İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
2010
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yemleme Oranlarının Farklı Sıcaklıklarda Kırmızı Bataklık Kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) Büyüme Performansı, Kabuk Değiştirme Frekansı, Karapas Renklenmesi ve Azot Boşaltımı Üzerine Etkileri

Su Ürünleri Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Kemal Burak GÜLTEKİN

ORCID 0000-0002-2716-6022

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Onur KARADAL

Ağustos 2021

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **Kemal Burak GÜLTEKİN** tarafından hazırlanan **Yemleme oranlarının farklı sıcaklıklarda kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) büyüme performansı, kabuk değiştirme frekansı, karapas renklenmesi ve azot boşaltımı üzerine etkileri** başlıklı bu çalışma tarafımızca okunmuş olup, yapılan savunma sınavı sonucunda kapsam ve nitelik açısından başarılı bulunarak jürimiz tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

ONAYLAYANLAR:

Tez Danışmanı: **Dr. Öğr. Üyesi Onur KARADAL** .....
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. T. Tansel TANRIKUL .....
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Prof. Dr. Derya GÜROY .....
Yalova Üniversitesi

Savunma Tarihi: 26.08.2021

Yazarlık Beyanı

Ben, **Kemal Burak GÜLTEKİN**, başlığı **Yemleme oranlarının farklı sıcaklıklarda kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) büyüme performansı, kabuk değiştirme frekansı, karapas renklenmesi ve azot boşaltımı üzerine etkileri** olan bu tezimin ve tezin içinde sunulan bilgilerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim. Ayrıca:

- Bu çalışmanın bütünü veya esası bu üniversitede Yüksek Lisans derecesi elde etmek üzere çalıştığım süre içinde gerçekleştirilmiştir.
- Daha önce bu tezin herhangi bir kısmı başka bir derece veya yeterlik almak üzere bu üniversiteye veya başka bir kuruma sunulduysa bu açık biçimde ifade edilmiştir.
- Başkalarının yayımlanmış çalışmalarına başvurduğum durumlarda bu çalışmalara açık biçimde atıfta bulundum.
- Başkalarının çalışmalarından alıntıladığımda kaynağı her zaman belirttim. Tezin bu alıntılar dışında kalan kısmı tümüyle benim kendi çalışmamdır.
- Kayda değer yardım aldığım bütün kaynaklara teşekkür ettim.
- Tezde başkalarıyla birlikte gerçekleştirilen çalışmalar varsa onların katkısını ve kendi yaptıklarımı tam olarak açıkladım.

İmza:

Tarih: 26.08.2021

Yemleme oranlarının farklı sıcaklıklarda kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) büyüme performansı, kabuk değiştirme frekansı, karapas renklenmesi ve azot boşaltımı üzerine etkileri

Öz

Kırmızı bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*) dünyada en fazla yetiştiriciliği yapılan kerevit türüdür. Bu sebeple, türün kültür ortamındaki besleme düzeyinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, iki farklı sump sisteminin (300 L) sıcaklıkları 18 (DS, düşük sıcaklık) ve 28 °C (YS, yüksek sıcaklık) olarak ayarlanmış ve üç farklı yemleme oranı (vücut ağırlıklarının %3, 4 ve 5'i) ile altı farklı deneme grubu oluşturulmuş (DS3, DS4, DS5, YS3, YS4 ve YS5) ve kırmızı bataklık kerevitlerinin büyüme performansları, kabuk değiştirme frekansları, karapas renklenmesi ve toplam amonyak-nitrojen boşaltım oranları araştırılmıştır. Deneme sonunda, YS3 grubunun son ortalama ağırlığı ve ağırlık kazanımı istatistiksel olarak DS4 ve DS5 gruplarından daha yüksektir (P<0,05). DS3 ve YS3 gruplarının yem dönüşüm oranları tüm deneme grupları arasında en düşük, DS5 grubunun ise en yüksektir (P<0,05). Yine DS5 grubunun spesifik büyüme oranı tüm gruplar arasında en düşüktür (P<0,05). DS5 grubunun ortalama kabuk değiştirme frekansı YS gruplarından istatistiksel olarak daha düşüktür (P<0,05). Deneme grupları hem sıcaklık hem de yemleme oranlarına bağlı olarak etkilenmiştir (P=0,0311). YS3 ve YS4 gruplarının son parlaklık (*L**) değerleri istatistiksel olarak diğer gruplardan daha yüksektir (P<0,05). Deneme gruplarının son parlaklık değerleri hem sıcaklık hem de yemleme oranlarına bağlı olarak etkilenmiştir

(P=0,0000). DS gruplarının son kırmızılık (*a**) değerleri deneme grupları arasında en düşük, YS3 ve YS4 gruplarının ise en yüksektir (P<0,05). DS3 ve YS3 gruplarının amonyak boşaltımları DS4, YS4 ve YS5 gruplarından istatistiksel olarak daha düşüktür (P<0,05). DS5 grubunun amonyak boşaltımı ise tüm deneme grupları arasında en yüksektir (P<0,05). Sonuç olarak, %3'ün üzerindeki besleme gruplarında büyüme parametrelerinin iyileşmediği ve amonyak boşaltımının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, 28 °C'de beslenen kerevitlerin 18 °C'de beslenenlere göre büyüdükleri ve renklendikleri ortaya konulmuştur. Gelecek çalışmalarda ticari kerevit türleriyle yürütülen besleme denemelerinin üzerinde durulması önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Cambaridae, kerevit yetiştiriciliği, besleme düzeyi, fiziksel koşullar, pigmentasyon

Effects of feeding rates on growth performance, molting frequency, carapace coloration and total ammonia-nitrogen excretion of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) at different temperatures

Abstract

Red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) is the most widely cultivated crayfish in the world. For this reason, it is very important to determine the feeding level of the species in the culture conditions. In this study, the temperatures of two different sump systems (300 L) were set as 18 (DS, low temperature) and 28 °C (YS, high temperature) and six different feeding rates (3, 4, and 5% of body weight) were used. Different experimental groups were formed (DS3, DS4, DS5, YS3, YS4 and YS5) and the growth performances, molting frequencies, carapace coloration and total ammonia-nitrogen excretion of red swamp crayfish were investigated. At the end of the experiment, the final mean weight and weight gain of the YS3 group were significantly higher than the DS4 and DS5 groups ($P<0.05$). Feed conversion ratios of the DS3 and YS3 groups were the lowest among all experimental groups, and the highest in the DS5 group ($P<0.05$). Specific growth rate of the DS5 group was the lowest among all groups ($P<0.05$). The mean molting frequency of the DS5 group was significantly lower than the YS groups ($P<0.05$). Experimental groups were affected by both temperature and feeding rates ($P=0.0311$). Final brightness (L^*) of YS3 and YS4 groups were significantly higher than the other groups ($P<0.05$). The final brightness

of the experimental groups were affected by both temperature and feeding rates (P=0.0000). The final redness (*a**) of the DS group were the lowest among the experimental groups, and the highest in the YS3 and YS4 groups (P<0.05). Total ammonia-nitrogen excretion (TAN) of DS3 and YS3 groups were significantly lower than DS4, YS4 and YS5 groups (P<0.05). The TAN of the DS5 group was the highest among all experimental groups (P<0.05). As a result, it was determined that the growth parameters did not improve and TAN was high in the feeding groups above 3%. In addition, it was revealed that the growth performance and carapace coloration of crayfish fed at 28 °C improved compared to those fed at 18 °C. It is recommended to focus on feeding trials with commercial crayfish species in future studies.

Keywords: Cambaridae, crayfish culture, feeding level, physical conditions, pigmentation

Sevgili eşime ve hayatımdaki değerli insanlara..

Teşekkür

Öğrenim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme ve eşime, tez süresi boyunca yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Onur KARADAL'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İçindekiler

Yazarlık Beyanı ii

Öz iii

Abstract v

Teşekkür viii

Şekiller Listesi xi

Tablolar Listesi xii

Kısaltmalar Listesi xiii

1 Giriş 1

2 Kerevitler Hakkında Bilgiler 5

2.1 Morfolojik ve Anatomik Özellikler 6

2.2 Biyolojik Özellikler 7

2.3 Üreme Biyolojisi 8

2.4 Beslenme 8

2.5 Ekolojik Özellikler 9

2.6 Ticari Öneme Sahip Kerevit Türleri 10

2.7 Kırmızı Bataklık Kereviti 11

3 Önceki Çalışmalar 14

4 Materyal ve Yöntem 17

4.1 Etik Kurul 17

4.2 Deneme Sistemleri 17

4.3 Deneme Kerevitleri ve Beslenme Dizaynı 18

4.4 Su Parametreleri 19

4.5 Büyüme Parametrelerinin Elde Edilmesi 20

4.6 Kabuk Değiştirme Frekansının Belirlenmesi 22

4.7 Renk Verilerinin Elde Edilmesi 22

4.8 Azot Boşaltımının Belirlenmesi 23

4.9 İstatiksel Analizler 24

5 Bulgular 25

6 Tartışma ve Sonuç 32

Kaynaklar 36

Özgeçmiş 47

Şekiller Listesi

Şekil 1.1 Dünya kerevit avcılığı ve yetiştiriciliği miktarları……..2
Şekil 2.1 *Astacus leptodactylus* 6
Şekil 2.2 Kerevitlerin morfolojik yapısı 7
Şekil 2.3 Üstünde yumurtaları olan bir kırmızı bataklık kereviti 9
Şekil 2.4 *Procambarus clarkii* 13
Şekil 4.1 Deneme sistemleri 17
Şekil 4.2 Çalışmada kullanılan kırmızı bataklık kerevitleri (*Procambarus clarkii*) 18
Şekil 4.3 Deneme yemi (Tetra Crusta Granules)..... 19
Şekil 4.4 Deneme sistemlerinde su parametreleri ölçümü 20
Şekil 4.5 Hassas terazi ile ağırlık ölçümü 21
Şekil 4.6 Dijital kumpas ile total boy ölçümü 21
Şekil 4.7 Tırnak ojesi ile markalanan bir kerevitin değiştirdiği kabuk……22
Şekil 4.8 Kolorimetre ile karapas rengi ölçümü 23
Şekil 5.1 Kerevitlerin deneme süresince ağırlık değişimleri 27
Şekil 5.2 Kerevitlerin deneme süresince total boy değişimleri..... 27
Şekil 5.3 Kerevitlerin deneme süresince yaşama oranı değişimleri 28
Şekil 5.4 Deneme sonunda kerevitlerin toplam amonyak-nitrojen boşaltımları.... 31

Tablolar Listesi

Tablo 1.1 2018 yılı dünya kerevit üretimi……...2

Tablo 2.1 Dünyadaki bazı önemli kerevit türleri..... 10

Tablo 5.1 Farklı sıcaklık (18 ve 28 °C) ve yemleme oranlarıyla (%3, 4 ve 5) 12 hafta boyunca beslenen kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) büyüme performansları……26

Tablo 5.2 Farklı sıcaklık (18 ve 28 °C) ve yemleme oranlarıyla (%3, 4 ve 5) 12 hafta boyunca beslenen kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) kabuk değiştirme frekansları……29

Tablo 5.3 Farklı sıcaklık (18 ve 28 °C) ve yemleme oranlarıyla (%3, 4 ve 5) 12 hafta boyunca beslenen kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) karapas renklenmeleri……30

Kısaltmalar Listesi

FAO	Food and Agriculture Organization
FCR	Feed Conversion Rate
SGRw	Specific Growth Rate
YDO	Yem Dönüşüm Oranı
SBO	Spesifik Büyüme Oranı
YS	Yüksek Sıcaklık
DS	Düşük Sıcaklık
ANOVA	Analysis of Variance

Bölüm 1

Giriş

Dünya genelinde akvaryum sektörü gerek estetik ürünlere ilginin artması gerek evlerde ve ofislerde geçen zamanların artmasıyla oluşan rahatlama ihtiyacı ile gerekse hobi amacı ile her geçen gün daha fazla insana ulaşmakta ve buna paralel olarak sektörün içinde yer alan canlı üreticileri, ekipman üreticileri, tedarikçiler ve akvaristler bu ilgiyi kalıcı kılmak adına daha fazla ve yeni tür çeşitliliğine ve daha iyi görsellik sunacak ürünlere yönelmektedir. Tür çeşitliliği merakı ise akvaryum sektörünün lideri olan balıklarda da çeşitlilik arayışı oluştursa da son zamanlarda görsel farklılıkları ile omurgasız sucul canlılara olan ilgiyi de arttırmıştır. Tatlı su akvaryumları ise deniz akvaryumlarına oranla maliyet ve de bakım kolaylıkları açısından daha fazla tercih edilmektedir. Tatlı su akvaryumlarında beslenebilecek sucul omurgasız türlerinde ise yumuşakça türleri olarak salyangoz ve midye, eklembacaklı olarak ise kerevit, karides ve yengeçler en çok ilgiyi çekmektedirler [1].

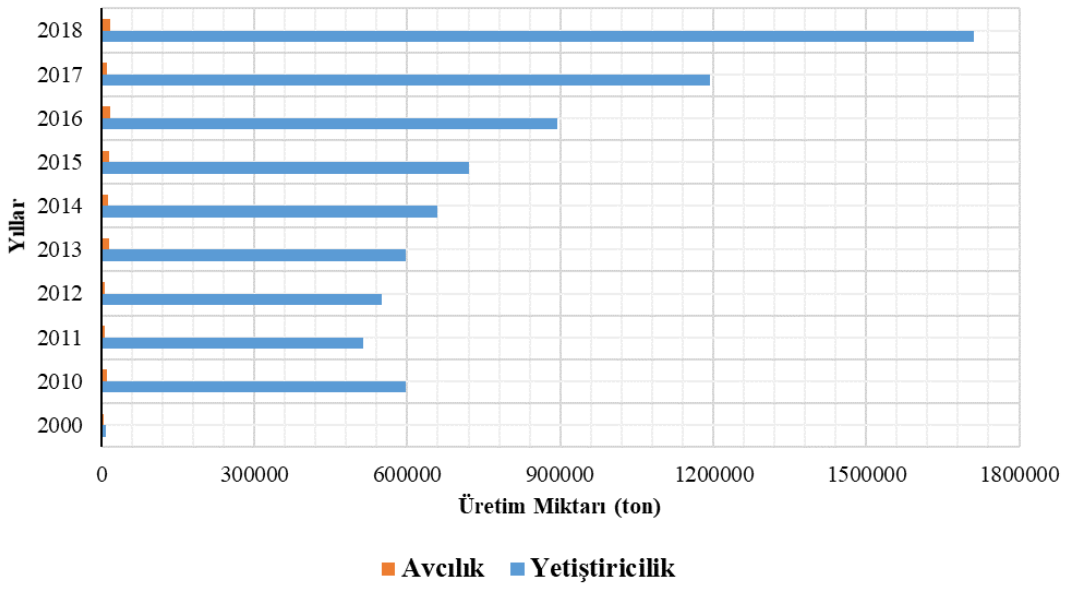
Kerevitler ise son yılların gözde türleri konumundadır. Son 5 yılda tatlı su kereviti üretimi ve ticari hacmi üçe katlanırken; 2018 yılındaki kabuklu su ürünleri üretiminin %46'sından fazlasını ise yine tatlı su kerevitleri oluşturmuştur [2]. Bu üretim talebinde hem insan gıdası olarak belirli bölgelerde yüksek bir alıcısının olması hem de akvaryum meraklılarının yeni ve farklı türlere olan ilgisi etkili olmuştur.

