

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

KIRMIZI BATAKLIK KEREVİTİ (*Procambarus clarkii*) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE
SINIRLI SU DEĞİŞİMLERİ VE STOK ORANLARININ BÜYÜME VE
BAĞIRSAK MİKROBİYATASI ÇEŞİTLİLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Hacer Özlem ARSLAN

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2024

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

KIRMIZI BATAKLIK KEREVİTİ (*Procambarus Clarkii*) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE SINIRLI SU DEĞİŞİMLERİ VE STOK ORANLARININ BÜYÜME VE BAĞIRSAK MİKROBİYATASI ÇEŞİTLİLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Hacer Özlem ARSLAN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ercüment GENÇ

Bu tez çalışmasında iki ayrı deneme gerçekleştirilmiştir. Deneme I kapsamında sabit stok oranında (51,95 adet/m²) başlangıç canlı ağırlığı 0,241-0,247 g olan kerevitler farklı su yenilemesi; 1SY (%1SY/hafta), 3SY (%3SY/hafta), 6SY (%6SY/hafta) ve probiyotik ilavesi; 1 SYP (%1SY+Probiyotik/hafta), 3SYP (%3SY+Probiyotik/hafta), 6SYP (%6SY+Probiyotik/hafta) koşulları test edilmiştir. Deneme I sonunda 1SY-1SYP karşılaştırmasında; son canlı ağırlık (SCA) ve protein etkinlik oranı (PER) dışındaki parametrelerin değişim göstermediği, 3SY-3SYP için SCA, canlı ağırlık kazancı (CAK), spesifik büyüme oranı (SBO), PER ve yem değerlendirme oranı (FCR) arasında farklılıklar bulunduğu (p<0,05), 6SY-6SYP için ise büyüme parametreleri bakımından farklılık olmadığı (p>0,05), SY gruplarında CAK, SBO, PER ve FCR bakımından 3SY ve 6SY'nin 1SY grubuna kıyasla farklılık gösterdiği (p<0,05) ve 6SY'de yaşama oranının (YO) yüksek olduğu belirlenmiştir. SYP grupları içinde ise en iyi büyüme ve yaşama oranı 3SYP grubundan elde edilmiştir (p<0,05). Abdominal kasın, besin madde bileşen analizi sonuçlarına göre SY ve SYP grupları arasında farklılık tespit edilememiştir (p>0,05). Toplam hemosit sayısı (THC) 1SY-1SYP, 3SY-3SYP ve 6SY-6SYP grupları arasında önemli farklılıklar göstermiştir (p<0,05). Deneme II'de ise Deneme I'den elde edilen en iyi koşul (3SYP) kullanılarak, artan stok oranlarının (51,95; 77,93; 103,90 ve 129,88 adet/m²) etkisi belirlenmiştir. Büyümenin S10-S15 gruplarında iyileştiği belirlenmiştir (p<0,05). Artan stok oranlarının besin madde bileşenleri ve THC değerleri üzerinde bir etkisinin olmadığı (p>0,05), tüm denemelerde, gruplar arasında belirgin histomorfolojik bir değişikliğin şekillenmediği saptanmıştır. Deneme I bağırsak içeriği mikrobiyomunda SY gruplarında Proteobacteria, Bacteroidota ve Actinobacteriota filumlarının baskın olduğu, SYP'de Proteobacterlerin azaldığı, Bacteroidotanın arttığı, Deneme II'de stok oranları artışına bağlı Proteobacteria bolluğunun arttığı, diğer filumların ise farklı seviyelerde temsil edildikleri belirlenmiştir. Sonuçlar, 84 günlük periyod içinde, *P. clarkii* türünün sınırlı su değişim koşullarına uyumlu olduğunu, %3 SYP/hafta uygulamasının yetiştiricilik verimini, THC ve mikrobiyota profilini iyileştirmesi bakımından önerilebilir olduğu ortaya konulmuştur. Kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliğinin kontrollü koşullarda yapılmasını teşvik etmek, küresel su ürünleri yetiştiriciliği politikaları ve uygulamalarına katkıda bulunmak, bu doktora tezinin odak noktasında yer almıştır.

Temmuz 2024, 99 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Procambarus clarkii*, sınırlı su değişimi, stok oranı, probiyotik, intestinal mikrobiyota

ABSTRACT

PhD Thesis

EFFECTS OF LIMITED WATER EXCHANGES AND STOCKING RATES ON GROWTH AND GUT MICROBIOTA DIVERSITY IN RED SWAMP CRAYFISH (*Procambarus clarkii*) CULTURE

Hacer Özlem ARSLAN

Ankara University
Graduate School of Natural Applied Sciences
Department of Fisheries and Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Ercüment GENÇ

This doctoral thesis conducted two separate trials. In Trial I, juvenile *Procambarus clarkii* with an initial weight of 0,241-0,247 g and stocked at a fixed density (51,95 individuals/m²) were subjected to different water renewal rates: 1SY (%1SY/week), 3SY (%3SY/week), 6SY (%6SY/week), and probiotic supplementation: 1SYP (%1SY + Probiotic/week), 3SYP (%3SY + Probiotic/week), 6SYP (%6SY + Probiotic/week). Comparison between 1SY-1SYP showed no significant differences except for final live weight (FW) and protein efficiency ratio (PER). Significant differences were found in FW, live weight gain (WG), specific growth rate (SGR), PER, and feed conversion ratio (FCR) between 3SY-3SYP ($p < 0,05$). No significant differences in growth parameters were observed between 6SY-6SYP ($p > 0,05$). Comparison among SY groups indicated significant differences in WG, SGR, PER, and FCR compared to 1SY ($p < 0,05$), with higher survival rates (SR) noted in 6SY. Among SYP groups, the best growth and survival rates were observed in 3SYP ($p < 0,05$). Abdominal muscle composition analysis did not show significant differences between SY and SYP groups ($p > 0,05$). Total hemocyte count (THC) showed significant differences between 1SY-1SYP, 3SY-3SYP, and 6SY-6SYP groups ($p < 0,05$). In Trial II, using the optimal condition identified in Trial I (3SYP), the effect of increasing stocking densities (51,95; 77,93; 103,90, and 129,88 individuals/m²) was evaluated. Growth improvement was observed in S10-S15 groups ($p < 0,05$). Increasing stocking densities did not significantly affect nutrient composition and THC values ($p > 0,05$). Histomorphological analysis showed no significant differences among groups in all trials. Trial I microbiome analysis revealed dominance of Proteobacteria, Bacteroidota, and Actinobacteriota phyla in SY groups, with a decrease in Proteobacteria and an increase in Bacteroidota in SYP groups. Trial II indicated an increase in Proteobacteria abundance with increasing stocking densities, while other phyla were represented at varying levels. In conclusion, *P. clarkii* demonstrated adaptability to limited water exchange conditions, with the application of %3 SYP/week enhancing aquaculture productivity, THC, and microbiota profile for a period of 84 days. This study promotes controlled red swamp crayfish cultivation, contributing to global aquaculture policies and practices.

