diets. Aquacult., 8, 21-26.

Raviv, S., Parnes. S., Sagi, A., 2008. Coordination of reproduction and molt in decapods. In: Mente E, editor. Reproduction biology of crustaceans, case study of decapod crustaceans, Enfield, NH, USA: Science Publishers, 365-390.

Rezaeipour, V., Nejad, O. A., Miri, H. Y., 2014. Growth performance, blood metabolites and jejunum morphology of broiler chickens fed diets containing earthworm (*Eisenia foetida*) meal as a source of protein. Int. J. Adv. Biol. Biom. Res., 2(8), 2483-2494.

Riek, E. F., 1969. The Australian freshwater crayfish (Crustacea: Decapoda: Parastacidae) with descriptions of new species. Australian Journal of Zoology, 17, 855–918.

Rodgers, L. J., Saoud, I. P., Rouse, D. B., 2006. The effects of monosex culture and stocking density on survival, growth and yield of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in earthen ponds. Aquaculture, 259, 164–168.

Rodríguez-González, H., 2001, Effect of protein and lipids content in the gonad development of females of the freshwater Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens). Master Thesis, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B. C. S., Mexico. 86.

Rodríguez-González, H., García-Ulloa, M., Hernández-Llamas, A. and Villarreal, H., 2006a. Effect of dietary protein level on spawning and egg quality of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Aquaculture, 257(1-4), 412-419.

Rodríguez-González, H., Hernández-Llamas, A., Villarreal, H., Saucedo, P. E., García-Ulloa, M. and Rodríguez-Jaramillo, C., 2006b. Gonadal development and biochemical composition of female crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) in relation to the Gonadosomatic Index at first maturation. Aquaculture, 254(1-4), 637-645.

Rodríguez-González, H., Villarreal, H., García-Ulloa, M., Hernández-Llamas, A., 2009a. Evaluation of practical diets containing different protein levels on gonad development of female redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Aquaculture Nutrition, 15, 347–355.

Rodríguez-González, H., Villarreal, H., García-Ulloa, M., Hernández-Llamas, A., 2009b. Dietary lipid requirements for optimal egg quality of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*. Journal of the World Aquaculture Society, 40(4), 531–539.

Rodríguez-González, Hervey, Alfredo Hernández-Llamas, Manuel García-Ulloa ve Humberto Villarreal, 2012. Effect of dietary protein and lipid levels on gonadal development of female redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Aquaculture Research, 45(1), 80-86.

Rodríguez-González, H. A., Hernández-Llamas, M., García-Ulloa, I. S., Racotta, M., Montoya-Mejía, ve H. Villarreal., 2014. Effect of protein and lipid levels in diets for female red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* on quality of offspring (Juvenile), with emphasis on growth performance, biochemical composition and stress resistance to low oxygen, high ammonia and salinity. Aquaculture Nutrition, 20(5), 557-565.

Rosen, O., Manor, R., Weil, S., Gafni, O., Linial, A., Aflalo. D. E., Venture, T., Sagi, A., 2010. A sexual shift induced by silencing of a single insulin-like gene in crayfish: ovarian upregulation and testicular degeneration. PloS One, 5 (12), e15281.

Rouse, D. B., Austin, C. M., Medley, P. B., 1991. Progress towards profits? Information on the Australian crayfish. Aquaculture Magazine 17, 46–56.

Rouse, D. B., Yeh, H.S., 1995. Factors influencing spawning of *Cherax quadricarinatus* in indoor hatcheries. Freshwater Crayfish, 10, 605–610.

Ruscoe, I. M., Jones, P. L. and Jones, C. M., 2000. Effects of feeding moist and dry diets to redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in tanks. Freshwater Crayfish, 31, 164-176.

Saera-Vila, A., Benedito-Palos, L., Sitja-Bobadilla, A., Nacher-Mestre, J., Serrano, R., Kaushik, S., 2009. Assessment of the health and antioxidant trade-off in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed alternative diets with low levels of contaminants. Aquaculture, 296, 87-95.

Sagi, A., Khalaila, I., Barki, A., Hulata, G. and Karplus, I., 1996a. Intersex red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens): functional males with pre-vitellogenic ovaries. The Biological Bulletin, 190(1), 16-23.

Sagi, A., Rise, M., Isam, K., Arad, S. M., 1995. Carotenoids and their derivatives in organs of the maturing female crayfish *Cherax quadricarinatus*. Comparative Biochemistry and Physiology, 112B (2), 309–313.