Kerevit üretiminin büyük bir bölümü (%99,02) birçok türün tersine yetiştiricilik yolu ile sağlanmaktadır (Tablo 1.1). FAO [2] verilerine göre dünya genelinde avcılık yolu ile sağlanan kerevit miktarı 16.927 ton iken, yetiştiricilik yolu ile elde edilen kerevit miktarı ise 1.711.635 tondur. Her iki yöntemde de öne çıkan tür kırmızı bataklık kerevitidir (*Procambarus clarkii*). Bu duruma son yıllarda Çin'de kerevit yetiştiriciliğindeki çok hızlı artış neden olmuştur.

Tablo 1.1: 2018 yılı dünya kerevit üretimi [2]

Bilimsel ve Yaygın Adı	**Avcılık Miktarı (t)**	**Yetiştiricilik Miktarı (t)**
Astacus astacus (Avrupa kereviti)	9	1
Astacus leptodactylus (Dar kıskaçlı kerevit)	339	30
Cherax destructor (Yabi)	0	57
Cherax quadricarinatus (Kırmızı kıskaçlı kerevit)	9	132
Cherax tenuimanus (Marron)	0	70
Procambarus clarkii (Kırmızı bataklık kereviti)	9116	1.711.344
Pacifastacus leniusculus (Sinyal kereviti)	148	0
Diğer Türler (Avrupa-Amerikan ve Okyanusya)	7.306	1
TOPLAM	**16.927**	**1.711.635**

FAO verilerine göre, kerevit avcılığı miktarları 2000 yılında 4.498 ton iken 2018 yılında 16.927 ton olmuştur. Dolayısıyla, 18 yıl içerisinde kerevit avcılığı yaklaşık 4 kat artmıştır (Şekil 1.1). Kerevit yetiştiriciliği ise özellikle 2011 yılından itibaren sürekli bir yükselişe geçmiştir (Şekil 1.1). Özetle, 2011 yılında 513.613 ton olan üretim 2018 yılında %333 oranında artmıştır. Son 18 yılda ise (2000 yılında 8.258 tondan 2018 yılında 1.711.635 tona yükselmiştir) yaklaşık 207 kat artış göstermiştir.



Şekil 1.1: Dünya kerevit avcılığı ve yetiştiriciliği miktarları [2]

Canlı üretiminde ticari başarı kıstası genellikle kısa zamanda, ideal formda, en az yem tüketimi ve yüksek yaşama oranına sahip bir üretimdir. Soğuk kanlı canlılar olan

kırmızı bataklık kerevitlerinde de saydığımız kıstaslara en önemli etkilerden birisini sıcaklık yapmaktadır.

Kırmızı bataklık kerevitleri doğal ortamlarında incelendiğinde ilkbahar-yaz aylarında su sıcaklıklarının artması sonucu metabolik faaliyetlerinin de artmasıyla yem alımında artış gözlenmektedir. Bu da kerevitlerin büyüme performansına son derece olumlu anlamda yansımaktadır. Akvaryum ortamında da farklı üreticiler ve tüketiciler farklı sıcaklıklarda ve buna bağlı olarak da yemleme oranlarında kerevitleri beslemektedirler. Bu gözlemlerden yola çıkılan çalışmamızda farklı sıcaklıklarda yapılan yemleme çalışmalarıyla kırmızı bataklık kerevitlerinin büyüme performansları, kabuk değiştirme frekansları, karapas renklenmesi ve azot boşaltımı üzerine etkileri incelenmiştir.

Kırmızı bataklık kerevitlerinin yetiştiriciliği için özellikle yetişkin dönemde ideal ortam sıcaklarının 21-25°C aralığı olduğu tespit edilmiştir [3]. Çalışmamız için bu tip çalışmalar baz alınarak düşük (18 °C) ve yüksek (28 °C) sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Yine başka bir çalışmada yemleme oranının %4 olarak alınması büyümede olumlu anlamda en iyi yem kullanım verimliliği verdiği tespit edilmiştir [4]. Optimum olarak belirlenen bu değer baz alınarak çalışmadaki yemleme oranları %3, 4 ve 5 olarak belirlenmiştir. Her bir tankta 30 birey olacak şekilde planlama yapılmıştır. Ticari yem olarak başka bir çalışmada en iyi ticari yem olarak belirtilen Tetra Crusta Granules kullanılmıştır. Çalışmamız 12 hafta ve 5 tekrarlı olarak uygulanmıştır.

Beslenme, yaşam döngüsü boyunca önemli faktörlerden biridir ve farklı beslenme rejimleri kerevit türlerinde büyüme performansı, hayatta kalma oranı ve kabuk değişimi gibi bazı parametreleri etkileyebilir. Optimal besleme sıklığı, büyüme verimliliğini ve hayatta kalma oranını iyileştirir ve besleme maliyetlerini ve yemle ilgili atıkları azaltır [5].

Ekonomik bir yetiştiricilik yapabilmek için yemleme oranında büyüme oranlarında fazla yem kullanmadan doğru sonuçları elde edilmelidir. Yemleme oranları canlının larva, juvenil ve ergin evrelerine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bunun da sebebi canlıların her gelişim döneminde aynı büyüme performansını göstermemesidir. Genellikle yemleme oranları larva ve juvenil dönemlerde daha yüksek olur iken ergin

dönemde daha azdır. Bizim çalışmamızda ergin bireyler kullanılması sebebi ile daha düşük yemleme oranları tercih edilmiştir. Yemleme oranından doğru düzeyde faydalanmayı etkileyen bir başka faktör de sıcaklıktır. Çalışmamızda da aynı yemleme oranlarının düşük ve yüksek sıcaklıklarda farklı verimler verdiğini gözlemekteyiz.

Çalışmamızda incelenen bir başka konu ise; ortama canlının alabileceği veya verimli sindirebileceği yemden fazlasının verilmesi, ortam kirliliği yoluyla canlıya olumsuz etki etmesidir. Canlılar tarafından değerlendirilemeyen yemler, azot boşaltımı yoluyla amonyak, üre ve ürik asite dönüşür. Bu da ortam kalitesini ve dolayısıyla yaşam oranlarını etkileyen bir sorundur.

Yemleme oranı bir canlının gün içinde aldığı yem miktarının canlının ağırlığına oranıdır. Luo ve diğ. [4] 1,37 g *P. clarkii* türüyle yaptıkları çalışmalarında, kerevitleri vücut ağırlıklarının %1, 2, 3, 4, 5 ve 6'sı kadar beslemişler ve en ideal oranın %4 olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada 8,2 g ağırlığa sahip kırmızı bataklık kerevitleri vücut ağırlıklarının %3, 4 ve 5'i kadar beslenerek, önceki çalışmayla arasında bir kıyaslama fırsatı da ortaya çıkmıştır. Luo ve diğ. [4] tarafından tespit edilen %4 oranı orta değer kabul edilerek, bir alt (%3) ve bir üst (%5) yemleme düzeylerinin farklı sıcaklıklarda ortaya çıkaracağı tepkilerin test edilmiştir. Bu çalışmada elde edilecek veriler doğrultusunda özellikle ergin kırmızı bataklık kerevitlerinin (*P. clarkii*) yetiştiriciliğinde optimum sıcaklık ve ideal yemleme oranını tespit ederek hem daha ekonomik hem de daha az kayıp yaşanan, verimli bir üretim süreci sağlanmasına yardımcı olmak amaçlanmıştır.

Bölüm 2

Kerevitler Hakkında Bilgiler

Kerevit, eklembacaklılar (Arthropoda) şubesinde, kabuklular (Crustacea) sınıfının, gelişmiş kabuklular (Malacostraca) takımında bulunan Astacidae, Parastacidae, Cambaridae ve Cambaroididae familyalarındaki *Astacus*, *Euastacus*, *Pacifastacus*, *Procambarus*, *Cambarus*, *Orconectes*, *Austropotamobius*, *Camberallus*, *Cherax*, vb. cinslerine ait türlerdir [6]. Kerevitler sahip oldukları kuru ağırlığın %76'lık kısmı proteinden oluşan sucul canlılar olarak önemli bir protein kaynağı olmakla beraber, E ve K vitaminleri zenginliği ile de dikkat çekmektedir [7, 8]. Ayrıca lezzetli de olan kerevitler insan gıdası olarak yoğun talep görmektedir. Bunun yanı sıra görsel zenginliği ile akvaristler tarafından da talep gören önemli bir ticari türdür.

Kerevitler yaşamlarını tatlı suların dip (bentik) bölgelerinde geçirirler. Genellikle kendilerini taş ve kayaların altına gizlerler. Bu davranış özelliklerini akvaryum içinde de göstererek akvaryumların taban bölümünde veya görsel amaçlı kullanılan bazı oyuklu ekipmanların içerisinde bulunurlar.

Omnivor özellikte olan kerevitler hayvansal besin kaynağı olarak larvalar, kendilerinden küçük omurgasızlar ve ölü balıkların kalıntılarını tüketirken bitkisel kaynak olarak da çevrede bulunan su bitkilerini tüketirler. Ayrıca kanibalizm davranışı sergiledikleri de bilinmektedir. Avcıları arasında kaplumbağalar, su samurları ve daha büyük balıklar bulunur. Beslenme açısından genellikle gece aktiftirler.

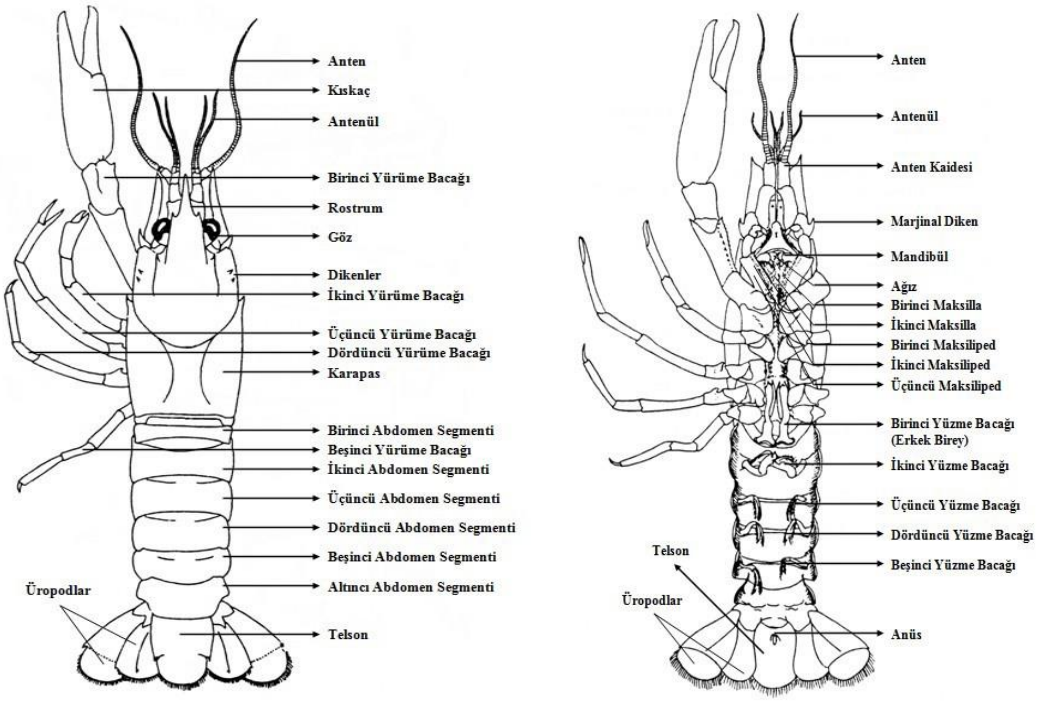
Kerevit türlerinin ortalama 5-20 yıl ömürleri bulunmaktadır. Boyları ve ağırlıkları çok değişkenlik göstermekle birlikte, 10-50 cm total uzunluğa ve 20-500 g ağırlığa ulaşabilmektedir [9]. Dünya genelinde 4 familya altında 670 civarı türün bulunmakta olduğu bildirilmiştir [10]. Ülkemizde ise endemik olarak *Astacus leptodactylus* türü (Şekil 2.1) ile temsil edilmektedir.

Şekil 2.1: Dar kıskaçlı kerevit (*Astacus leptodactylus*) (Orijinal)

2.1 Morfolojik ve Anatomik Özellikler

Kerevitler sahip oldukları dış iskelet, eklemli uzantıları ve parçalı gövdeleri ile Artropoda şubesinin Crustacea (kabuklu) sınıfının Decapoda (ön ayaklı) cinsine aittirler. Bir kerevitin morfolojik yapısı Şekil 2.2'de sunulmuştur. Kerevitlerin vücudu 2 ana bölgeden oluşur: Baş ve üst gövdeden oluşan sefalotoraks ve karın (abdomen) bölgesi. Kerevitlerde 19 segment bulunur. Bunlardan 13 tanesi sefalotorakstan, kalan 6 tanesi ise abdomenden eklemlenir [11]. Bu segmentlerdeki ekstremitelerin her biri görme, dokunma, tat ve koku alma, beslenme, çiftleşme, yumurtlama, saldırma, korunma, hareket, yüzme kabiliyeti gibi özellikleri kazanıncaya kadar larva ve juvenil kerevitin beslenmesi gibi hayati öneme sahiptir [12]. Sefalotoraksın baş kısmında önde antenler, uca doğru sivrilen rostrum ve alt bölümde ise kıskaçlar bulunmaktadır. Seafalotoraksın dorsal bölümünde gövdeyi örten karapas yapısı vardır. Sefalotoraksın ventral bölümünde ise yürüme bacakları (pereipod) bulunur. Dişilerde 4. ve 5. yürüme bacakları arasında üreme açıklığı bulunur [13]. Abdomen ise 6 segmentten oluşur.