July 2024, 99 pages

Key Words: *Procambarus clarkii*, limited water exchange, stocking rate, probiotic, intestinal microbiota

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Dünya nüfusunun hızla artışı ve iklim değişikliğinin etkileri, küresel gıda güvenliğini ve sürdürülebilirliği tehdit etmektedir. Bu durum, gıda üretiminde yenilikçi ve çevre dostu yöntemlerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Su ürünleri yetiştiricilik sektörü, bu gereklilikleri karşılamak için ideal bir platform sunmakta ve sürdürülebilir gıda üretiminin önemli bir bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Sektör, sadece insan beslenmesi için değil, aynı zamanda ekonomik kalkınma ve sağlıklı bireylerin yetişmesine de katkıda bulunmaktadır. Tatlı su kaynakları, iklim değişikliği ve artan nüfusun su talebi nedeniyle giderek daha sınırlı hale gelmektedir. Bu bağlamda, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı, su ürünleri yetiştiriciliğinde kritik bir rol oynamaktadır. Sınırlı su değişimi koşullarında yüksek verimlilik gösterebilen türlerin geliştirilmesi ve bu türlerin yetiştiricilik sistemlerine entegrasyonu, gelecekte su ürünleri yetiştiricilik sektörünün devamlılığını sağlamak için büyük bir önem arz etmektedir.

Tez çalışmasında, kırmızı bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*) üzerinde sınırlı su değişim senaryolarının etkilerini araştırarak, su ürünleri yetiştiriciliğinde sürdürülebilir yöntemlerin geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçladık. Kırmızı bataklık kerevitinin sınırlı su değişim koşullarına uyum yeteneğini ve bu koşulların büyüme performansı ile bağırsak mikrobiyota çeşitliliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu araştırma, kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliği için sınırlı su kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yönelik önemli veriler sunmaktadır. Elde edilen bulgular hem kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliğinde hem de genel olarak su ürünleri yetiştiriciliğinde sürdürülebilirlik ve verimliliği artırmaya yönelik stratejiler geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

Bu doktora tez çalışması ile su ürünleri bilim alanında özgün bir araştırma gerçekleştirmekten ve bilim camiasına sunmaktan büyük bir memnuniyet duyuyorum. Katkılarından dolayı Danışman Hocam Prof. Dr. Ercüment Genç ve Tez İzleme Komitesinin Değerli Hocaları Prof. Dr. Mine KIRKAĞAÇ ve Prof. Dr. Mevlüt AKTAŞ'a Humat Kimya'ya, 121O713 nolu projeden sağlanan yem formülasyonu için TÜBİTAK'a, Yüksek Lisans öğrencisi Ahmet GÜRLER'e ve oğlum Zahir TAŞÇI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

“Ne türlerin en güçlüsü hayatta kalır, ne de en zeki olanı. Değişime en kolay uyum sağlayanı hayatta kalır.” Charles Darwin

Hacer Özlem ARSLAN
Ankara, Temmuz 2024

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	20
3.1 Materyal	20
3.1.1 Deneme yeri ve materyali.....	20
3.1.2 Deneme yemi ve yapımı	20
3.1.3 Denemede kullanılan araç ve gereçler.....	23
3.2 Yöntem	23
3.2.1 Deneme planı	23
3.2.1.1 Deneme I planı	23
3.2.1.2 Deneme II planı	24
3.2.2 Denemede kullanılan suyun kalite özelliklerinin belirlenmesi	25
3.2.3 Büyüme performansının belirlenmesi.....	25
3.2.4 Besin madde bileşen analizleri	26
3.2.5 Toplam hemosit sayısı (THC)	27
3.2.6 Hepatopankreas histomorfolojisi	27
3.2.7 Bağırsak içeriğinden mikrobiyota tayini	28
3.2.8 İstatistikî analizler	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	30
4.1 Denemede Kullanılan Suyun Kalite Özellikleri	30
4.1.1 Deneme I: Su kalitesi parametreleri	30
4.1.2 Deneme II: Su kalitesi parametreleri	33
4.2 Büyüme Performansı	37
4.2.1 Deneme I: Büyüme performansı	37
4.2.2 Deneme II: Büyüme performansı.....	45
4.3 Besin Madde Bileşen Oranları	48

4.3.1 Deneme I: Besin madde bileşenleri	48
4.3.2 Deneme II: Besin madde bileşenleri	58
4.4 Toplam Hemosit Sayısı (THC)	61
4.4.1 Deneme I: Toplam hemosit sayısı (THC)	61
4.4.2 Deneme II: Toplam hemosit sayısı (THC)	63
4.5 Histolojik Bulgular	66
4.5.1 Deneme I: Histolojik bulgular	66
4.5.2 Deneme II: Histolojik bulgular	67
4.6 Mikrobiyota Analizi	68
4.6.1 Deneme I: Mikrobiyota analizi	68
4.6.2 Deneme II: Mikrobiyota analizi	73
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	77
5.1 Su Kalitesi Parametrelerinin Değerlendirilmesi	78
5.2 Büyüme Performansının Değerlendirilmesi	79
5.3 Besin Madde Bileşen Oranlarının Değerlendirilmesi	81
5.4 Hemosit Sayısının Değerlendirmesi	82
5.5 Histolojik Bulguların Değerlendirilmesi	83
5.6 Mikrobiyota Analizinin Değerlendirilmesi	84
KAYNAKLAR	91
ÖZGEÇMİŞ	99