Sagi, A., Shoukrun, R., Khalaila, I. and Rise, M., 1996b. Gonad maturation, morphological and physiological changes during the first reproductive cycle of the crayfish *Cherax quadricarinatus* female. Invertebrate Reproduction & Development, 29(3), 235-242.

Sagi, A., Shoukrun, R., Levy, T., Barki, A., Hulata, G. and Karplus, I., 1997. Reproduction and molt in previously spawned and first-time spawning redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* females following eyestalk ablation during the winter reproductive arrestperiod. Aquaculture, 156(1-2), 101-111.

Sagi, A., Snir, E., Khalaila, I., 1997. Sexual differentiation in decapod crustaceans: role of the androgenic gland. Invertebrate Reproduction and Development, 31, 55–61.

Sales, J., Janssens, G. P. J., 2003. Nutrient requirements of ornamental fish. Aquat. Living Resour., 16(6), 533-540.

Sammy, N., 1988. Breeding biology of *Cherax quadricarinatus* in the Northern Territory. In: Evans, L.H., O'Sullivan, D. (Eds.), Proceedings of the First Australian Shellfish Aquaculture Conference. Curtin University of Technology, Western Australia, 79–88.

Sargent, J. R., 1995. Origins and functions of egg lipids: Nutritional implications. In N. R. Bromage, & R. J. Roberts (Eds.), Broodstock management and egg and larval quality, 353-372.

Sargent, J. R., Henderson, R. J., Tocher, D. R., 1989. The lipids, In: Halver, J.E. (Ed.), Fish Nutrition, 2nd edition. Academic Press, Inc., San Diego, CA, 154–209.

Semple, G. P., Rouse, D. B. and McLain, K. R., 1995. *Cherax destructor, C. tenuimanus, C. quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae): a comparative review of biological traits relating to aquaculture potential. Freshwater Crayfish, (8), 495-503.

Serrano-Pinto, V., Vazquez-Boucard, C. and Villarreal-Colmenares, H., 2003. Yolk proteins during ovary and egg development of mature female freshwater crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 134(1), 33-43.

Shahjahan, R., Ahmed, J., Begum, J. R. ve Rashid, A., 2014. Breeding biology of guppy fish, *Poecilia Reticulata* (Peters, 1859) in the laboratory. Journal of the Asiatic Society of Bangladesh, Science, 39(2), 259-267.

Shikano, T. and Y. Fujio., 1997. Successful propagation in seawater of the guppy *Poecilia reticulata* with reference to high salinity tolerance at birth. Fish. Science, 63, 573-575.

Shim, K. F. & Ng, S. H., 1988. Magnesium requirement of the guppy (*Poecilia reticulata* Peters). Aquaculture, 73, 131-141.

Shim, K. F., Chua, Y. L., 1986. Some studies on the protein requirement of the guppy, *Poecilia reticulata* (Peters). J. Aquar. Aquat. Sci., 4, 79-84.

Sogbesan, O. A., Ugwumba, A. A. A., Madu, C. T., Eze, S. S., Isa, J., 2007. Culture and utilization of earthworm as animal protein supplement in the diet of *Heterobranchus longifilis* fingerlings. J. Fish. Aquat. Sci., 2, 375-386.

Sokolowicz, C. C., Bond-Buckup, G., Buckup, L., 2006. Dynamics of gonadal development of *Aegla platensis* Schmitt (Decapoda, Anomura, Aeglidae). Rev. Bras. Zool., 23, 1153–1158.

Souty-Grosset, C., Holdich, D., Noel, P., Reynolds, J. D. and Haffner, P., 2006. Atlas of crayfish in Europe Muséum national d'Histoire natürelle, 188.

Stafford, E. A., Tacon, A. G. J., 1985. The nutritional evaluation of dried earthworm meal (*Eisenia foetida*, Savigny, 1826) included at low levels in production diets for rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. Aquaculture Research, 16(3), 213–222.

Suting, P. S., Mandal, S. C. & Patel, A. B. 2013. Effect of different dietary lipid sources on growth and reproductive performance of guppy (*Poecilia reticulata*). Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh, 65, 876-882.

Şahin, Ş., 1999. Akvaryum balıkları, 135-136, 288-289.