Ventralde yüzme bacakları (pleopod) bulunur. Dişiler gelişen yumurtalarını bu bacaklarda taşırken; erkeklerde pleopodların ilk çifti üreme organı olarak farklılaşır.



Şekil 2.2: Kerevitlerin morfolojik yapısı

Abdomeninin son kısmında ise telson vardır. Telson ve her iki yanındaki üropodlar ise yelpaze şeklindeki kuyruğu oluşturur. Boşaltımın son kısmı olan anüs de bu kuyruk bölümünde yer alır. Genellikle yavaş hareketler sergileyen kerevitler tehlike anında bu kuyruk yapısı sayesinde geriye doğru çok hızlı kaçabilirler [13].

Kerevitlerde sölom adı verilen bir gövde boşluğu vardır. Bu boşluk diğer organlar tarafından darlaştırılmıştır. Dolaşım sisteminin bir bölümünü oluşturan bu boşluğun içi kanla doludur [14].

2.2 Biyolojik Özellikler

Kerevitlerin çoğu doğal ortamlarında 5-20 yıllık bir yaşam sürecine sahiptir. Vücutları sert kitin tabakası ile kaplıdır ve kabuk adı verilen bu tabaka kerevitleri dış etkenlerden korur. Dört tabakadan oluşan kabuğun ana bileşenleri; %46 kitin, %40 kalsiyum karbonat ve %7 kalsiyum fosfattır [15, 16]. En içte bir benal membran, daha sonra

kitinojen eritel hücrelerinden oluşan hipodermis tabakası, daha sonra endekutikulata ve en dışta ise epikutikulata tabakası bulunur [15]. Eski kabuğun tamamının düşmesi sonucunda bu kabuğun altından yumuşak yeni bir kabuk oluşur. Bu olaya kabuk değiştirme adı verilir. Kerevitlerin vücudunu saran kitin özellikli sert dış kabuk, daha gelişmiş ve özellikle omurgalı hayvanlardaki kemik iskeletlerinde olduğu gibi, kerevitler büyüdükçe o da canlıyla beraber uzamaz. Bu yüzden kerevitler büyürken mutlaka eski kabuklarını atıp, tekrardan büyüyen vücuduna uyumlu yeni bir dış kabuk oluştururlar [17].

2.3 Üreme Biyolojisi

Kerevitler yumurtlayarak ürerler. Ancak Schöltz ve diğ. [18], *Procambarus fallax* türü kerevitlerin bir varyetesi sayılan marmorkrebslerin partenogenezle de üreyebildiklerini bildirmektedir [17]. Genellikle 5 yaşında cinsel olgunluğa ulaşırlar. Ekim-Kasım aylarından itibaren vücutta cinsel hareketlilik başlar. Ancak yumurtlama ve döllenme işlemleri ilkbahar aylarında gerçekleşir. Dişinin yonca yaprağı şeklinde bir adet olan ovaryumu iki kolludur. Erkeğin sperm kanalı 1 mm çapında ve 30-40 mm uzunluğa sahip olup; beşinci çift yürüme bacağının tabanındaki delikten çıkış olur [14]. Çiftleşme esnasında erkekler kopulasyon organı vasıtasıyla dişiyi döller. Döllenen yumurtalar dişinin pleopodlarında tutulurlar (Şekil 2.3). Her iki üreme metodunda da dişi yumurtaları yüzme bacaklarına yapıştırır ve yüzme bacakları vasıtasıyla yumurtaları sallayarak sürekli havalandırır. Böylece yumurtaların oksijen ihtiyacı karşılanırken, döllenmemiş veya bozulmuş yumurtalar da abdomenden uzaklaştırılmış olur. Döllenen yumurtalar ise bir süre sonra gözlenir [17]. Yumurtalar ilk başta koyu bir renktedir. Geliştikçe yarı saydam bir renge dönüşürler. Su sıcaklığına bağlı olarak 2-20 hafta arasında açılırlar. Yumurtadan çıkan kerevitler ikinci kabuk değişimine kadar anneye bağlı kalırlar [13].

2.4 Beslenme

Kerevitler genellikle geceleri avlanırlar. Beslenme tipi olarak omnivor ve detritivor özellik gösterirler. Bu nedenle bulundukları ekosistemde birçok besin zincirinde önemli rol oynamaktadırlar [19]. Detritusun işlenmesi ve mineralizasyonunda önemli etkileri bulunan bu canlılar için “ekosistem mühendisi” benzetmesi yapılmaktadır [20]

Kerevitler; hayvansal kaynaklı beslenirken kurtlar, böcekler, yumuşakçalar ve zooplankton gibi canlıları tüketirler [21]. Sucul canlıların genelinde olduğu gibi kerevitler de soğuk kanlılardır ve sucul ortamın sıcaklığına bağlı olarak metabolizma hızı artar ve beslenme de artar. Bu sebeple ilkbahar-yaz dönemi yoğun beslenme zamanıdır. Genç kerevitler her gün vücut ağırlıklarının %1-4'ünü tüketmeli, yetişkin kerevitler ise her gün vücut ağırlıklarının sadece %0,3 ile %1'i kadar bir miktara ihtiyaç duyarlar. Kabuk değiştirme döneminde kerevitler beslenmezler. Ayrıca dişi bireyler yumurtlama döneminde de beslenmezler [22].

Şekil 2.3: Abdomeninde yumurta taşıyan bir kırmızı bataklık kereviti (Orijinal)

2.5 Ekolojik Özellikler

Kerevitler birçok tatlı suda baskın düzeyde olan kabuklu türleridir. Kerevitler geniş sıcaklık, orta derece tuzluluk ve düşük çözünmüş oksijen seviyesi gibi aralıklarda yayılım gösterebilirler [23]. Çoğu kerevit yüksek tuzluluk seviyelerini tolere edemez, ancak istisnalar vardır. Örneğin, genellikle göletlerde yaşayan *P. clarkii*, üstün bir osmoregülatör kapasiteye sahiptir ve sularda kalıcı olarak artan tuzluluğu *Orconectes lancifer*'den daha iyi tolere eder [24]. Ana habitatları; serin veya sıcak yüksek kaliteli akarsular ve göller, sıcaklığı düşük sulak alanlar, yarı karasal bataklıklar ve mağara ekosistemleridir. Kerevitler, solungaçları kabuk tarafından korunduğu ve sudan çıkmadığı için nemli havaya maruz kalma sürelerini tolere edebilir. Çoğu kerevit,

oksijen kaynağı olarak sudan havaya geçebilir [25] ve oksijen seviyeleri tükenmiş su kütlelerinden dışarı çıkabilir. Birçok kerevit, havanın nemli kaldığı yuvalar inşa ederek kuraklık dönemlerinde hayatta kalır. Zengin kerevit popülasyonu ortam kalitesinin olumlu bir göstergesidir. Kerevitler tatlı sularda bentik bölgede yaşamlarını sürdüren ve larval dönemleri olmayan sucul canlılardır. Diğer dekapod türlerinde pelajik bölgede yaşam süren larval dönem bulunmasına rağmen kerevitler tüm yaşamları boyunca bentik bölgede bulunurlar. Bu sebeple kerevitlerin tüm yaşam dönemlerinde üzerinde yaşadıkları zemin substratı son derece önemlidir [13].

2.6 Ticari Öneme Sahip Kerevit Türleri

Madagaskar'da doğal olarak bulunması hariç Afrika ve Antarktika'da normal şartlarda bulunmayan kerevitler dünyada 540'dan fazla türe sahiptir. Özellikle Kuzey Amerika ve Avustralya'daki türler en fazla farklılığı gösterirler [26]. Kökenleri belli başlı ülkelere ve bölgelere özgü olduğu bilinen bazı endemik türlerin bugün birçok nedenlerle farklı ülkelerde ve bölgelerde de yayıldığı bilinmektedir [14]. Dünyanın birçok bölgesinde kerevit türleri gerek kültürel olarak gerekse yeni lezzet keşifleri amacıyla insanlar tarafından tüketilmektedir. Aynı zamanda gelişen akvaryum sektörüyle beraber de tatlı su akvaryumlarında ilgi çekici özellikleri sayesinde kerevitlere olan talep artmıştır ve bu da kerevitlerin ticaret hacmini arttıran bir sebeptir. Tablo 2.1'de ticari öneme sahip olan bazı kerevit türleri listelenmiştir.

Tablo 2.1: Dünyadaki bazı önemli kerevit türleri

Familya	Tür Adı	Yayılım Alanı
Astacidae	*Pacifastacus leniusculus*	Amerika ve Avrupa
	Astacus astacus	Avrupa
	Astacus leptodactylus	Avrupa ve Türkiye
Parastacidae	*Cherax quadricarinatus*	Avustralya, Yeni Gine
	Cherax destructor	Yeni Zelanda
	Cherax teuimanus	Güney Avustralya
	Euastacus armatus	Güney Avustralya
Cambridae	*Procambarus clarkii*	Amerika
	Cambarellus patzcuarensis	Orta Amerika
	Orconectes limosus	Avrupa, Kuzey Amerika
	Orconectes rusticus	Amerika-Hindistan

2.7 Kırmızı Bataklık Kereviti (*Procambarus clarkii*)

Procambarus clarkii (Girard, 1852) bilimsel adıyla bilinen kırmızı bataklık kerevitleri Amerika Birleşik Devletleri'nin güney eyaletleri ve Meksika'nın kuzeyi orijinli bir tür olmasına karşın, istilacı bir tür olmasının da etkisiyle taşınma yoluyla ulaştığı birçok bölgede görülmüş ve rapor edilmiştir. Yayılım alanları genel olarak durgun akarsular, bataklıklar, göletler, sulama kanalları, pirinç tarlaları gibi bölgelerdir. Düşük oksijen seviyesi, farklı sıcaklık aralıkları, orta derece tuzluluk, kuralık ve kirlilik gibi zorlu doğa koşullarında yaşama uygun bir türdür [23]. *P. clarkii*, dünyadaki 34 ülkede, doğadaki hastalık ve çevre koşullarına dirençli kerevit stoklarını arttırmak ve yetiştiricilik amacıyla ele alınmaktadır [27]. Kolay üreyen ve hızlı büyüyen bir türdür. Türün tipik olarak kırmızı, kırmızımsı kahverengi veya turuncu gibi baskın bir vücut rengi vardır [28]. Hızla büyür ve optimum vücut uzunluğu 12 cm olmasına rağmen yetişkinler 15 cm uzunluğa ulaşabilir [9].

Kırmızı bataklık kereviti, Momot [28] tarafından hızla olgunlaşan, yıl boyunca üreyen, boyutuna göre çok sayıda yavru veren ve genellikle kısa ömürlü, "r-seçilmiş" bir kerevit olarak karakterize edilmiştir. Bu, Momot [28]'un kırmızı bataklık kerevitinden daha büyük, olgunluğa ulaşmak için birkaç yıl gerektiren, uzun ömürlü, yılda bir kez üreyen, kendi cinsine göre daha az yavru üreten ve "k-seçilmiş" bir kerevit olarak tanımladığı Kuzeybatı Pasifik'e özgü sinyal kerevitinin (*Pacifastacus leniusculus*) tam tersidir. Kırmızı bataklık kerevitinin "r-seçilmiş" yaşam öyküsü stratejisi, türün bir istilacı olarak başarısına katkıda bulunan önemli bir özellik olarak tanımlanmıştır [29, 30].

Kırmızı bataklık kereviti de dahil olmak üzere Cambaridae familyasından kerevitler, Reynolds [31]'dan uyarlanan aşağıdaki genelleştirilmiş yaşam döngüsünü paylaşır: Bu tür dış cinsel dimorfizm gösterir ve cinsiyet, genital gözeneklerin konumu ile ayırt edilebilir [32]. Genital açıklıklar dişilerde üçüncü pereiopod çiftinin koksopoditinde ve erkeklerde beşinci pereiopod çiftinde bulunur [33]. Ayrıca, erkeklerin birinci ve ikinci pleopod çiftinin modifikasyonu ile oluşan kopulasyon organı bulunur [34, 35]. Erkek kerevitin kopulasyon organı üreme esnasında aktif rol oynar ve dişi kereviti içten döller. Yavru kerevitler, serbest yaşama geçmeden önce birkaç hafta dişiyle birlikte kalır. Kerevit büyüdükçe kabuk değiştirir, kabuk değiştirmenin ardından dış

iskeletlerini yeniler ve türlere göre değişen yaşlarda olgunluğa ulaşır. Birçok kerevit, mevsime özgü üreme aktivitesi sergiler ve yılda bir kez çiftleşir [36], ancak kırmızı bataklık kerevitlerinin üreme davranışı daha esnektir. Doğal aralığında, bu tür Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında genellikle yumurtlar veya yumurta taşır. Ancak İspanya'daki istila aralığında, türün Kasım ve Aralık, Mart ve su sistemine bağlı olarak Nisan veya Mayıs-Ekim arası üreyebildikleri bildirilmiştir [37]. Kırmızı bataklık kerevitlerinin yaşam döngüsündeki plastisite, türlerin su sıcaklığı ve su mevcudiyetindeki farklı rejimlere uyum sağlamasına izin verir ve türün çeşitli habitatları kolonize etme ve tolere etme kapasitesine katkıda bulunur [29].

Kırmızı bataklık kerevitleri, detritus, alg, bitki maddesi, suda yaşayan omurgasızlar, amfibiler ve balıklarla beslenen omnivor canlılardır [30, 38, 39]. Türün besin tüketimi, İspanya ve Portekiz'deki farklı habitatlarda ağırlıklı olarak detritus, bitki maddesi veya hayvan maddesi tükettiği bulgusunun gösterdiği gibi değişkendir [30]. Correia [40], benzer şekilde kırmızı bataklık kerevitlerinin bulunabilirlik durumunda avını değiştirdiğini bulmuştur ve besin kullanımındaki bu esneklik, türün neredeyse kozmopolit istilacı dağılımı için kabul edilen başka bir özelliğidir [26]. Kerevitler, mevcut herhangi bir su kaynağıyla beslenecek olsa da bağırsak içeriği çalışmaları, mide içeriğinden bağımsız olarak kerevitlerin çoğunlukla hayvansal maddeleri dokularına asimile ettiğini göstermiştir [41, 42]. Hayvansal madde, hızlı büyüyen yavru kerevitler için özellikle önemli olabilir. Paglianti ve Gherardi [43], hayvansal besin maddelerinden mahrum bırakılan yavru kırmızı bataklık kerevitlerinin büyüme ve yaşama oranı parametrelerinde düşüşler bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucu yavruların, yetişkinlerden daha fazla hayvansal madde ihtiyacı olduğunu göstermiştir [38, 44].