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 <i>Procambarus clarkii</i> (Girard, 1852), (Orijinal)	3
Şekil 4.1 Deneme I: A; SY ve B; SYP gruplarında su kalitesi parametrelerinin karşılaştırılması	33
Şekil 4.2 Deneme II: Stok gruplarında su kalitesi parametrelerinin karşılaştırılması	36
Şekil 4.3 1SY-1SYP, 3SY-3SYP ve 6SY-6SYP büyüme performanslarının karşılaştırılması (84 gün)	40
Şekil 4.4 Deneme I: SY-SYP gruplarında büyüme performansının karşılaştırılması	44
Şekil 4.5 1SY-1SYP karşılaştırması	50
Şekil 4.6 3SY-3SYP karşılaştırması	52
Şekil 4.7 6SY-6SYP karşılaştırması	54
Şekil 4.8 SY gruplarının karşılaştırması	56
Şekil 4.9 SYP gruplarının karşılaştırması	58
Şekil 4.10 Stok gruplarının karşılaştırması	60
Şekil 4.11 SY-SYP gruplarında THC düzeylerinin karşılaştırılması	63
Şekil 4.12 Stok gruplarında THC düzeylerinin karşılaştırılması	65
Şekil 4.13 SY-SYP gruplarına ait kırmızı bataklik kerevitlerinin hepatopankreas kesitleri (bar 20µm, H&E)	67
Şekil 4.14 Stok gruplarına ait kırmızı bataklik kereviti hepatopankreas kesitleri (bar: 20 µm, H&E)	68
Şekil 4.15 SY-SYP gruplara ait kırmızı bataklik kerevitlerinin mikrobiyota profilleri (Filum)	72
Şekil 4.16 Stok gruplara ait kırmızı bataklik kerevitlerinin mikrobiyota profilleri (Filum)	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Deneme yeminin içeriği	21
Çizelge 3.2 Deneme yeminin amino asit profili	21
Çizelge 3.3 Deneme yeminin yağ asitleri profili	22
Çizelge 3.4 Deneme I planı (6 grup, 3 tekerrürlü, 84 gün)	24
Çizelge 3.5 Deneme II planı (4 grup, 3 tekerrürlü, 84 gün)	25
Çizelge 4.1 Deneme I: SY-SYP; ölçülen su kalitesi parametreleri	30
Çizelge 4.2 Deneme II: Stok gruplarında ölçülen su kalitesi parametreleri	34
Çizelge 4.3 Deneme I: Büyüme; 1SY-1SYP karşılaştırması (84 gün)	37
Çizelge 4.4 Deneme I: Büyüme; 3SY-3SYP karşılaştırması (84 gün)	38
Çizelge 4.5 Deneme I: Büyüme; 6SY-6SYP karşılaştırması (84 gün)	39
Çizelge 4.6 Deneme I: SY gruplarında büyüme performansı (84 gün)	41
Çizelge 4.7 Deneme I: SYP gruplarında büyüme performansı (84 gün)	42
Çizelge 4.8 Deneme II: Stok gruplarında büyüme performansı (84 gün)	45
Çizelge 4.9 Deneme I: Besin madde bileşenleri; 1SY-1SYP karşılaştırması	48
Çizelge 4.10 Deneme I: Besin madde bileşenleri; 3SY-3SYP karşılaştırması	50
Çizelge 4.11 Deneme I: Besin madde bileşenleri; 6SY-6SYP karşılaştırması	52
Çizelge 4.12 Deneme I: SY gruplarında besin madde bileşenleri	55
Çizelge 4.13 Deneme I: SYP gruplarında besin madde bileşenleri	56
Çizelge 4.14 Deneme II: Stok gruplarında besin madde bileşenleri	59
Çizelge 4.15 Deneme I: THC düzeyleri; 1SY-1SYP, 3SY-3SYP, 6SY-6SYP karşılaştırılması	62
Çizelge 4.16 Deneme I: THC düzeyleri; SY-SYP karşılaştırılması	62
Çizelge 4. 17 Deneme II: THC düzeyleri; stok grupları karşılaştırması	64
Çizelge 4.18 Deneme I-II: SY-SYP-Stok gruplarının mikrobiyota profilleri (filum düzeyi)	76

1. GİRİŞ

Dünyadaki bütün ekosistemler gibi sucul ekosistemler de iklim değişikliği, ötrofikasyon, okyanus asitlenmesi, kirlilik ve sistemin bileşeni olan insanın yarattığı baskı etkisiyle sürekli olarak değişim göstermektedir. 2015 yılında kabul edilen Birleşmiş Milletler Üye Devletleri tarafından 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi acil eylem çağrısı ile bugün ve gelecekte insanlar ve gezegenimizin barış ve refahına yönelik hazırlanan ortak planda 17 adet Kalkınma Hedeflerinden birinin herkes için sürdürülebilir su ve sanitasyon erişilebilirliğinin sürdürülebilir yönetim olduğu belirtilmektedir (UN 2024). Ülkemizde de bu hedef plan çerçevesinde kirliliği azaltmak ve sucul ekosistemleri korumak, eski haline getirmek ve su kalitesini iyileştirerek yaşamı sürdürülebilir kılmak için çalışmalar yapılmaktadır.

2022 yılında Birleşmiş Milletler Tarım ve Gıda Örgütü (FAO) tarafından yayınlanan rapora göre, dünya genelinde su ürünleri üretimi 182,8 milyon ton olarak öngörülmüştür. FAO'nun tahminlerine göre, 2030 yılında dünya su ürünleri üretiminin 202 milyon tona ulaşacağı beklenmektedir. 2021'de, toplam 182,8 milyon ton su ürünleri üretiminin %49'u yetiştiricilik yoluyla sağlanmıştır. Decapod grupta beyaz karidesten sonra dünyada en çok yetiştiriciliği yapılan türün *Procambarus clarkii* olduğu bildirilmiştir. 2000 yılında 9,9 bin ton, 2005 yılında 114,3 bin ton, 2010 yılında 599,3 bin ton, 2015 yılında 723,1 bin ton olan üretimin 2020 yılında ise 2,469,0 bin ton düzeyine ulaştığı rapor edilmiştir (FAO, 2022). Su ürünleri üretiminin sadece istihdam anlamında değil, azalan gıda kaynaklarının yerine alternatif ürünlerin arayışı içinde ve ülkelerin ekonomik anlamda büyümesinde de su ürünleri sektörünün önemli bir rol oynadığı ve bu bağlamda gelecekte de su ürünleri kaynaklarından etkin bir şekilde faydalanmaya devam edebilmenin önem arz ettiğine dikkat çekilmektedir (Dağtekin vd. 2019).