Tacon, A. G. J., Stafford, E. A., Edwards, C. A., 1983. A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout. Aquaculture, 35, 187-199.

Tacon, A. G. J. and Nates, S. F., 2002. Aquatic Feeds and Nutrition: Role of hormones in shrimp growth, reproduction. The Global Aquaculture Advocate, 5(4), 24-25.

Tacon, A. G. J., Metian, M., 2009. Fishing for aquaculture: Non-food use of small pelagic forage fish-a global perspective. Reviews in Fisheries Science, 17, 305-317.

Tamaru, C.S., Ako, H, Paguirigan R., 1997. Essential fatty acid profiles of maturation feeds used in freshwater ornamental fish culture. Hydrobiologia; 358(1),265-268.

Tamaru, C. S., Cole, B., Bailey, R., Brown, C., Ako, H., 2001. A manual for commercial production of the swordtail, *Xiphophorus helleri*, CSTA Publication number, 128, 36.

Tamaru C. S., Ako, H. 2003. Enrichment of Artemia for use in fresh water ornamental fish production. Center for Tropical and Subtropical Aquaculture, 48.

Thompson, K. R., Muzinic, L. A., Engler, L. S. and Webster, C. D., 2005. Evaluation of practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, for juvenile Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Aquaculture, 244, 241–249.

Thompson, K. R., Metts, L. S., Muzinic, L. A., Dasgupta, S. and Webster, C. D., 2006. Effects of feeding practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, on growth, survival, body composition and processing traits of male and female Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) grown in ponds. Aquaculture Nutrition, 12(3), 227-238.

Thompson, K. R., Bailey, T. J., Metts, L. S., Brady, Y., 2010. Growth response and fatty acid composition of juvenile red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) fed different sources of dietary lipid. Aquaculture Nutrition, 16, 604–615.

Tidwell, J. H., Coyle, S., Weibel, S., Evans, J., 1999. The effects and interactions of stocking density and added substrate on production and population structure of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii*. Journal of the World Aquaculture Society, 30 (2), 174–179.

Tocher, D. R., 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater sh. Aquaculture Research, 41, 717-732.

Tropea, C., Piazza, Y. and Greco, L. S. L., 2010. Effect of long-term exposure to high temperature on survival, growth and reproductive parameters of the “redclaw” crayfish *Cherax quadricarinatus*. Aquaculture, 302(1-2), 49-56.

Tseng, D. Y., Chen, Y. N., Kou, G. H., Lo, C. F., Kuo, C. M., 2001. Hepatopancreas is the extraovarian site of vitellogenin synthesis in black tiger shrimp, *Penaeus monodon*. Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol, 129, 909–917.

Turkmen, S., Castro, P. L., Caballero, M. J., Hernandez-Cruz, C. M., Saleh, R., Zamorano, M. J., 2017. Nutritional stimuli of gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae by dietary fatty acids: Effects on larval performance, gene expression and neurogenesis. Aquaculture Research, 48, 202-213.

Valipour, A., Shariatmadari, F., Abedian, A., Seyfabadi, S. J., Zahmatkesh, A., 2011. Growth, molting and survival response of juvenile narrow clawed crayfish, *Astacus leptodactylus*, fed two sources of dietary oils. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 10, 505–518.

Vazquez, S. G., 2008. Distribution of exotic Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) in Puerto Rico. MSc thesis. University of Puerto Rico, Mayagüez, 57.

Verhoef, G. D., Austin, C. M., 1999. Combined effects of temperature and density on the growth and survival of juveniles of the Australian freshwater crayfish, *Cherax destructor* Clark, part 1. Aquaculture, 170, 37–47.

Villarreal, H. & J. Peláez. 1999. Nutrición y alimentación de redclaw. Memorias del Curso Teórico-Práctico de Cultivo de redclaw en Mexico, 1-21.

Watanabe, T. (Ed.). 1988. Fish nutrition and mariculture. Department of Aquatic Bioscience. Tokyo University of Fisheries. JICA. 233p.

Watanabe, T., & Vassallo-Agius, R., 2003. Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan. Aquaculture, 227, 35-61.

Watanabe, T., 1982. Lipid nutrition in fish. Comp. Biochem. Physiol., 73, 3–15.

Webster, C. D., Lovell, R. T., 1990. Responses of striped bass larvae fed brine shrimp from different sources containing different fatty acid compositions. Aquaculture, 90, 49-61.