Kırmızı bataklık kerevitlerin (Şekil 2.4) üretimi ilk olarak 18. yüzyılda Amerika Birleşik Devletleri'nde başlamıştır. Özellikle Louisiana eyaletinde çok meşhurdur. Çok uzun yıllar insan gıdası olarak ve balıkçılıkta balık yemi amaçlı avcılığı, üretimi ve ticareti yapılmıştır. Akvaryum sektörünün gelişmesiyle beraber kerevitlere de ilginin artmasıyla hem üretim kolaylıkları hem de üretici ve akvaristler için dayanıklı bir tür olması sebebiyle en gözde tür olmuştur. Örneğin; Almanya'da 1985 yılından beri akvaryum sektöründe *P. clarkii* türü yer alırken *Procambarus zonangulus* türü

1990'lı yıllarda akvaryumlarda ele alınmaya başlamıştır [26]. Bugün dünya kerevit üretiminin %90'dan fazlası kırmızı bataklık kerevitlerine aittir.

Şekil 2.4: Kırmızı bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*) (Orijinal)

Bölüm 3

Önceki Çalışmalar

Luo ve diğ. [4] yaptıkları çalışmada, büyüme performansını (spesifik büyüme oranı: SGRw, hayatta kalma ve kabuk değiştirme sıklığı), yem kullanımını (yem oranları, yem dönüşüm oranı: FCR, atık üretim oranı: WPR) ve farklı beslemeye fizyolojik tepki değişkenlerini değerlendirmek için yapılmıştır. Juvenil *Procambarus clarkii* bireylerinde 60 gün boyunca farklı yemleme oranlarında (%1, 2, 3, 4, 5 ve 6) denemeler yapılmıştır. %3, 4, 5 ve 6 yemleme oranlarında beslenen bireylerde büyüme performansına çok önemli bir etkisi gözlenmemiştir. Fizyolojik değişkenler arasında, sindirim enzimlerinin ve antioksidan enzimlerin aktiviteleri, beslenme seviyeleri ile önemli ölçüde ilişkili bulunmuştur. Yüksek yemleme düzeyinin, yem dönüşüm verimliliği ve büyüme performansını arttırmadığı ancak fizyolojik duruma etki ettiğini gösteren bir çalışma olmuştur. Bu çalışma, *P. clarkii* için %6 gibi yüksek yemleme seviyelerinin faydalı olmadığını ortaya koymuşlardır. Yem miktarı ve buna bağlı üretim maliyetinin düşürülmesi konusunda önemli bir çalışmadır.

Carmona-Osalde ve diğ. [45] *Procambarus llamasi* türüyle üç farklı su sıcaklığında (16, 21 ve 26°C) yaptığı 90 günlük çalışmada bu değerlerin canlıların gonad gelişimleri, yumurtlama, büyüme ve hayatta kalma üzerine etkilerini incelemiştir. Elde ettiği verilere göre artan sıcaklık sonucunda tüm denemelerde büyüme performansı gelişirken; erkek bireyler dişi bireylere göre daha iyi büyüme performansı sergilemişlerdir. Hayatta kalma oranlar ise büyümeye ters orantılı bir şekilde yüksek sıcaklıklarda az iken (%42); düşük sıcaklıkta daha yüksektir (%90). Sıcaklığın yumurtlamaya fazla etki etmediği ancak 21°C'nin optimum değer olduğu görülmüştür. Gonad gelişiminde ise sıcaklık artışının olumlu etkisi gözlemlenmiştir.

Croll ve Watts [46] kırmızı bataklık kerevitleri (*Procambarus clarkii*) ve nehir kerevitleri (*Procambarus zonangulus*) türleri üzerinde yaptıkları çalışmalarda

sıcaklığın (8, 14, 20, 26 ve 32 °C) yem tüketimi ve besin emilimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Düşük sıcaklıkta *Procambarus zonangulus*'un *Procambarus clarkii*'den daha fazla yem tükettiği gözlenirken; yüksek sıcaklıkta ise tam tersi durum gözlenmiştir. Artık madde emiliminde ise her iki tür için de sıcaklık fark etmeksizin %55 ile %75 aralığında değişim gözlenmiştir. Yine her iki tür için de protein ve karbonhidrat emilimleri de benzer sonuçlar vermiştir. Düşük sıcaklıklarda protein emilimi daha fazla iken; yüksek sıcaklıklarda ise karbonhidrat emilimi daha fazladır.

Gu ve diğ. [47] juvenil *Cherax quadricarinatus* bireylerinde yemleme düzeyi ve açlığın büyüme, su ve protein içeriği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yemleme düzeyinin artışı vücut ağırlığı artışına olumlu etki etmiştir. Ancak su ve protein içeriğinin ise azalmasına sebep olmuştur. 12 gün boyunca açlığa dayanabildiği tespit edilen juvenil bireylerde ağırlık ve protein içeriğinde azalma gözlemlenirken su içeriği ise artmıştır. Üç gün aç bırakılan juvenil bireylerde toplam protein içeriği %3,9, 12 gün aç bırakılanlarda ise %8,3 azalmıştır. Normal vücut protein içeriği ise 12 gün boyunca gıdadan yoksun bırakılan juvenillerde sonraki beslenmeden itibaren altı gün içinde geri kazanılmıştır.

Mills ve McCloud [48], juvenil *Cherax destructor* türü üzerinde deney havuzlarındaki üretiminde stok yoğunluğu ve yemleme düzeyinin büyümeye, gelişmeye, yaşamaya ve besin dönüşümüne etkilerini 6 aylık süre boyunca incelemişlerdir. Büyüme her iki etkene de bağlı olarak etkilenmiştir. Hayatta kalma oranını ise stok yoğunluğu ile ilişkili olurken; yemleme oranıyla bir bağlantısı olmadığı anlaşılmıştır. Yem dönüşüm oranı da yine her iki etkenden de etkilenmiş ve zamanla artmıştır.

Wu ve diğ. [49] *Cherax quadricarinatus* türüyle soğuk iklimlendirmenin hayatta kalma, beslenme oranı ve spesifik olmayan bağışıklık tepkileri üzerine etkilerini çalışmışlardır. Sırasıyla 25, 20, 15 ve 9°C su sıcaklıkları test edilmiş olup sıcaklığın azalması ise hayatta kalma, beslenme oranı ve hepatopankreas indeksinde azalma gözlenmiştir. Aynı zamanda düşük sıcaklıkların stresi de etkilediği tespit edilmiştir. Sonuç olarak soğuk iklimlendirmenin *Cherax quadricarinatus* türü için olumsuz etkilerine vurgu yapılmıştır.

Mazlum ve diğ. [50] başlangıç ağırlıkları ve uzunları sırasıyla 44,5±3,4 mg ve 10,8±0,4 mm olan dar kıskaçlı kerevitleri (*Astacus leptodactylus*) canlı ağırlıklarının

%5 oranında alabalık yemi ile 90 gün boyunca besleyerek, dört farklı yemleme sıklığı uygulamışlardır. Deneme sonunda yemleme sıklıklarının kerevitlerde hayatta kalma ve büyüme oranları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. En yüksek hayatta kalma oranı iki günde bir beslenen gruplardaki kerevitlerde (%83,3) ve en düşük hayatta kalma oranı ise dört günde bir beslenen gruplarda (%57,2) kaydedilmiştir. Deneme sonuçları iki günde bir beslenen grupta hayatta kalma oranının yüksek olduğunu göstermiştir. Deneme sonunda en iyi büyüme iki günde bir beslenen grupta bulunmuştur.

Ghosh [51] karideslerde yemleme düzeyinin büyüme, vücut kompozisyonu, yağ asidi profili ve besin birikimi üzerine etkisini araştırmıştır. 2 farklı yemleme düzeyinde yapılan bu çalışmada yüksek besleme seviyesinde protein ve enerji içeriği nem, ham yağ ve kül içeriği azalmıştır. Yüksek yemlemede göz, kas ve tüm vücutta yağ aside artarken; göz en yüksek konsantrasyona sahiptir.

Carvajal-Valdes ve diğ. [52] çalışmalarında *Litopenaeus vannamei* türünün yarı yoğun ortamda periyodik gübreleme ile yemle oranı ve stok yoğunluğu ile beraber etkisini incelemişlerdir. 2 farklı ticari yemle yapılan çalışmada %90’ın üzerinde yaşama oranı bulunmuştur. Sonuçlar, orta düzeyde periyodik gübreleme ile birlikte kullanıldığında gıda üreticilerinin verdiği besleme tablolarının oldukça aşıldığını ve stok yoğunluğunun oldukça önemli olduğunu göstermiştir.

Lara ve diğ. [53] ise yaptıkları çalışmada bir bioflok (biyoyumak) kültür sisteminde *Litopenaeus vannamei*'nin farklı besleme oranlarında ve yeniden beslenmesinde etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışma, düşük besleme oranları, kısmi ağırlık telafisi ve yüksek hayatta kalma oranları elde edilen ve yapay yemden %24,79'a varan tasarruf sağlayan bir bioflok sisteminde karides yetiştirilebileceğini göstermektedir.

Bölüm 4

Materyal ve Yöntem

4.1 Etik Kurul

Tez çalışmasında kullanılan kerevitler, *Bilimsel Amaçlar İçin Kullanılan Sucul Omurgalı Canlıların Refah ve Korunmasına Dair Yönetmelik* (20.04.2019, No. 30751) kapsamında belirtilen "sucul omurgalı canlı" tanımına dâhil olmadığından dolayı Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul İzin Belgesi gerekmemektedir.

4.2 Deneme Sistemleri

Deneme, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Tropikal Akuakültür Laboratuvarı'nda bulunan kapalı devre sump sistemlerinde yürütülmüştür (Şekil 4.1).

Şekil 4.1: Deneme sistemleri

Laboratuvarda bulunan 2 sistem aynı özelliklere sahip olup, 15 adet 10 L plastik akvaryum ve 150 L cam akvaryumdan oluşmaktadır (tek sistem totalde 300 L). Sump akvaryumunda filtre edilen temiz su, sirkülasyon pompaları (Aquawing AQ6000) vasıtasıyla tekrar akvaryumlara basılmaktadır. Ana sump içerisine filtre malzemesi olarak biyolojik sünger, elyaf, seramik, bio-ball ve aktif karbon kullanılmıştır. Ayrıca sistemlerin sirkülasyon pompası çıkışlarına birer eksternal ısıtıcı (Hydor ETH 300) bağlanmıştır. Böylece çalışma süresince bir sistemin sıcaklığı 18 °C, diğerinin sıcaklığı 28 °C olarak ayarlanmıştır. Sistemlere elektromanyetik hava pompaları (Resun ACO-001) bağlanmış ve tüm akvaryumlara hava hatları çekilmiştir. Fotoperiyot uygulaması 12:12 (aydınlık:karanlık) şeklinde uygulanmıştır. Ana sumptan haftada 2 kez %20 oranında su değişimi yapılmıştır ve su değişiminden sonra sisteme tekrar klorsuz musluk suyu ilave edilmiştir.

4.3 Deneme Kerevitleri ve Besleme Dizaynı

Çalışmada *Procambarus clarkii* türü kırmızı akvaryum kerevitleri kullanılmıştır (Şekil 4.2). Kerevitler, İzmir'de bulunan ticari bir firmadan (Çelik Aquaculture, Dikili, İzmir) yavru olarak temin edilmiş ve Tropikal Akuakültür Laboratuvarı'nda bulunan sump sistemlerinde büyütülmüştür.

Şekil 4.2: Çalışmada kullanılan kırmızı bataklık kerevitleri (*Procambarus clarkii*)

Kerevitleri beslemede ticari krustase yemi (Tetra Crusta Granules) kullanılmıştır (Şekil 4.3). Kerevit yemi, 1 mm boyutunda olup %44 ham protein, %11 ham yağ, %2 ham selüloz ve %8 nem oranında besinsel içeriğe sahiptir. Kerevitler bu yemle vücut ağırlıklarının %3, 4 ve 5'i kadar beslenmiş ve yemler günlük olarak tartılmıştır. Tüketilmeyen yemler, beslemeden 1,5 saat sonra sifon yardımı ile toplanmış ve kurutularak tartılmıştır [54]. Kerevitlerin beslendiği yemin içerisinde ticari etiketinde belirtildiği üzere; balık ve balık türevleri, tahıllar, bitkisel protein özleri, çeşitli sebze ve türevleri, kabuklu ve yumuşakçalar, mayalar, sıvı ve katı yağlar, mineraller ve yosun bulunmaktadır. Firma, besleyici karotenoidlerden oluşan granüllerin çeşitli ve dengeli bir beslenme sunduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada, düşük sıcaklık (DS: 18 °C) ve yüksek sıcaklık (YS: 28 °C) olmak üzere 2 farklı sıcaklık ve %3, 4 ve 5 olarak 3 farklı yemleme oranı ile 2 x 3 = 6 adet deneme grubu oluşturulmuştur (DS3, DS4, DS5, YS3, YS4 ve YS5). Deneme 5 tekrarlı olarak 30 plastik akvaryumda 12 hafta boyunca yürütülmüş ve her bir deneme grubunda ortalama ağırlıkları 8,20±0,15 g olan 30 adet kerevit kullanılmıştır.

Şekil 4.3: Deneme yemi (Tetra Crusta Granules)

4.4 Su Parametreleri

Sistemlerdeki sıcaklık (18,27±0,15 ve 27,84±0,39 °C), çözünmüş oksijen (8,73±0,54 mg/L) ve pH (7,65±0,17) değerleri, AZ 84051 kombo su kalite ölçüm seti ile günlük

olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.4). Ayrıca iki haftada bir azotlu bileşik seviyeleri [amonyak (Sera NH_4/NH_3 test kiti), nitrit (Sera NO_2 test kiti) ve nitrat (Sera NO_3 test kiti)] kaydedilmiştir.