Gıda değeri yüksek hayvansal ürünler arasında yer alan su ürünleri, beslenme için önemli bir protein, vitamin ve mineral kaynağıdır. Gıda olarak kullanımının yanı sıra balık unu, balık yağı ve yem hammaddesi olarak da kullanılmaktadır. Kontrolsüz avcılık, çevresel etkenler ve iklim değişikliği nedeniyle ürün ve kaynak açısından bazı türler neslinin tükenme riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Bu bağlamda kaynakların ve üretim

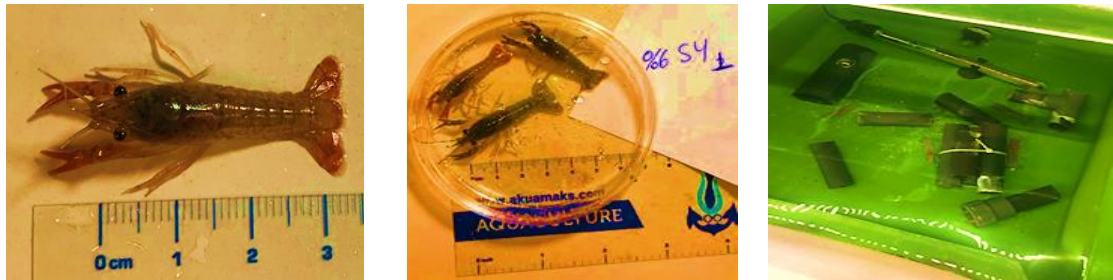
koşullarının korunmasının gerekliliği çerçevesinde alternatif arayışlar söz konusu olmaktadır. Gerek kazançlı verim elde etme fırsatı sunan lüks deniz ürünlerine olan ilgi, gerek bazı türlerin tüketim azlığından kaynaklı artan popülasyon yoğunluğu ve gerekse dünyada artan protein ihtiyacı kapsamında alternatif ürünlerin avcılık ve yetiştiriciliğinde talep artışı görülmektedir. Yengeç, karides ve ıstakoz gibi kabuklu su ürünlerinin yetiştiriciliği artış göstererek en değerli deniz ürünleri arasında yerini almıştır (FAO 2022). Akvaryum ve gıda sektörü dışında dekapod kabuklarından kitin ve kitosan üretiminde de yararlanıldığı için oldukça kıymetlidir. Kerevitler ayrıca akademik araştırmalarda en fazla çalışılan canlı organizma olma özelliğinin yanı sıra biyolojik indikator olarak da en çok gündeme gelen su ürünlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Omar vd. 2022, Abbas vd. 2023).

FAO ve Dünya Bankası projeksiyonlarına göre 2050 ve sonrasında tatlısu kaynaklarının sınırlı olacağı öngörüsü ile kısıtlı su kaynaklarını daha verimli bir şekilde kullanmak, su kalitesini iyileştirmek ve sürdürülebilir yönetim stratejileri geliştirmenin hedeflendiği ifade edilmektedir. İklim değişikliği senaryoları ile karasal tarımda ve tatlı sularda yapılan su ürünleri yetiştiriciliğinin de sınırlı olacağı öngörülmektedir. Sınırlı su ile entansif yetiştiricilikte su ortamının kimyasal yapısı sucul organizmaların hayatta kalma ve gelişimini etkilemesi nedeniyle su kalitesi kontrolü de önem arz etmektedir. Suyun içinde bulunan inorganik elementler, moleküller ve çok sayıda biyolojik işlevi yerine getiren arkeler, bakteriler, mantarlar ve protistler gibi mikroorganizmalar suda yaşayan omurgasızlar, balıklar ve konakçı diğer canlı hayvanların mikrobiyomları için bir kaynaktır (Krotman vd. 2020). Bir ekosistemde yaşayan konakçı ile serbest yaşayan mikrobiyotayı birlikte değerlendirmek suda yaşayan omurgalı mikrobiyomunu incelemek açısından bütüncül bir yaklaşım olabileceği ifade edilmektedir (Sehna 2021). Yoğun yetiştiricilik koşullarındaki değişimlerin bağışıklık sistemini olumsuz yönde etkileme olasılığının söz konusu olduğu için sınırlı su koşullarında yapılacak yetiştiricilikte su kalite kriterlerinin de sürekli takip edilmesi önemlidir.

Diğer su ürünleri gibi kabuklu su ürünlerinin de bağırsaklarının bağışıklık organı gibi hastalıklara karşı savunma mekanizması işlevinin olduğu kabul edilmektedir. Literatüre yeni giren probiyotik terimi insanlar ve hayvanlara faydalı olan bakteriler için

kullanılmaktadır. Bu bağlamda mikrobiyota topluluğu çeşitlilik gösteren özellikle tatlı su balıklarının bağırsağı gelişme ve büyümede etkili olan faydalı bakteriler içerir. Bu bakterilerin yaşam için olumlu etki gösterdiğini “gıdalarla alınan bazı mikroorganizmaların bağırsak mikrobiyomunu değiştirerek, zararlı mikropların etkinliğini azaltma gibi önemli bir işlevi olabileceği” şeklindeki bir ifadenin ilk defa dile getirilmesi Pasteur Enstitüsü'nde çalışan Nobel Ödüllü Eli Metchnikoff'a atfedilmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise bu bakterileri “yeterli miktarda alındığında konağa sağlık açısından fayda sağlayan canlı mikroorganizmalar” şeklinde tanımlamışlardır (Mackowiak 2013, Masih 2016).

Kırmızı bataklık kereviti, *Procambarus clarkii* (Girard 1852), tatlı su ekosistemlerinde karşılaşılan renkli ve çevik bir decapod Crustacea türü olup. vücut yapısı ve renk çeşitliliği ile dikkati çekmektedir. Genellikle canlı kırmızıdan koyu kahverengiye değişen renklerde olabilirler, bu renkler doğal habitatlarındaki kamuflaj ihtiyaçlarına hizmet etmektedir. Çiftleşme dönemlerinde ise bu renkler, potansiyel eşleri cezbetmede önemli bir rol oynamaktadır. Kerevitin en dikkat çekici fiziksel özelliklerinden biri olan güçlü kısıkaçları hem predatör savunmasında hem de çeşitli avları yakalamada kritik işlevler görmektedir. Adaptasyon kabiliyeti yüksek olması nedeniyle değişken su koşullarına ve farklı habitatlara kolayca uyum sağlayabilirler (Alcorlo vd. 2004, Loureiro vd. 2015, Oficialdegui vd. 2020).