Webster, C. D., Goodgame-Tiu, L. S., Tidwell, J. H. and Rouse, D. B., 1994. Evaluation of practical feed formulations with different protein levels for juvenile red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Transactions of the Kentucky Academy of Sciences, 55, 108-112.

Wickins, J. F., Lee, D. O.'C., 2002. Crustacean Farming Ranching and Culture. Blackwell Science, Oxford, 446.

Williams, E. H., Bunkley-Williams, L., Lilyestrom, C. G. and Ortiz-Corps, E. A., 2001. A review of recent introductions of aquatic invertebrates in Puerto Rico and implications for the management of nonindigenous species. Caribbean Journal of Science, 37(3-4), 246-251.

Wouters, R., C. Molina, P. Lavens and J. Calder´on., 2001a. Lipid composition and vitamin content of wild female *Litopenaeus vannamei* in different stage of sexual maturation. Aquaculture 198, 307–323.

Wouters, R., Lavens, P., Nieto, J., Sorgeloos, P., 2001. Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development. Aquaculture, 202, 1–21.

Xu, C., Yang, X., Liang, Z., Jiang, Z., Chen, H., Han, F., Jia, Y. ve Li. E., 2023. Evaluation of the role of soybean lecithin, egg yolk lecithin, and krill oil in promoting ovarian development in the female redclaw crayfish *Cherax Quadricarinatus*. Ed. Houguo Xu. Aquaculture Nutrition, 1-16.

Yamada, K., Kobayashi, K. and Yone, Y., 1980. Conversion of linolenic acid to w3-highly unsaturated fatty acids in marine fishes and rainbow trout. Bull. Jpn. Sot. Sci. Fish., 46, 1231-1233.

Yano, I. and Chinzei, Y., 1987. Ovary is the site of vitellogenin synthesis in kuruma prawn *Penaeus japonicus*. Comparative Biochemistry and Physiology, 86, 213–218.

Yaqub, H.B., 1997. Earthworm and maggot meals as a potential fishmeal replacement.

Yeh, H. S., Rouse, D. B., 1994. Indoor spawning and egg development of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Journal of the World Aquaculture Society, 25, 297–302.

Yeh, H. S., Rouse, D. B., 1995. Effects of water temperature, density and sex ratio on the spawning rate of red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens). Journal of the World Aquaculture Society, 26 (2), 160–164.

Yılmaz, M., 1998. Farklı yemlerin lepistes (*Poecilia reticulata*) balığının ağırlık artışı, üreme, renklenme ve büyüme özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Erzurum.

Zaglol, N. F., Eltadawy, F., 2009. Study on chemical quality and nutritional value of fresh water crayfish (*Procambarus clarkii*). Journal of the Arabian Aquaculture Society, 4, 1–18.

Zara, F. J., Toyama, M. H., Caetano, F. H., López-Greco, L. S., 2012. Spermatogenesis, spermatophore, and seminal fluid production in the adult blue crab *Callinestes danae* (Portunidae). J. Crust. Biol., 32, 249–262.

Zhao, Y., Meng, F., Chen, L., Gu, Z., Xu, G., Liu, Q., 2000. Effects of different gradient temperatures on embryonic development of the *Cherax quadricarinatus* (Crustacea, Decapoda). Journal of Lake Science, 12, 59–62.

Zhu, H., Jiang, Q., Wang, Q., Yang, J., Dong, S. and Yang, J., 2013. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth performance, body composition, hepatic enzyme activities, and digestive enzyme activities of juvenile australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von martens). Journal of the World Aquaculture Society, 44(2), 173-86.

Zimmerman, H. G., 2003. South Africa. In: Invasive alien species in southern Africa: national reports and directory of resources [ed. by Mcdonald, I. A. W., Reaser, J. K., Bright, C., Neville, L. E., Howard, G. W., Murphy, S. J., Preston, G.]. Cape Town, South Africa: Global Invasive Species Programme.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Bedrettin DUMAN, ilk orta ve lise öğrenimini aynı şehirde tamamlamış ve 2007 yılında girdiği Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden 2011 yılında mezun olmuştur. 2012 yılında Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başlayarak 2015 yılında Yüksek Lisans derecesini elde etmiştir. 2015 yılında aynı Anabilim Dalı'nda Doktora eğitimine başlamış 2017 yılında yatay geçiş ile Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı'nda Doktora eğitimine devam etmektedir.