Şekil 4.4: Deneme sistemlerinde su parametreleri ölçümü

4.5 Büyüme Parametrelerinin Elde Edilmesi

Büyüme performansı verileri, iki haftada bir yapılan ağırlık, total ve karapas boyu ölçümleri ile elde edilmiştir. Ağırlıklar, ara tartımlarda biyomas (akvaryum başına toplu ağırlık) şeklinde ölçülmüştür (Şekil 4.5). Tartımdan önce kerevitler akvaryumlardan toplanarak kâğıt havlu ile kurulanmıştır. Ağırlık ölçümlerinde 0,01 g duyarlı hassas terazi (KERN PCB 2500-2) kullanılmıştır. Total ve karapas boyu ölçümleri ise dijital kumpas ile yapılmıştır (Şekil 4.6). Ayrıca, denemeler süresince ölen kerevitler tank numaralarına ve deneme gruplarına göre kaydedilerek deneme sonunda yaşama oranları tespit edilmiştir. Büyüme parametreleri aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır:

● Ağırlık Kazanımı (%) = (Son ağırlık - İlk ağırlık) / İlk ağırlık x 100

● Yem Dönüşüm Oranı = Harcanan yem miktarı / Ağırlık kazanımı

● Spesifik Büyüme Oranı (%/gün) = [(Ln Son ağırlık - Ln İlk ağırlık) / Deneme süresi] x 100

● Yem Tüketimi (g) = Verilen toplam yem miktarı (g) / Akvaryumdaki kerevit sayısı

● Yem Verimliliği (%) = Ağırlık kazanımı (g) / Toplam yem tüketimi x 100

● Kondisyon Faktörü (%) = Son ağırlık (g) / [Son total boy (cm)]3 x 100

● Yaşama Oranı (%) = (Toplam kerevit sayısı - Ölen kerevit sayısı) / Toplam kerevit sayısı x 100

Şekil 4.5: Hassas terazi ile ağırlık ölçümü

Şekil 4.6: Dijital kumpas ile total boy ölçümü

4.6 Kabuk Değiştirme Frekansının Belirlenmesi

Deneme başlangıcında akvaryumlardaki her kerevit karapaslarının sağ tarafından farklı renklerde tırnak ojesi (Şekil 4.7) ile bireysel olarak markalanmıştır [55]. Kerevitler günlük olarak kontrol edilmiş ve (varsa) akvaryumlardaki değiştirilen kabuklar, renklerine göre kaydedilmiştir. Kabuk değiştiren kerevit tekrar aynı bölgesinden aynı renk tırnak ojesi ile işaretlenmiştir. Kabuğu sertleşene kadar bireylerin üzerindeki yeni markalar kontrol edilmiştir. Böylece, deneme gruplarındaki kabuk değişim sayıları kaydedilmiştir. Ölen bireyler veri takibinden çıkarılmıştır. Kaydedilen verilere göre ortalama kabuk değiştirme frekansı, n: kabuk değiştiren birey sayısı olmak üzere; (OKDF) = $[(n_1 \times 1) + (n_2 \times 2) + (n_3 \times 3) + \ldots\ldots + (n_k \times k)]$ / toplam kerevit sayısı formülüyle hesaplanmıştır [56].

Şekil 4.7: Tırnak ojesi ile markalanan bir kerevitin değiştirdiği kabuk

4.7 Renk Verilerinin Elde Edilmesi

Renklenme verilerinin elde edilebilmesi için deneme başlangıcında ve sonunda tüm kerevitlerden renk ölçümleri alınmıştır (Şekil 4.8). Kerevitlerin düz bir zemin üzerinde karapas bölgesinden renkmetre (Color Muse, Variable Inc., Tennessee, ABD) ile ölçüm alınmıştır.

Şekil 4.8: Kolorimetre ile karapas rengi ölçümü

Uluslararası standartlara göre tanımlanan renk değerleri L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) ile okunmuştur [57]. L^* değeri, 0 olan siyahtan (mat), 100 olan beyaza (parlak) kadar yayılma gösterir. a^* değeri, -128 ve 0 aralığında yeşil, 0 ve +128 aralığında ise kırmızı rengi gösterir. b^* değeri ise -128 ve 0 aralığında mavi, 0 ve +128 aralığında ise sarı rengi gösterir.

4.8 Azot Boşaltımının Belirlenmesi

Kerevitlerin su ortamındaki amonyak boşaltım miktarı hesaplanarak gruplar arasında yemlerin sindirimi sırasında suya bırakılan toplam amonyak miktarı karşılaştırılmıştır. Besleme çalışmasından sonraki 3 gün boyunca midede kalan tüm yemin boşaltılması için kerevitler beslenmemiştir. Daha sonra, 4. günün sabahında tankların zemini tamamen temizlenmiş ve kerevitler belirlenen oranlarda deneme yemleri ile beslenmişlerdir. Yemleme işleminden 30 dakika sonra sistemler kapatılarak akvaryumların suyu kesilecek ve akvaryumlarda kalan yemler sifon yardımıyla alınmıştır. Toplam amonyak boşaltım seviyesi, portatif amonyak fotometresi (Milwaukee Mi405) ile ölçülmüştür. Başlangıç ölçümünden 12 saat sonra aynı işlem tekrarlanarak gruplar arasındaki azot boşaltım miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

A = [(N2-N1) x V2] / W / T2-1

A: Amonyak boşaltım oranı (toplam NH3-N µg / Balık ağırlığı / Saat)

N1: Periyot başlangıcında sudaki amonyak konsantrasyonu (µg olarak, toplam NH3-N mL-1)

N2: Periyot sonu sudaki amonyak konsantrasyonu (µg olarak, toplam NH3-N mL-1)

V2: Su hacmi (mL)

W: Balıkların toplam canlı ağırlığı (g)

T2-1: Örnekleme periyotları arasında geçen süre (saat)

4.9 İstatistiksel Analizler

Verilerin normalitesi için Shapiro-Wilk W testinden, homojenitesi için Levene testinden yararlanılmıştır. Normal ve homojen dağılım gösteren verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde çift yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır (3 Yem Oranı x 2 Sıcaklık). Gruplar arasındaki farklılık düzeylerinin tespitinde post-hoc olarak Tukey testi kullanılmıştır. Verilerin bilgisayar ortamında istatistiksel değerlendirilmesi Statgraphics Centurion XVI paket programında yapılmış ve grafikler MS Office Excel programıyla oluşturulmuştur [58]. Elde edilen ortalama değerler "Ortalama±Standart Hata" şeklinde sunulmuştur. Tüm testlerde yanılma düzeyi $P<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

Bölüm 5

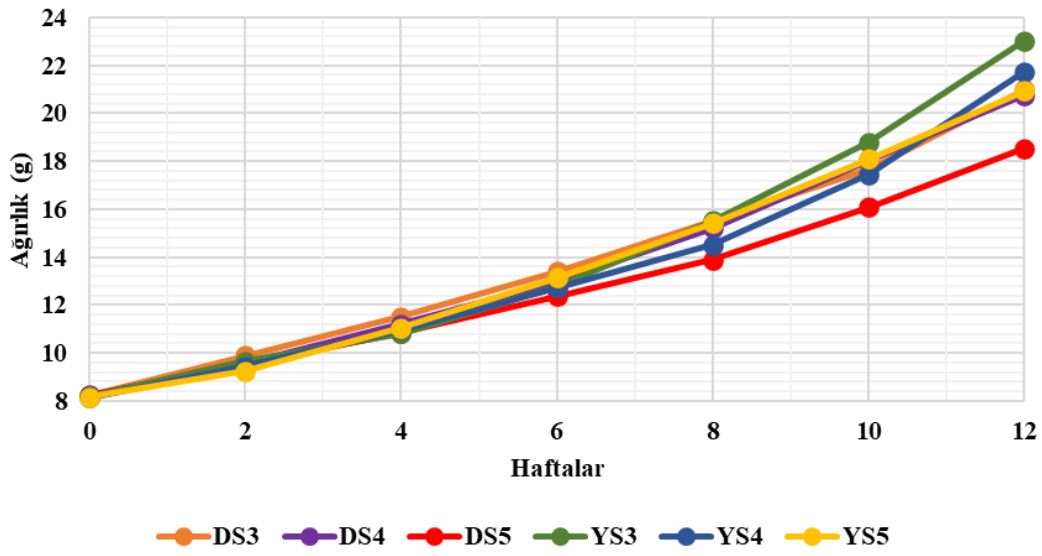
Bulgular

Farklı yemleme oranları ile 18 ve 28 °C sıcaklıklarda 12 hafta boyunca beslenen kırmızı bataklık kerevitlerinin büyüme performansı parametrelerin Tablo 4.1'de sunulmuştur. DS5 grubunun son ortalama ağırlığı tüm deneme grupları arasında en düşüktür (P<0,05). YS3 grubunun son ortalama ağırlığı ve ağırlık kazanımı DS4 ve DS5 gruplarından daha yüksektir (P<0,05). YS3 grubunun son ortalama total boyları DS3, DS4, DS5 ve YS5 gruplarından istatistiksel olarak daha yüksektir (P<0,05). YS3 grubunun son ortalama karapas boyu DS4 ve DS5 gruplarından daha yüksektir (P<0,05). Grupların yem tüketimleri yemleme oranlarına göre istatistiksel olarak farklılaşmış ve %3 gruplarında en düşük, %4 gruplarında orta seviye ve %5 gruplarında en yüksek olarak kaydedilmiştir (P<0,05). YS3 grubunun yem verimlilik oranı DS4, DS5, YS4 ve YS5 gruplarından daha yüksektir (P<0,05). DS3 ve YS3 gruplarının yem dönüşüm oranları tüm deneme grupları arasında en düşük, DS5 grubunun ise en yüksektir (P<0,05). Yine DS5 grubunun spesifik büyüme oranı tüm gruplar arasında en düşüktür (P<0,05). Deneme gruplarının kondisyon faktörleri arasında herhangi bir istatistiksel farklılık not edilmemiştir (P>0,05). DS5 ve YS5 gruplarının yaşama oranları DS3 grubundan daha düşüktür (P<0,05). Çift yönlü varyans analizine göre grupların son ortalama ağırlıkları (P=0,0066 ve P=0,0174), ağırlık kazanımları (P=0,0064 ve P=0,0326), son ortalama total boyları (P=0,0009 ve P=0,0478), yem verimlilik oranları (P=0,0154 ve P=0,0003) ve spesifik büyüme oranları (P=0,0053 ve P=0,0231) hem sıcaklıklardan hem de yemleme oranlarından istatistiksel olarak etkilenmişlerdir. Grupların yem dönüşüm oranları hem sıcaklıklara (P=0,0000) hem de yemleme oranlarına (P=0,0000) bağlı olarak etkilenmiştir (P=0,0004). Grupların son ortalama karapas boyları sadece sıcaklıklardan (P=0,0016), yem tüketimleri ve yaşama oranları ise sadece yemleme oranlarından etkilenmiştir (sırasıyla P=0,0000 ve P=0,0145).

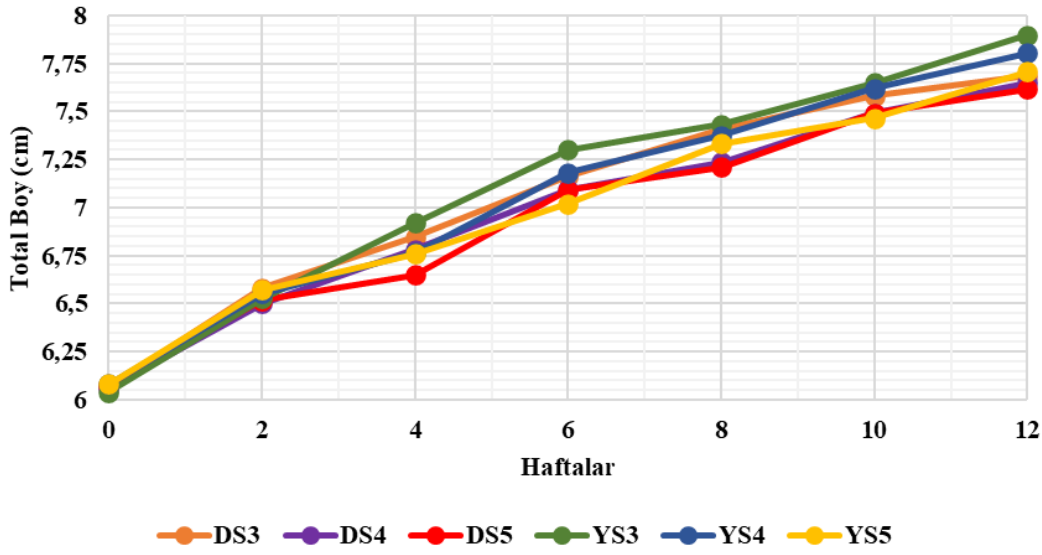
Tablo 5.1: Farklı sıcaklık (18 ve 28 °C) ve yemleme oranlarıyla (%3, 4 ve 5) 12 hafta boyunca beslenen kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) büyüme performansları

	Düşük Sıcaklık (18 °C)			**Yüksek Sıcaklık (28 °C)**			**Çift Yönlü ANOVA**		
	DS3	**DS4**	**DS5**	**YS3**	**YS4**	**YS5**	**Sıcaklık**	**Yemleme oranı**	**Etkileşim**
İlk ortalama ağırlık (g)	8,25±0,15	8,23±0,24	8,22±0,13	8,19±0,20	8,15±0,24	8,17±0,23	0,7090	0,9898	0,9979
Son ortalama ağırlık (g)	21,00±0,30^{bc}	20,75±0,53^{b}	18,55±0,85^{a}	23,03±0,92^{c}	21,74±0,90^{bc}	20,94±0,75^{bc}	0,0066	0,0174	0,6239
Ağırlık kazanımı (%)	154,76±2,41^{bc}	152,87±8,89^{ab}	125,64±10,05^{a}	182,57±16,93^{c}	166,68±6,51^{bc}	156,83±8,85^{bc}	0,0064	0,0326	0,6555
İlk ortalama total boy (cm)	6,07±0,03	6,06±0,02	6,07±0,03	6,04±0,01	6,08±0,03	6,09±0,03	0,8784	0,5901	0,5460
Son ortalama total boy (cm)	7,69±0,03^{ab}	7,65±0,05^{a}	7,62±0,06^{a}	7,90±0,05^{c}	7,81±0,05^{bc}	7,71±0,04^{ab}	0,0009	0,0478	0,4724
İlk ortalama karapas boyu (cm)	2,73±0,01	2,73±0,02	2,73±0,01	2,72±0,02	2,74±0,02	2,74±0,01	0,7637	0,6913	0,7955
Son ortalama karapas boyu (cm)	3,45±0,03^{ab}	3,44±0,03^{a}	3,41±0,04^{a}	3,56±0,03^{b}	3,51±0,03^{ab}	3,47±0,03^{ab}	0,0016	0,0874	0,6684
Yem tüketimi (g)	4,27±0,09^{a}	5,89±0,19^{b}	7,34±0,46^{c}	4,43±0,15^{a}	5,72±0,23^{b}	7,59±0,46^{c}	0,7369	0,0000	0,7580
Yem verimlilik oranı	51,10±0,72^{bc}	40,62±2,35^{ab}	33,72±4,47^{a}	62,98±6,07^{c}	49,46±4,34^{b}	40,03±5,06^{ab}	0,0154	0,0003	0,8057
Yem dönüşüm oranı	2,07±0,04^{a}	2,85±0,10^{b}	4,40±0,08^{d}	1,95±0,06^{a}	2,74±0,04^{b}	3,64±0,1^{2c}	0,0000	0,0000	0,0004
Spesifik büyüme oranı (%/gün)	1,12±0,01^{b}	1,10±0,04^{b}	0,96±0,05^{a}	1,23±0,07^{b}	1,17±0,03^{b}	1,12±0,04^{b}	0,0053	0,0231	0,5771
Kondisyon faktörü (%)	4,63±0,05^{b}	4,63±0,04^{b}	4,19±0,09^{a}	4,69±0,26^{b}	4,57±0,19^{ab}	4,57±0,14^{ab}	0,2989	0,1645	0,3293
Yaşama oranı (%)	93,33±4,08^{b}	76,67±8,50^{ab}	56,67±8,50^{a}	80,00±9,72^{ab}	73,33±8,50^{ab}	63,33±9,72^{a}	0,6310	0,0145	0,5015

Kırmızı bataklık kerevitlerinin deneme sürecindeki ağırlık ve total boy değişimleri Şekil 4.1 ve 4.2'de gösterilmiştir. DS5 grubunun ortalama ağırlığı 6. haftadan itibaren düşmeye başlamış ve 6-12 haftalar arası diğer tüm gruplardan daha düşük seyretmiştir. YS3 grubunun ortalama ağırlığı 10 ve 12. haftalarda en yüksek olarak kaydedilmiştir. DS3 ve YS5 gruplarının ortalama total boy artışları genelde diğer gruplardan daha düşük seyretmiştir. YS3 grubunun ortalama total boyları 4. haftadan itibaren deneme grupları arasında en yüksek seviyelerde olduğu not edilmiştir. Her iki parametre için, 12. hafta sonunda YS3 grubunu YS4 grubunun takip ettiği görülmüştür.