Şekil 1.1 *Procambarus clarkii* (Girard,1852), (Orijinal)

Bu tür, yavaş akan nehirler, bataklıklar, göller ve sulama kanalları gibi tatlı su kaynaklarında yaşayabilir. İnsan yapısı su yollarında bile kolayca hayatta kalabilirler. Bu adaptasyon yeteneği, kırmızı bataklık kerevitinin farklı sucul ortamlara hızla yayılmasına

ve invaziv bir tür olarak kabul edilmesine yol açar. Bu durum, yerel ekosistemler için hem bir zenginlik kaynağı hem de bir tehdit unsuru oluşturur, çünkü yerel türlerle rekabet edebilir ve bazı durumlarda ekolojik dengeleri bozabilir. Geniş bir beslenme yelpazesine sahip olan kırmızı bataklık kereviti, organik atıklar, canlı bitkiler, böcekler, solucanlar ve küçük balıklarla beslenir. Bu geniş beslenme yelpazesi, onların çeşitli ekosistemlerde kolayca uyum sağlamasını ve yayılmasını destekler. Ekolojik olarak, bu tür ölü organik materyali parçalayarak ekosistemdeki detritus döngüsüne katkıda bulunur. Ayrıca, besin zincirinin çeşitli halkalarında yer alarak sucul ekosistemlerin sağlıklı işleyişinde önemli bir rol oynar. Kırmızı bataklık kerevitinin üreme kapasitesi oldukça yüksektir. Dişiler, bir sezonda yüzlerce, bazen binlerce yumurta üretebilir, bu da hızlı popülasyon artışına olanak tanır. Yavrular, kuluçkadan çıktıktan sonra hızlı bir şekilde büyüyebilir. Kuzeydoğu Meksika ile Güney-Orta Amerika'ya özgü bir tatlı su kereviti olarak bilinen *Procambarus clarkii*, çevresel ekstrem koşullara uyum sağlama yeteneği, hızlı üreme kapasitesi, kısa gelişme döngüsü ve geniş beslenme seçenekleri sayesinde, Antarktika ve Avustralya dışındaki tüm kıtalarda yaygın bir hale gelmiştir. Bu özellikler, onu ekonomik olarak değerli bir su ürünleri yetiştiriciliği ve süs balığı ticareti türü yapmaktadır (Loureiro vd. 2015; Guo vd. 2020).

ABD'de özellikle Louisiana eyaleti, türün doğal yaşam alanıdır. Louisiana dışında, *P. clarkii* yetiştiriciliği İspanya, İtalya ve hatta bazı Afrika ülkelerinde de yapılmaktadır. Bu türün global düzeydeki yayılımı, farklı sucul habitatlara adaptasyon yeteneği sayesinde mümkün olmuştur. Çin'de festival yemekleri ve günlük tüketimde popüler bir tercihtir. Kırmızı Bataklık Kerevitinin bu geniş coğrafyada kabul görmesi hem yerel mutfak kültürleriyle bütünleşmesi hem de ekonomik getirisinin yüksek olmasıyla açıklanabilir. Kırmızı bataklık kerevitinin yetiştiriciliği için kullanılan teknikler, genellikle açık havuz sistemlerinden kapalı devre su ürünleri sistemlerine kadar çeşitlilik gösterir. Açık havuz sistemleri, geniş alanlar gerektirir ve doğal su kaynaklarına bağlıdır. Bu sistemlerde su sıcaklığı, pH ve diğer su kalitesi parametreleri doğal koşullarla belirlenir. Kapalı devre sistemler ise suyun sürekli arıtılarak yeniden kullanıldığı, daha kontrollü bir yetiştiricilik ortamı sağlar. Entegre multi-trofik su ürünleri yetiştiriciliği (IMTA) sistemleri, kırmızı bataklık kerevitinin deniz algleri, balıklar ve diğer su ürünleri ile birlikte yetiştirildiği, ekosistem temelli bir yaklaşım sunar. Bu sistemler, atıkların bir türden diğerine besin

olarak transfer edilmesini sağlayarak çevresel etkiyi azaltır ve verimliliği artırır. Kapalı devre su ürünleri yetiştiriciliği (RAS) ise su kaynaklarını koruma ve hastalık kontrolü gibi konularda avantajlar sağlar. Bu çeşitli yetiştiricilik teknikleri, kırmızı bataklık kerevitinin çevresel şartlara adaptasyonunu kolaylaştırır ve farklı iklim ve coğrafyalarda yetiştiriciliğini mümkün kılar. Her bir sistem, belirli avantajlar ve zorluklar sunar ve uygun olan yöntem, yerel koşullar, ekonomik değerlendirme ve çevresel düzenlemeler göz önünde bulundurularak seçilmektedir. *P. clarkii* türünün yüksek ekonomik değeri, onu dünya çapında bir su ürünü olarak önemli hale getirmiştir. Gıda sektöründe, bu kerevitler taze, dondurulmuş veya işlenmiş formda tüketilirler. Restoranlar, süpermarket zincirleri ve lokal pazarlar, bu ürünleri tüketicilere sunmaktadır. Ayrıca, bu kerevitler protein açısından zengin oldukları için beslenme değeri yüksek bir gıda kaynağı olarak değerlendirilir. Kırmızı bataklık kerevitinin ticari kullanımı sadece gıda sektörüyle sınırlı değildir. Akvaryum ticareti, özellikle renkli ve çekici görünümleri nedeniyle bu türü popüler bir akvaryum canlısı yapmıştır. Ayrıca, ekoturizm ve su ürünleri yetiştiriciliği eğitim programlarında da kullanılır. Bu kerevitlerin yetiştiriciliği, özellikle Amerika ve Uzak Doğu'da yerel ekonomilere önemli katkılar sağlamakta ve kırsal kalkınma projelerine konu olmaktadır (Anonim 2024).

Decapod takımındaki omurgasızlar, yüksek protein içeriği ile dikkat çeken besleyici su ürünleridir. Ancak, kabukluların nötral pH'a yakın ortamlarda yaşaması, onların bozulmaya yol açan mikroorganizmalara karşı oldukça savunmasız hale gelmesine neden olur (Odeyemi vd. 2021).

Kerevitler gibi bentik tatlı su organizmaları, çevresel streslere karşı tolerans gösterir ve algler, balıklar, amfibiler gibi çeşitli organizmalarla beslenirler. Bu adaptif yetenekleri, onları su ortamlarındaki kimyasal kirliliğin değerlendirilmesinde değerli bir biyoindeks haline getirir (Gherardi, 2006, Mo vd. 2022, Bian 2023).

İstilacı bir tür olarak kabul edilen *P. clarkii*, birçok Avrupa ülkesinde baskın makroomurgasız türü olarak öne çıkmıştır. Türün, soğuk iklimlerde bile yaşam döngüsünü sürdürebilmesi, fırsatçı beslenme alışkanlıkları, büyüme hızı, erken cinsel olgunluğa ulaşması ve yüksek üreme kapasitesi gibi özellikleri, türün yerli kerevit

türlerine karşı rekabet avantajı sağlamak ve potansiyel olarak onların yerini alma tehlikesi taşımaktadır (Gherardi 2006, Chucholl 2011). *P. clarkii* türünün yenilebilir abdomen kasları, toplam vücut ağırlığının %10 ila %40'ını oluşturur ve yüksek protein içeriği dişilerde kuru ağırlık bazında 58,6 g/100 g ve erkeklerde 62,6 g/100 g olarak ifade edilmektedir (Farrag vd. 2022).

Avrupa'da kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliği yapılmaktadır ancak bu durum karmaşık bir tablo çizmektedir. *P. clarkii*, Avrupa'da genellikle istilacı bir tür olarak kabul edilmektedir ve ekosistemler üzerinde ciddi olumsuz etkileri rapor edilmiştir. Bu tür, İtalya, İspanya, Portekiz, Belçika ve Fransa gibi çeşitli Avrupa ülkelerinde bulunmakta ve yetiştirilmektedir. İtalya ve İspanya, kırmızı bataklık kerevitinin geniş çapta yayılmasına ve ticari olarak yetiştirilmesine öncü olmuştur. İspanya'da bu tür, özellikle Ebro Deltası gibi tarımsal alanlarda yaygın olarak bulunur ve aynı zamanda ticari olarak önemli bir üründür. İtalya'da ise *P. clarkii*, Lombardiya ve Po Deltası gibi bölgelerde tarım sistemlerine yayılmıştır. Bununla birlikte, bu türün ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle kontrol altında tutulması ve izlenmesi gerektiği rapor edilmektedir. Portekiz'de de *P. clarkii* yetiştiriciliği yapılmaktadır. Özellikle ülkenin bazı bataklık ve sulak alanlarında, bu türün adaptasyon yeteneği ve hızlı üreme kapasitesi nedeniyle yaygın olarak bulunduğu kaydedilmektedir. Ancak, istilacı doğası nedeniyle tarımsal sistemlerde sorunlar yaratabileceği için dikkatli bir yönetim gerektirdiği vurgulanmaktadır. *P. clarkii* türünün Avrupa'daki yayılımı, yerli türler üzerinde rekabetçi baskı oluşturmaları ve ekosistem dengesini bozması gibi çeşitli sorunlara yol açabilmektedir. Örneğin, bu tür, yerli kerevit türlerini hastalık taşıyıcısı olarak tehdit edebilmekte ve sucul bitkiler üzerinde aşırı tüketimden ötürü habitat yapılarının değişimine sebep olabilmektedir. Avrupa'da *P. clarkii* yetiştiriciliği, su ürünleri sektörü için önemli bir potansiyel sunmakla birlikte, sürdürülebilir uygulamaların ve çevresel etkilerin dikkatle değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (McClain ve Romaine 2007, Savini vd. 2010, Souty-Grosset vd. 2016). Kırmızı bataklık kereviti Avrupa'nın 16 farklı bölgesinde kaydedildiği için Avrupa Parlamentosu'nun (AB) 1143/2014 Sayılı Tüzüğü'nün 4(3) Maddesi kriterlerini karşılayan (Avrupa'da yayılan ve düşük maliyetle yok edilmesi mümkün olmayan türler) tür olarak Avrupa Birliği invaziv türler listesine

alınmıştır (Souty-Grosset 2016). Malta’da ise doğada ilk kez tespit edilen *P. clarkii* 2016 yılında kayıtlara geçmiştir (Vella vd. 2017).

Bu doktora tez çalışmasında, su ürünleri yetiştiriciliğinde sürdürülebilir yöntemlerin geliştirilmesine katkıda bulunmak üzere, kırmızı bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*) yetiştiriciliğinde sınırlı su değişim senaryolarının etkilerinin yetiştiricilik verimi üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Kırmızı bataklık kerevitinin sınırlı su değişim koşullarına uyum yeteneğinin ortaya konulabilmesi için büyüme performansı ve bağırsak mikrobiyota çeşitliliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular hem kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliğinde hem de genel olarak su ürünleri yetiştiriciliğinde sürdürülebilirlik ve verimliliği artırmaya yönelik stratejiler geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kerevit yetiştiriciliğinin yüksek maliyet ve işgücü gerektirmeden kolaylıkla yapılabileceği, ekstansif üretim sistemlerinde birim alandan elde edilen ürün miktarının, entansif sistemlere kıyasla düşük olacağı ifade edilmektedir. Kontrollü şartlarda kültüre alma çalışmalarının yapılabileceği ve alternatif türler olarak üretim denemelerinin uygulamaya alınabileceği de bildirilmektedir (Mazlum ve Yılmaz 2006).