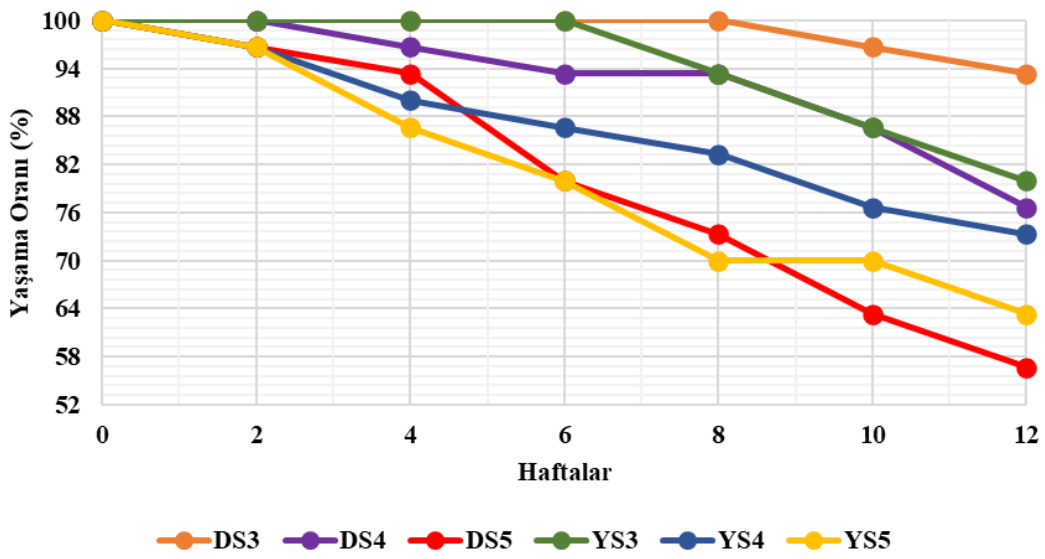


Şekil 5.1: Kerevitlerin deneme süresince ağırlık değişimleri



Şekil 5.2: Kerevitlerin deneme süresince total boy değişimleri

Kırmızı bataklık kerevitlerinin deneme sürecindeki yaşama oranı değişimleri Şekil 4.3'te gösterilmiştir. DS3 grubunun yaşama oranı 8. haftadan itibaren tüm gruplar arasında en yüksektir. Grupların yaşama oranları arasında DS5 < YS5 < YS4 < DS4 < YS3 < DS3 şeklinde bir sıralama tespit edilmiştir.



Şekil 5.3: Kerevitlerin deneme süresince yaşama oranı değişimleri

Farklı sıcaklıklarda farklı yemleme oranlarıyla 12 hafta boyunca beslenen kırmızı bataklık kerevitlerinin kabuk değiştirme frekansları Tablo 4.2'de verilmiştir. DS5 grubunun ortalama kabuk değiştirme frekansı YS gruplarından istatistiksel olarak daha düşüktür (P<0,05). Deneme grupları, hem sıcaklık (P=0,0000) hem de yemleme oranlarına (P=0,0003) bağlı olarak etkilenmiştir (P=0,0311). YS3 grubunun ortalama kabuk değiştirme sayısı DS4, DS5, YS4 ve YS5 gruplarından daha yüksektir (P<0,05). Deneme grupları hem sıcaklıklardan hem de yemleme oranlarından etkilenmiştir (sırasıyla P=0,0287 ve P= 0,0003).

Farklı sıcaklık ve yemleme oranlarıyla 12 hafta boyunca beslenen kırmızı bataklık kerevitlerinin karapas renklenmesi parametreleri Tablo 4.3'te gösterilmiştir. YS3 ve YS4 gruplarının son parlaklık (L*) değerleri istatistiksel olarak diğer gruplardan daha yüksektir (P<0,05). DS gruplarının son kırmızılık (a*) değerleri deneme grupları arasında en düşük, YS3 ve YS4 gruplarının ise en yüksektir (P<0,05). DS3 grubunun son sarılık (b*) değeri YS gruplarından daha yüksektir (P<0,05). Çift yönlü varyans analizi değerlendirmesine göre, deneme gruplarının son parlaklık değerleri hem

Tablo 5.2: Farklı sıcaklık (18 ve 28 °C) ve yemleme oranlarıyla (%3, 4 ve 5) 12 hafta boyunca beslenen kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) kabuk değiştirme frekansları

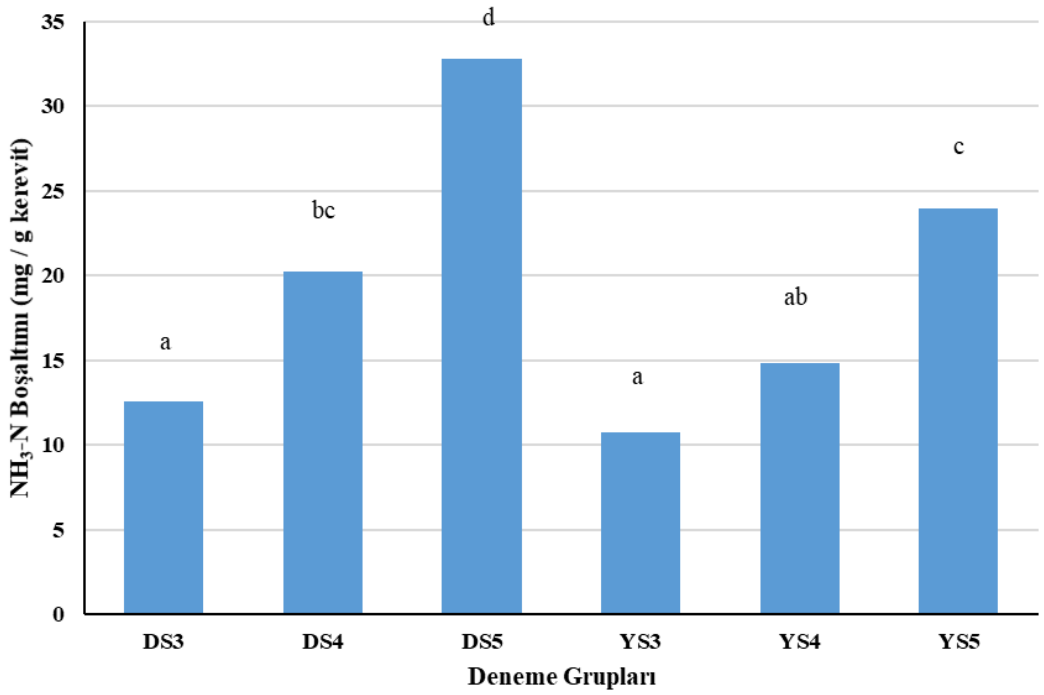
		Düşük Sıcaklık (18 °C)			**Yüksek Sıcaklık (28 °C)**			**Çift Yönlü ANOVA**		
		DS3	**DS4**	**DS5**	**YS3**	**YS4**	**YS5**	**Sıcaklık**	**Yemleme oranı**	**Etkileşim**
Kabuk değişim frekansı		1,87±0,09[ab]	1,77±0,03[ab]	1,67±0,11[a]	2,73±0,08[d]	2,25±0,10[c]	1,99±0,14[bc]	0,0000	0,0003	0,0311
Kabuk değişim sayısı		10,40±0,40[bc]	8,20±1,02[ab]	5,60±0,81[a]	13,20±1,77[c]	9,80±1,02[b]	7,40±1,03[ab]	0,0287	0,0003	0,8408
Kerevit sayısı		28	23	17	24	22	19			
Kabuk değiştirme sayısı	**x1**	11	10	8	1	4	5			
	x2	11	8	7	6	10	10			
	x3	5	5	2	15	7	4			
	x4	1	0	0	2	1	0			

Tablo 5.3: Farklı sıcaklık (18 ve 28 °C) ve yemleme oranlarıyla (%3, 4 ve 5) 12 hafta boyunca beslenen kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) karapas renklenmeleri

	Düşük Sıcaklık (18 °C)			**Yüksek Sıcaklık (28 °C)**			**Çift Yönlü ANOVA**		
	DS3	**DS4**	**DS5**	**YS3**	**YS4**	**YS5**	**Sıcaklık**	**Yem. oranı**	**Etkileşim**
Başlangıç parlaklık (*L)**	39,09±0,51	39,23±0,49	39,70±0,53	39,36±0,51	39,15±0,40	39,71±0,46	0,8621	0,4967	0,9342
Son parlaklık (*L)**	36,39±0,41[a]	36,51±0,38[a]	36,03±1,40[a]	41,15±0,48[b]	40,74±0,42[b]	36,58±0,56[a]	0,0000	0,0000	0,0000
Başlangıç kırmızılık (*a)**	24,49±0,75	24,79±0,70	24,02±0,86	24,86±0,89	23,71±0,87	23,61±0,92	0,5807	0,5897	0,6862
Son kırmızılık (*a)**	20,58±0,55[a]	19,86±0,74[a]	18,67±0,65[a]	25,39±0,71[c]	25,99±0,70[c]	23,22±0,77[b]	0,0000	0,0076	0,4795
Başlangıç sarılık (*b)**	25,82±0,66	25,39±0,71	26,79±0,65	26,95±0,62	26,00±0,70	26,31±0,68	0,4459	0,4015	0,4769
Son sarılık (*b)**	33,10±0,84[b]	31,73±0,85[ab]	31,27±1,34[ab]	29,70±1,03[a]	29,40±0,93[a]	29,39±0,94[a]	0,0021	0,5074	0,7230

sıcaklık (P=0,0000) hem de yemleme oranlarına bağlı olarak (P=0,0000) etkilenmiştir (P=0,0000). Grupların son kırmızılık değerleri hem sıcaklık hem de yemleme oranlarından (sırasıyla P=0,0000 ve P=0,0076), son sarılık değerleri ise yalnızca sıcaklıklardan etkilenmiştir (P=0,0021).

Deneme gruplarının toplam amonyak-nitrojen boşaltım grafiği Şekil 4.4'te verilmiştir. DS3 ve YS3 gruplarının amonyak boşaltımları DS4, YS4 ve YS5 gruplarından istatistiksel olarak daha düşüktür (P<0,05). DS5 grubunun amonyak boşaltımı ise tüm deneme grupları arasında en yüksektir (P<0,05).



Şekil 5.4: Deneme sonunda kerevitlerin toplam amonyak-nitrojen boşaltımları

Bölüm 6

Tartışma ve Sonuç

İki farklı ortam sıcaklığı (18 ve 28 °C) ve 3 farklı yemleme oranı (%3, 4 ve 5) şeklinde hazırlanan bu çalışmada, bu etkenlerin beraber olarak kırmızı bataklık kerevitlerinde (*Procambarus clarkii*) büyüme performansı, kabuk değiştirme frekansı, karapas renklenmesi ve azot boşaltımı üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan denemeler sonucunda en ideal büyüme verileri YS3, YS4 ve DS3'te alınmıştır. Yaşama oranlarında ise sırasıyla DS3, YS3 ve DS4 ön plana çıkmıştır. Kabuk değiştirme frekansında yüksek sıcaklık denemelerinin hepsi de (YS3, YS4 ve YS5) en verimli sonucu vermiştir. Renklenmede de kırmızılık açısından YS3, YS4 ve YS5 yine en iyi sonuçlar olarak gözlemlenmiştir. Parlaklıkta YS3 ve YS4 verileri daha olumlu sonuçlanmıştır. Azot boşaltım düzeyinde ise ortamdaki amonyak miktarı ölçümlerinde düşük sıcaklık deneme tanklarında daha yüksek değerler ölçülmüştür. Genel bir değerlendirme yapmak istediğimizde ise; olumlu verilerde YS3 ve YS4 ortak gruplar olarak ön plana çıkmaktadır.

Yemleme seviyeleri, kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliğinin sürdürülebilir gelişiminin başarısındaki en önemli faktördür. Çünkü aşırı veya yetersiz besleme, yüksek ölüm oranlarına ve/veya büyüme geriliğine yol açabilir. Bu çalışmada, yetiştiriciliği yapılan türün büyüme potansiyelinin bir göstergesi olan spesifik büyüme oranının (SBO) en iyi seviyesi yüksek sıcaklıkta (28 °C) ve %3'lük yemleme oranında elde edilmiştir. Sıcaklık fark etmeksizin bakıldığında ise %3'ten 5'e doğru yükselen yemleme oranında, çok önemli bir fark olmasa da SBO değerinde azalma eğilimi göstermektedir. Bu gözlem, Jin ve diğ. [3], beslenme seviyeleri %60'tan %100 doygunluğa yükseldiğinde kırmızı bataklık kerevitlerinin SBO değerlerinde önemli bir farklılık göstermediğini bildirdiği çalışmasıyla da uyumludur.