Dünya genelindeki artan gıda talebi, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını zorunlu kılmaktadır, bu da su ürünleri yetiştiriciliğinde etkin su kullanımı yöntemlerinin geliştirilmesini teşvik etmiştir. Su kalitesi, canlıların sağlığı ve ürün verimi üzerinde doğrudan etkili olan kritik bir faktördür. Yanık vd. (2001), su ürünleri yetiştiriciliğinde suda çözünmüş oksijen, azotlu bileşikler, pH ve tuzluluğun kontrol altında tutulması gerektiğini önermişlerdir. Su kalitesi parametreleri ölçümünün türe özgü bir seviyede optimal düzeyde kalmasının, sucul organizmaların büyüme, gelişim, üreme ve sağlık koşullarının dengesi için gerekli olduğunu vurgulamışlardır. Azotlu bileşikler, su ekosistemlerinde yaşayan canlılar için ciddi tehlikeler oluşturabilir. Amonyak, özellikle pH ve sıcaklık arttığında daha toksik hale gelebilmektedir. Modern yetiştiricilik sistemlerinde, bu toksik maddelerin zararlarını azaltmak için nitrifikasyon süreçleri dikkatle yönetilmelidir. Bu süreçler, amonyumun önce daha az toksik olan nitrite, sonra da nitrate dönüştürülmesini içermektedir. Yoğun yetiştiricilik koşullarında, su kalitesinin bozulmasının bakteriyel enfeksiyon riskini artırdığı da bilinmektedir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde stoklama yoğunluğu verim açısından önemlidir. Stoklama yoğunluğunun başlangıç ortalama canlı ağırlığı $0,015 \pm 0,004$ g olan yavru kırmızı bataklık kerevitlerinin büyüme, sindirim enzim aktiviteleri ve biyokimyasal indekslerinin araştırıldığı 50, 100, 300, 600 ve 900 kerevit/m² stoklama yoğunluklu 30 günlük yetiştirme düzeneğinde *P. clarkii* yavrularının vücut ağırlığının artan stoklama yoğunluğunda azaldığı ifade edilmektedir (Xiao vd., 2012).

McClain (1995) alışmasında, kerevitleri pirinç tarlasındaki alanlara yerleştirmiş (silindirik, 5 mm tel örgü, 0,5 m² taban alanı) kapalı alanlar kullanılarak kerevitleri tipik havuz kùltürü koşullarında tutmuştur. 12 haftalık büyüme denemesinde kırmızı bataklık kerevitleri için 6 farklı stok oranı uygulaması yapmıştır (2, 4, 6, 10, 14 ve 18 kerevit/m²). Kerevitler besin ihtiyaçlarını yalnızca detritustan gelen besin sistemiyle karşılamışlardır. İlave besleme denemelerini iki farklı stokta (2 ve 10 kerevit/m²) yürütmüştür. Ticari olarak formüle edilmiş yem (%25 ham protein) ile haftada 3 gün 2.02 g kuru yem/m² uygulama yapmıştır. Kerevit büyümesinin kùltür yoğunluğuna ters orantılı olarak değiştiğini bildirmiştir. Sadece detritus üzerinden beslenen kerevitler için ortalama son canlı ağırlıkların, artan stok yoğunluklarına göre sırasıyla 15,3; 13,8; 11,2; 7,9; 7,2 ve 5,8 g olduğunu açıklamıştır. Yem verilen kerevitler için ise ortalama son canlı ağırlıkları 2 ve 10 kerevit/m² yoğunluğunda sırasıyla 20,7 ve 12,4 g olarak rapor etmiştir. Büyümeyi etkileyen faktörlerin yoğunluk olduğunu, ilave beslemenin büyümeyi daha az etkilediğini açıklamıştır. İlave besleme, detritus üzerinden beslenen kerevitlerin büyümesini ortalama %46 iyileştirdiğini, başlangıç yoğunluğunun azaltılmasının ise büyümeyi ortalama %80,5 oranında iyileştirdiğini kaydetmiştir.

Ramalho vd. (2008) alışmalarında, genç kerevitlerin (*Procambarus clarkii*) büyüme ve yaşama oranı üzerinde stok yoğunluğunun önemini incelemişlerdir ve özellikle besin kısıtlaması olmadan yüksek yoğunluklarda kabuk değiştirmeler arasında geçen süre ve kabuk değiştirme oranına etkilerini incelemişlerdir. Laboratuvar denemesi, beş farklı yoğunlukta (20, 40, 60, 80 ve 100 kerevit/m²) genç kerevitlerin büyüme ve sağ kalımını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Stok yoğunluğunun, özellikle son canlı ağırlık üzerindeki etkisinin, son toplam boy artışı, büyüme hızından ve son toplam boy (TB) üzerindeki etkiden daha fazla olduğunu bulmuşlardır (etki azalan sırayla). Minimum ve maksimum stok yoğunluklarını karşılaştırdıklarında, TB'nin %34 azaldığını saptamışlardır. Kabuk değiştirme sayısı, ortalama kabuk değiştirme arası süre (IP) ve sağkalımın stok yoğunluğundan anlamlı derecede etkilenmediğini ifade etmişlerdir. Bulguları, IP'nin ve kabuk değiştirme başına artış yüzdesinin kabuk değiştirme öncesi kerevit boyutundan etkilendiğini göstermişlerdir ve bu ilişkiler için denklemler sunmuşlardır. Bu bulguların, kerevit yetiştiriciliği yönetimi ve doğal veya hasat edilen

pirinç tarlası kerevit popülasyonlarının yönetimi açısından önemli olduğunu ifade etmişlerdir.

Xu vd. (2013), kırmızı bataklık kerevitinde yemdeki protein ve lipid seviyelerinin büyüme ve vücut bileşimi üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Dokuz grup kereviti, üç farklı protein seviyesi (%24, %27, ve %30) ile üç farklı lipid seviyesi (%4, %7, ve %10) içeren deneysel diyetlerle 8 hafta boyunca beslemişlerdir. Her diyet grubunda dört tekrar ve tekrar başına ortalama 12 kerevit (başlangıç ağırlığı $2,52 \pm 0,04$ g) kullanmışlardır. Spesifik büyüme oranı (SGR) ve vücut bileşimi üzerinden değerlendirme yapmışlardır. Sonuçları, SGR'nin yemdeki lipid seviyelerinden önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir ($p < 0,05$). %7 lipid içeren diyetlerle beslenen kerevitler, %4 veya %10 lipid içeren diyetlerle beslenenlere göre daha yüksek canlı ağırlık göstermişler, en etkili büyümeyi SGR (%/gün) 3,14 ile %30 protein ve %7 lipid içeren yem ile beslenenlerden sağladıklarını açıklamışlardır.