Litopenaeus vannamei [51-53] ve kırmızı karidesten (*Farfantepenaeus brasiliensis*) [59] elde edilen bulgular, besleme seviyelerinin azaltılmasının, yüksek besleme seviyelerine kıyasla önemli ölçüde büyümeyi ve hayatta kalmayı desteklediğini göstermiştir.

Yetiştiricilik yoluyla yapılan üretimlerde yem dönüşüm oranı (YDO), üretim verimliliğin en önemli göstergesidir. Etkili bir ticari yetiştiricilik açısından bakıldığında YDO'nun düşük olması üretimde kâr artışı anlamına gelir. Bu nedenle, optimal yem seviyesi, su ürünleri yetiştiriciliği kârlılığını önemli ölçüde etkileyen; daha düşük YDO ve daha yüksek SBO ile ilişkilendirilmelidir [60]. Çalışmamızda en düşük YDO oranı YS3'te 1,95, en yüksek YDO oranı DS5'te 4,40 olarak elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen değerler; 2,73-3,19 [61], 2,44-3,04 [62], 1,95-2,86 [63], 1,91-2,44 [64] ve 1,88-2,76 [65] çalışmalarına yakın sonuçlar vermiştir. Gao ve diğ. [64], *P. clarkii*'yi günde iki kez %3-5 yemleme oranında beş farklı yemle beslemişler ve deneme sonundaki YDO varyasyonun hem başlangıç ağırlıkları hem de rasyon farklılıklarıyla açıklanabileceğini bildirmişlerdir. Tipik olarak, kerevitlerin YDO'su 1,5-2,0 olduğunda kabul edilebilir olarak kabul edilir [66]. Yem maliyeti, toplam akuakültür maliyetlerinin %50'sinden fazlasını oluşturduğundan, YDO'daki küçük bir düşüşün hem su parametrelerinde iyileştirmeye hem de üretim maliyetlerinde önemli bir düşüşe neden olabileceği bildirilmiştir [67-70]. Balık türlerinde de aynı durum söz konusu olmaklar birlikte, örneğin, tilapya (*Oreochromis aureus*) kültürü için, YDO 2,5'ten 1,5'e düşürülürse, diyetlerde 0,32 kg ham protein ve 0,06 kg balık unu, 1 kg balık üretmek için tasarruf edilecek ve 0,9 kg atık (kuru madde bazında) üretimi önlenecektir [71]. Güncel çalışmamızda, daha düşük besleme oranı ile (%3) grupların toplam amonyak-nitrojen boşaltım oranlarının en düşük, %5 gruplarında ise diğer gruplarına nazaran daha yüksek olduğu sonucu not edilmiştir. Bu nedenle, su ürünleri yetiştiriciliğinde üretim maliyetlerini azaltmak ve sürdürülebilirliği sağlamak için yem dönüşüm verimliliğini artırmak çok önemlidir. Bu sonuçlara dayanarak, SBO'dan elde edilen verilerle birlikte, yüksek yemleme seviyelerinin daha iyi büyüme performansı ve yem kullanım verimliliğini sağlamadığı sonucu bildirilmiştir [4]. Buna göre, kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliğinde yemleme seviyelerinin optimal düzeylerde olması, üretimin ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğinin arttırılması için önemli etkilere sahiptir.

Decapod türlerinin büyüme sağlayabilmeleri için kabuk değişimi gerçekleşmelidir. Kırmızı bataklık kerevitleri de bir decapod türü olduğu için büyürken kabuk değiştirmelidir [72]. Decapod türlerinin büyüme evrelerine bağlı olarak kabuk değiştirme frekansında da farklılıklar oluşmaktadır. Kabuk değişimi metabolik ve büyüme faaliyetlerinin daha aktif olduğu larva ve jüvenil evrelerinde daha sık, vücut faaliyetlerinin yavaşladığı ergin evrede ise daha az gözlemlenmektedir. Karadal ve Türkmen [73] kırmızı bataklık kerevitiyle yaptıkları çalışmada, iki farklı boy grubundaki kerevitlerin yemleme sıklığı konusunda çalışmışlar ve başlangıçta 15 günlük olan grupların deneme sonundaki kabuk değiştirme frekanslarını 4,23-5,14 aralığında kaydederken, başlangıçta 45 günlük olan gruplarda 3,13-4,23 aralığına kadar düştüğünü bildirmişlerdir. Decapodlardaki kabuk değiştirme frekansı sadece bununla sınırlı değildir ve bir diğer etken de beslenme düzenine bağlı strestir [74]. Yetersiz beslenme veya aç kalma durumunda bireyler kabuk değişimi dönemine ulaşsa da kabuk değişimi gecikebilir [75]. Güncel çalışmada, kırmızı bataklık kerevitlerinin kabuk değiştirme frekansları yüksek sıcaklık gruplarında bariz bir şekilde daha yüksektir ve çift yönlü varyans analizi değerlendirmesine göre deneme gruplarının kabuk değiştirme frekansları hem sıcaklık hem de yemleme oranlarına bağlı olarak etkilendiği ortaya konulmuştur.

Karotenoidler, özellikle astaksantin, decapodlarda kabuk rengini etkileyen başlıca pigmentlerdir [76]. Canlı haldeki dış iskeletinin içinde astaksantin kaynaklı turuncu-kırmızı renk hakimdir, ancak karotenoprotein kompleksleri sonucu kahverengi, mor, yeşil veya maviye de dönüşebilir [77]. Pişmiş olan kabuklularda ise karotenoproteinler pişirme ısısı ile denatüre olmasıyla astaksantin serbest hale geçer ve kırmızı renk alırlar [78]. Hayvanlar normalde sentezleyemedikleri bu pigmentleri besin yoluyla bitkisel kökenli kaynaklardan elde ederler [79-82]. İstenen renklenme, doğal renkten sorumlu karotenoid olan astaksantinin beslemeye dahil edilmesi ile elde edilir [77]. Karotenoid pigmentleri hem bitkisel hem de hayvansal beslenme gruplarında bolca mevcuttur [83]. Biyosentezi yapılmış karotenoidler bitkiler, algler ve bakterilerde taşınmasının yanı sıra aynı zamanda doğal olarak çevredeki balık ve kabuklu deniz canlılarında da bulunur [84]. Bu çalışmada kullanılan ticari yem, tamamen decapod canlılar için formüle edilmiş olup akvaryum karides ve kerevitlerinin beslenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yemin ticari etiketinde bitkisel protein özleri, çeşitli sebze ve türevleri, yosun gibi bitkisel karotenoid kaynaklarının yanı sıra kabuklarında renk

pigmentleri ihtiva eden çeşitli kabuklu ve yumuşakçaların da hayvansal pigment kaynağı olarak bulunduğu bildirilmiştir. Dolayısıyla, bu çalışmadaki parlaklık ve renk değişimlerinin yemin yapısından ziyade deneme gruplarının farklılıklarıyla ilgili olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, kırmızı bataklık kerevitlerinde besleme düzeylerinin belirlenmesinde boyut önemli bir kriterdir. Kerevitler büyüdükçe hem vücut metabolizmalarında hem de kabuk değiştirme frekanslarında azalmalar olmakla birlikte, optimum beslenme oranlarında da azalmalar olmaktadır. Luo ve diğ. [4] tarafından aynı türün 1,37 g bireyleriyle yapılan çalışmada optimum besleme düzeyi %4 olarak bulunurken, 8,2 g kerevitlerle yürütülen bu çalışmada %3 seviyelerinin daha uygun olduğu ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, yemleme seviyelerinin azalmasıyla bitlikte toplam amonyak-nitrojen boşaltımının düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, büyüme performansı, kabuk değiştirme frekansı ve renklenme değerlerinin birçok parametresinin sıcaklıkla ilişkili olduğu görülmüştür. İleriki çalışmalarda, ticari öneme sahip kerevit türleriyle yürütülen besleme çalışmalarının arttırılması ve çeşitlendirilmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

[1] Karadal O, Güroy D. Kerevit beslemesinde yemleme sıklığının önemi. V. Balık Besleme ve Yem Teknolojisi Çalıştayı; 2018 Eylül 6-7; Erzurum, Türkiye. sf. 16.

[2] FAO. Food and Agriculture Organization. AQUASTAT database [İnternet]. 2019 [erişim tarihi 29.05.2020]. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm

[3] Jin S, Jacquin L, Huang F, Xiong M, Li R, Lek S ve diğ. Optimizing reproductive performance and embryonic development of red swamp crayfish *Procambarus clarkii* by manipulating water temperature. Aquaculture 2019; 510: 32-42. doi.org:10.1016/j.aquaculture.2019.04.066

[4] Luo S, Li X, Onchari MM, Li W, Bu Y, Lek S ve diğ. High feeding level alters physiological status but does not improve feed conversion efficiency and growth performance of juvenile red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852). Aquaculture 2021; 537: 736507. doi.org:10.1016/j.aquaculture.2021.736507

[5] Mizanur R, Bai SC. The optimum feeding frequency in growing Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) rearing at the temperature of 15 °C and 19 °C. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 2014; 27(9): 1319-1327. doi.org:10.5713/ajas.2014.14193

[6] Huner JV. Freshwater Crayfish Aquaculture in North America, Europe, and Australia: Families Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae, 1994.

[7] Çevik C. Seyhan Baraj Gölündeki tatlısu ıstakozu (*Astacus leptodacytlus*)‘nun bazı biyo ekolojik, morfometrik özellikleri ile hastalık durumunun saptanması

üzerine bir araştırma (Yüksek Lisans Tezi). Adana: Çukurova Üniversitesi; 1993. https://tez.yok.gov.tr/

[8] Çevik C, Tekelioğlu N. Seyhan baraj gölünde yaşayan kerevitleri (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823)‘nin bazı biyoekolojik, morfometrik özellikleri ile hastalık durumunun saptanması. IX Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Isparta 1997 Sep 17-19; Isparta. 270-279.

[9] Henttonen P, Huner JV. The Introduction of Crayfish in Europe: A Historical Introduction. Ed.: Gherardi F, Holdich DM. Crayfish in Europe as Alien Species. Routledge; 1999. 13-22.

[10] Crandall KA, De Grave S. An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the world, with a complete species list. Journal of Crustacean Biology 2011; 37(5): 615-653. doi.org:10.1093/jcbiol/rux070

[11] Erdem, M. A study on the detection of artificially observed rates of life of eggs from Egirdir Lake Crayfish (*Astacus leptodactylus salinus*, Nordman 1842) (Yüksek Lisans Tezi). Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi; 1993. https://tez.yok.gov.tr/

[12] Groves RE. The Crayfish Nature and Nurture, Fishing New Books Ltd, England, 1985.

[13] Longshaw M, Stebbing P. Biology and Ecology of Crayfish. CRC Press 2016; 375 p.

[14] Alpbaz A. Kabuklu ve Eklembacaklılar Yetiştiriciliği, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 26, 1993.

[15] Wickins JF, Lee DO’C. Crustacean Farming: Ranching and Culture. Wiley-Blackwell; 2002.

[16] Hammond KS, Hollows JW, Townsend CR, Lokman PM. Effects of temperature and water calcium concentration on growth, survival and moulting of freshwater crayfish, *Paranephrops zealandicus*. Aquaculture 2006; 251: 271-279. doi.org:10.1016/j.aquaculture.2005.05.032

[17] Karadal O. *Cambarellus patzcuarensis* (Villalobos, 1943) türü genç kerevitlerde substrat seçimi ve farklı substratların yaşama ve büyüme üzerine etkileri (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Ege Üniversitesi; 2012. https://tez.yok.gov.tr/

[18] Schöltz G, Braband A, Tolley L, Reimann A, Mittmann B, Lukhaup C. ve diğ. Parthenogenesis in an outsider crayfish. Nature 2002; 421: 806. doi.org:10.1038/421806a

[19] Wingerter, K. Freshwater Crustaceans, Part Two: Crayfishes & Crabs. TFH Magazine, May 2011. 82-84.

[20] Creed Jr, RP, Reed JM. Ecosystem engineering by crayfish in a headwater stream community. Journal of the North American Benthological Society 2004; 23(2): 224-236. doi.org:10.1899/0887-3593(2004)023<0224:EEBCIA>2.0.CO;2

[21] Güner Ö, Mazlum Y. Farklı protein seviyelerindeki diyetlerinin yavru tatlı su kerevitlerinin (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) büyüme, yaşama oranları ve vücut kompozisyonları üzerine etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi 2010; 6(2): 1-10.

[22] Werner U. All about shrimps, crayfishes, and crabs in the fresh- and brackish-water aquarium and paludarium. Hollywood Import & Export, Inc. 2008; 200 p.

[23] Cruz MJ, Rebelo R. Colonization of freshwater habitats by an introduced crayfish. *Procambarus clarkii*, in Southwest Iberian Peninsula. Hyrobiologia 2007; 575: 191-201. doi.org:10.1007/s10750-006-0376-9

[24] Green CC, Gautreaux K, Perez RP. Comparative physiological responses to increasing ambient salinity levels in *Procambarus clarkii* (Girard) and *Orconectes lancifer* (Hagen). Freshwater Crayfish 2011; 18(1): 87-92.

[25] McMahon BR. Physiological adaptation to environment. Ed.: Holdich DM. Biology of Freshwater Crayfish. Wiley-Blackwell; 2002. 327-376.

[26] Holdich, DM. Present distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. Bulletin Français de la Peche et de la Pisciculture 2002; 367(4): 611-650.

[27] Pagad, S. *Procambarus clarkii* (Crustacean). Global Invasive Species Database, 2011.

[28] Gherardi F, Aquiloni L, Diéguez-Uribeondo J, Tricarico E. Managing invasive crayfish: is there a hope? Aquatic Sciences 2011; 73: 185-200. doi.org:10.1007/s00027-011-0181-z

[28] Momot WT. Crayfish production: a reflection of community energetics. Journal of Crustacean Biology 1984; 4(1): 35-54. doi.org:10.2307/1547894

[29] Lindqvist OV, Huner JV. Life history characteristics of crayfish: what makes some of them good colonizers? Ed.: Gherardi F, Holdich DM. Crayfish in Europe as Alien Species. Routledge; 1999. 23-30.

[30] Gherardi F. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology 2006; 39(3): 175-191. doi.org:10.1080/10236240600869702

[31] Reynolds JD. Growth and reproduction. Ed.: Holdich DM. Biology of Freshwater Crayfishes. Blackwell Science; 2002. 152-191.

[32] Loureiro TG, Anastácio PMSG, Araujo PB, Souty-Grosset C, Almerão MP. Red swamp crayfish: biology, ecology and invasion - an overview. Nauplius 2015; 23(1): 1-19. doi.org:10.1590/S0104-64972014002214

[33] Holdich DM, Lowery RS. Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation. London, Croom Helm, 1988. 440 p.

[34] Sukô T. Studies on the development of the crayfish. I. The development of secondary sex characters in appendages. The Science Reports of Saitama University, 1B: 1953. 77-96.

[35] Huner JV. Information about the biology and culture of the red swamp crawfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda, Cambaridae) for fisheries

managers in Latin America. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología 1981; 8: 43-50.

[36] DiStefano RJ, Young J, Noltie DB. A study of the life history of Orconectes hylas with comparisons to *Orconectes peruncus* and *Orconectes quadruncus* in Ozark streams, Missouri, U.S.A. Freshwater Crayfish 2002; 13: 439-456.

[37] Gutierrez-Yurrita PJ, Martinez JM, Bravo-Utrera MA, Montes C, Ilheu M, Bernardo JM. The status of crayfish populations in Spain and Portugal. Ed.: Gherardi F, Holdich DM. Crayfish in Europe as Alien Species. Routledge; 1999. 161-192.

[38] Geiger W, Alcorlo P, Baltanas A, Montes C. Impact of an introduced crustacean on the trophic webs of Mediterranean wetlands. Biological Invasions 2005; 7(1): 49-73. doi.org:10.1007/s10530-004-9635-8

[39] Renai B, Gherardi F. Predatory efficiency of crayfish: comparison between indigenous and non-indigenous species. Biological Invasions 2006; 6(1): 89-99. doi.org:10.1023/B:BINV.0000010126.94675.50

[40] Correia AM. Niche breadth and trophic diversity: feeding behaviour of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) towards environmental availability of aquatic macroinvertebrates in a rice field (Portugal). Acta Oecologia 2002; 23(6): 421-429. doi.org:10.1016/S1146-609X(02)01166-9

[41] Whitledge GW, Rabeni CF. Energy sources and ecological role of crayfishes in an Ozark stream: insights from stable isotopes and gut analysis. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 1997; 54: 2555-2563. doi.org:10.1139/f97-173

[42] Parkyn SM, Collier KJ, Hicks BJ. New Zealand stream crayfish: Functional omnivores but trophic predators? Freshwater Biology 2001; 46(5): 641-652. doi.org:10.1046/j.1365-2427.2001.00702.x

[43] Paglianti A, Gherardi F. Combined effects of temperature and diet on growth and survival of young-of-year crayfish: a comparison between indigenous and

invasive species. Journal of Crustacean Biology 2004; 24(1): 140-148. doi.org:10.1651/C-2374

[44] Gutierrez-Yurrita PJ, Sancho G, Bravo MA, Baltanas A, Montes C. Diet of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in natural ecosystems of the Donana National Park temporary fresh-water marsh (Spain). Journal of Crustacean Biology 1998; 18(1):120-127. doi.org:10.1163/193724098X00124

[45] Carmona-Osalde C, Rodriguez-Serna M, Olvera-Novoa MA, Gutierrez-Yurrita PJ. Gonadal development, spawning, growth and survival of the crayfish *Procambarus llamasi* at three different water temperatures. Aquaculture 2004; 232: 305-316. doi.org:10.1016/S0044-8486(03)00527-1

[46] Croll SL, Watts SA. The effect of temperature on feed consumption and nutrient absorption in *Procambarus clarkii* and *Procambarus zonangulus*. Journal of the World Aquaculture Society 2004; 35(4): 478-488. doi.org:10.1111/j.1749-7345.2004.tb00113.x

[47] Gu H, Anderson AJ, Mather PB, Capra MF. Effects of feeding level and starvation on growth and water and protein content in juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens). Marine and Freshwater Research 1996; 47(5): 745-748.

[48] Mills BJ, McCloud PI. Effects of stocking and feeding rates on experimental pond production of the crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda: Parastacidae). Aquaculture 1983; 34: 51-72. doi.org:10.1016/0044-8486(83)90291-0

[49] Wu D-L, Liu Z-Q, Huang Y-H, Lv W-W, Chen M-H, Li Y-M. ve diğ. Effects of cold acclimation on the survival, feeding rate, and non specific immune responses of the freshwater red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Aquaculture International 2018; 26: 557-567. doi.org:10.1007/s10499-018-0236-4

[50] Mazlum Y, Güner Ö, Şirin S. Effects of feeding interval on growth, survival and body composition of narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus*

Eschscholtz, 1823 juveniles. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 2011; 11(2): 283-289. doi.org:10.4194/trjfas.2011.0213

[51] Ghosh AK. Effect of feeding level on growth, body composition, fatty acid profile, and nutrient accumulation in shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture International 2017; 26: 405-417. doi.org:10.1007/s10499-017-0225-z

[52] Carvajal-Valdes R, Arjona E, Bueno G. Feeding rate and stocking density in semi-intensive *Litopenaeus vannamei* culture with moderate periodic fertilization. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science 2012; 7(11): 899-904.

[53] Lara G, Hostins B, Bezerra A, Poersch L, Wasielesky Jr. W. The effects of different feeding rates and re-feeding of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc culture system. Aquacultural Engineering 2017; 77: 20-26. doi.org:10.1016/j.aquaeng.2017.02.003

[54] Miao S, Han B, Li J, Hu J, Wan W, Sun L. ve diğ. Effects of dietary protein level on the growth performance, feed utilization and immunity of red swamp crayfish *Procambarus clarkia*. Aquaculture Reports 2020; 18: 100540. doi.org:10.1016/j.aqrep.2020.100540

[55] Ramalho RO, McClain WR, Anastácio PM. An effective and simple method of temporarily marking crayfish. Freshwater Crayfish 2010; 17(1): 57-60.

[56] Chen SM, Chen JC. Effects of pH on survival, growth, molting and feeding of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture 2003; 218(1-4): 613-623. doi.org:10.1016/S0044-8486(02)00265-X

[57] CIE. Official recommendations on uniform colour space, colour difference equations and metric colour terms. Paris: Commission International de l'Eclairage, 1976, Suppl. No. 2, Publication No. 15.

[58] Zar JH. Biostatistical Analysis, 4th edition. Upper Saddle River: Prentice-Hall Inc., 1999. 929 p.

[59] Gaxiola G, Gallordo P, Simoes N, Cuzon G. A red shrimp, *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817), larvae feeding regime based on live food. Journal of the World Aquaculture Society 2010; 41(3): 402-410. doi.org:10.1111/j.1749-7345.2010.00381.x

[60] Kpogue D, Sezonlin M, Houedete H, Fiogbe E. Estimation de la ration alimentaire optimale chez les alevins de *Parachanna obscura* (Perciformes, Channidae). International Journal of Biological and Chemical Sciences 2011; 5(6): 2434-2440. doi.org:10.4314/ijbcs.v5i6.22

[61] Cheng Y, Wu S. Effect of dietary astaxanthin on the growth performance and nonspecific immunity of red swamp crayfish *Procambarus clarkii*. Aquaculture 2019; 512: 734341. doi.org:10.1016/j.aquaculture.2019.734341

[62] Wen X-B, Ku Y-M, Zhou K-Y. Growth response and fatty acid composition of juvenile *Procambarus clarkii* fed different sources of dietary lipid. Agricultural Sciences in China 2003; 2: 583-590.

[63] Liu F, Geng C, Qu YK, Cheng BX, Zhang Y, Wang AM. ve diğ. The feeding of dietary *Codonopsis pilosula* polysaccharide enhances the immune responses, the expression of immune-related genes and the growth performance of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). Fish & Shellfish Immunology 2020; 103: 321-331. doi.org:10.1016/j.fsi.2020.05.034

[64] Gao F, Liu J, Wang A, Liu B, Tian H, Zheng X. ve diğ. Dietary lipid sources modulate the intestinal transport of fatty acids in the red swamp crayfish *Procambarus clarkii*. Aquaculture 2020; 521: 735091. doi.org:10.1016/j.aquaculture.2020.735091

[65] Liu F, Qu YK, Geng C, Wang AM, Zhang JH, Chen KJ. ve diğ. Effects of hesperidin on the growth performance, antioxidant capacity, immune responses and disease resistance of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). Fish & Shellfish Immunology 2020; 99: 154-166. doi.org:10.1016/j.fsi.2020.02.014

[66] Craig S, Helfrich LA, Kuhn D, Schwarz MH. Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. Virgina Cooperative Extension, 2017.

[67] Aubin J, Papatryphon E, van der Werf H, Chatzifotis S. Assessment of the environmental impact of carnivorous finfish production systems using life cycle assessment. Journal of Cleaner Production 2009; 17(3): 354-361. doi.org:10.1016/j.jclepro.2008.08.008

[68] Samuel-Fitwi B, Wuertz S, Schroeder JP, Schulz C. Sustainability assessment tools to support aquaculture development. Journal of Cleaner Production 2012; 32: 183-192. doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.03.037

[69] Mungkung R, Aubin J, Prihadi TH, Slembrouck J, van der Werf HM, Legendre M. Life cycle assessment for environmentally sustainable aquaculture management: a case study of combined aquaculture systems for carp and tilapia. Journal of Cleaner Production 2013; 57: 249-256. doi.org:10.1016/j.jclepro.2013.05.029

[70] Besson M, Aubin J, Komen H, Poelman M, Quillet E, Vandeputte M. ve diğ. Environmental impacts of genetic improvement of growth rate and feed conversion ratio in fish farming under rearing density and nitrogen output limitations. Journal of Cleaner Production 2016; 116: 100-109. doi.org:10.1016/j.jclepro.2015.12.084

[71] Boyd CE, Tucker C, McNevin A, Bostick K, Clay J. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. Reviews in Fisheries Science 2007; 15: 327-360. doi.org:10.1080/10641260701624177

[72] Bliss DE. The Biology of Crustacea. New York, USA: Academic Press, 1983. 471 p.

[73] Karadal O, Türkmen G. Effects of feeding frequency on growth performance and molting cycle of two different size classes of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research 2018; 4(3): 140-145. doi.org:10.17216/LimnoFish.424401

[74] Chen C, Tan Q, Liu M, Wu F, Chen J, Xie S. Effect of starvation on growth, histology, and ultrastructure of digestive system of juvenile red swamp crayfish

(*Procambarus clarkii* Girard). Iranian Journal of Fisheries Sciences 2017; 16(4): 1214-1233.

[75] Sugumar V, Vijayalakshmi G, Saranya K. Molt cycle related changes and effect of short term starvation on the biochemical constituents of the blue swimmer crab *Portunus pelagicus*. Saudi Journal of Biological Sciences 2013; 20(1): 93-103. doi.org:10.1016/j.sjbs.2012.10.003

[76] Wade NM, Goulter KC, Wilson KJ, Hall MR, Degnan BM. Esterified astaxanthin levels in lobster epithelia correlate with shell colour intensity: potential role in crustacean shell colour formation. Comparative Biochemistry and Physiology 2005; 141(3): 307-313. doi.org: 10.1016/j.cbpc.2005.04.004

[77] Boonyaratpalin M, Thongrod S, Supamattaya K, Britton G, Schilipalius LE. Effects of b-carotene source, Dunaliella salina, and astaxanthin on pigmentation, growth, survival and health of *Penaeus monodon*. Aquaculture Research 2001; 32(1): 182-190. doi.org:10.1046/j.1355-557x.2001.00039.x

[78] Ponce-Palafox JT, Arredondo-Figueroa JL, Vernon-Carter EJ. Carotenoids from plants used in diets for the culture of the pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Revista Mexicana de Ingeniería Química 2006; 5: 157-165.

[79] Linan-Cabello MA, Jesus PM. Induction factors derived from carotenoids and vitamiin A during the ovarian maturation of *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture International 2004; 12: 583-592. doi.org:10.1007/s10499-004-1088-7

[80] Shahidi F, Synowiecki J, Penney RW. Chemical nature of xanthophylls in flesh and skin of cultured Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.). Food Chemistry 1994; 51(1): 1-4. doi.org:10.1016/0308-8146(94)90038-8

[81] Negre-Sadargues G, Castillo R, Segonzac M. Carotenoid pigments and trophic behaviour of deep-sea shrimps (Crustacea, Decapoda, Alvinocarididae) from a hydrothermal area of the mid-Atlantic ridge. Comparative Biochemistry and Physiology 2000; 127(3): 293-300. doi.org:10.1016/S1095-6433(00)00258-0

[82] Velu CS, Czeczuga B, Munuswamy N. Carotenoprotein complexes in entomostracan crustaceans (*Streptocephalus dichotomus* and *Moina micrura*)

comparative biochemistry and physiology. Part B: Biochemical and Molecular Biology 2003; 135: 35-42. doi.org:10.1016/S1096-4959(03)00053-8

[83] Petit H, Negre-Sdargues G, Castillo R, Valin S, Trilles J. The effects of dietary astaxhantin on growth and moulting cycle of postlarval stage of the prawn *Penaeus japonicus* (Crustacea, Decapoda). Comparative Biochemistry and Physiology A. 1997; 117: 539-554. doi.org:10.1016/S0300-9629(96)00431-8

[84] Rodriguez DB, Simpson KL, Chichester CO. The biosynthesis of astaxanthin. XVIII intermediates in the conversion of b-carotene. International Journal of Biochemistry 1973; 4(21): 213-222. doi.org:10.1016/0020-711X(73)90042-6

Özgeçmiş

Adı Soyadı : Kemal Burak GÜLTEKİN

E-posta : kburakgultekin@gmail.com

Eğitim:

2005–2013 Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi

2017–2021 İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı

İş Deneyimi:

2013 – 2014 Okyanus Akvaryum

2016 – 2016 Kuzey Deniz Su Ürünleri

2016 – Halen Gümüşdoğa Su Ürünleri

Yayınlar (varsa):

1. Gültekin KB, Karadal O, Türkmen G, Özaydın O. Halk akvaryumlarında sergilenen Türkiye deniz balıkları faunasına ait türler. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 2014; 31(3): 127-132. doi.org:10.12714/egejfas.2014.31.3.02
2. Karadal, O., Gültekin, K.B. 2019. Dünyada ve Türkiye'de halk akvaryumlarının güncel durumu. 20. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 24-26 Eylül 2019, Mersin, Türkiye. 55. (Özet metin, Sözlü sunum).