Önceki çalışmalarda su ürünleri yetiştiriciliğinde probiyotik kullanımının balıkların sağlığını iyileştirme ve performansını artırma konusunda önemli avantajlar sağladığı belirtilmektedir. Probiyotik bakterilerin, yemlere eklenerek balıkların sindirim ve bağışıklık sistemlerine olumlu etkiler sağlayabileceği, böylece büyüme performansını ve yetiştirme parametrelerini olumlu yönde etkileyebileceği ifade edilmektedir. Bu çalışmalar, su ürünleri yetiştiriciliğinde çevre dostu yöntemlerin artan talebine yanıt olarak probiyotiklerin araştırılmasının önemini vurgulamaktadır. Probiyotikler, balık gibi sucul organizmaların gastrointestinal mikrobiyotasını etkileyerek, hastalıklara karşı korumada etkinlik gösterebilmektedirler (Allameh vd. 2017, Gatesoupe 1999).

Gatesoupe (1999) tarafından belirtilen araştırmalar, su ürünleri yetiştiriciliği için probiyotiklerin önemini gözler önüne sermektedir. Probiyotikler, genellikle insan ve kara hayvanlarının sağlığını destekleyen canlı mikrobiyal yem takviyeleri olarak tanımlanır. Balıkların ve kabuklu deniz hayvanlarının gastrointestinal mikrobiyotası, suyun sindirim sistemi boyunca geçişiyle özellikle dış ortama bağlıdır. Bağırsakta yerleşen çoğu bakteri hücresi geçici olup, sürekli olarak su ve yiyecekte gelen mikropların istilasına maruz kalır. Gatesoupe, probiyotiklerin balıklarda kullanımına yönelik yapılan ilk denemelerde,

kara hayvanları için geliştirilen ticari preparatlar ve bu preparatların sucul ortamda ne kadar etkili olduğunun belirsizlikler içerdiğini vurgulamaktadır. Çoğu ticari ürün yem takviyesi olarak tasarlanmamış, bunun yerine yetiştirme ortamını iyileştirmek amacıyla geliştirilmiş olup, probiyotiklerin uygulanmasına yönelik çoğu girişim, sucul ortamdan izole edilmiş ve özenle seçilmiş suşlar kullanılarak yapılmıştır. Bu mikroorganizmalar arasında Vibrionaceae, Pseudomonaslar, laktik asit bakterileri, *Bacillus* spp. ve mayalar bulunur. Bu mikropların patojenlere karşı gösterdikleri antagonizma çoğunlukla in-vitro olarak gösterilmiştir, ayrıca bazı aday probiyotiklerin kolonizasyon potansiyeli ve zorlu testler sonucunda bazı suşların konaklarının hastalığa karşı direncini artırabileceği de araştırılmıştır.

Agrawal (2005), probiyotiklerin önemli fonksiyonel gıdalar arasında yer aldığını ve dünya fonksiyonel gıda pazarının yaklaşık %65'ini oluşturduğunu ifade etmektedir. Probiyotik ürünlerin, bağırsak mikroflorasını iyileştiren ve sağlığı destekleyen canlı bakteriler (Laktobasiller, Bifidobakteri ve Enterokoklar) olduğunu bildirmiştir.

Probiyotiklerin, patojenlere karşı inhibe edici maddeler üretebileceğini ve sindirim sistemini destekleyebileceği ifade edilmektedir. Ayrıca probiyotiklerin su ürünleri üzerinde büyüme performansı ve diğer etkilerinin ortaya konulduğu çalışmaların varlığına da işaret edilmektedir. Genel olarak, su ürünlerinde kullanılan yaygın probiyotikler arasında *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Carnobacterium*, *Shewanella*, *Bacillus*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Bifidobacterium*, *Clostridium* ve *Saccharomyces* genuslarının bulunduğu rapor edilmiştir (Gatesoupe 2007, Allameh vd. 2017).

Dekapod su ürünlerinin bağırsaklarının bağışıklık organı gibi hastalıklara karşı savunma mekanizması görevi yaptığı bilimsel bir gerçek olarak kabul görmüştür. Nitrit ve sülfite stresine akut maruz kalan kırmızı bataklık kerevitinin bağırsak mikrobiyotasının bileşiminde önemli değişikliklerin olduğu, fırsatçı veya patojenik bakterilerin bağırsakta kolonileşme şansını artırdığı belirtilmektedir (Guo vd., 2020). Kırmızı bataklık kerevitinin bağırsak mikrobiyotasına ilişkin bilgilerin sınırlı olduğunu belirten (Zhang vd. 2020) ise beslenmenin ve coğrafik konumun kırmızı bataklık kereviti bağırsak

mikrobiyatısı üzerine etkisini 16S rRNA gen dizilimi yoluyla inceleyerek Proteobacter, Bacteroidetes, Firmicutes, Tenericutes ve RsaHF231 türü bakterilerin baskın olarak bulunduğunu ifade etmektedir (Zhang, 2020).

Procambarus clarkii için bilimsel temelli optimum su ürünleri yetiştiricilik modelini oluşturmak amacıyla, iki farklı stoklama yoğunluğunda (375, 600 kg/ha) ve iki ayrı su yosunu (%20, %35) kaplı gölet sedimentinin mikrobiyal kompozisyonu PCR-DGGE ve DNA dizileme teknolojisi kullanılarak incelenmiştir. Mikrobiyal çeşitlilik ve indeks zenginliğinin en yüksek 600 kg/ha stoklama yoğunluğu ve %35 su yosunu kaplı ortamda gerçekleştiği belirtilmiştir (Qin vd. 2015).

Kabuklular evrimsel süreçte geliştirdikleri bağışıklık sistemi sayesinde kendilerini mikrobiyal enfeksiyonlardan korumuşlardır. Humoral ve hücrel bağışıklık sistemlerinin mikrobiyal saldırı durumunda aktive olduğu ve kendilerini savunma durumuna geçtiği belirtilmektedir. Bu nedenle, bağışıklık mekanizmalarını araştırmak ve anlamak için bağışıklık reaksiyonlarında yer alması muhtemel genleri tanımlamak ve karakterize etmenin son derece önem arz ettiği ifade edilen çalışmalarda yeni nesil dizileme teknolojileri, özellikle mikrobiyal enfeksiyona karşı konakçı hücre savunma mekanizmasına yönelik araştırmalarda sıklıkla kullanılmaya başlandığı ifade edilmektedir (Dai vd. 2017). Kerevit hemositleri hücrel savunma mekanizmalarında ve aynı zamanda humoral savunma moleküllerinin salınmasında önemli olduğu belirtilerek hemosit, profenoloksidaz aktive edici sistemin aktivasyonu, pıhtılaşma (coagulasyon) sisteminin başlatılması ve antimikrobiyal peptitlerin (AMP) üretimi gibi çeşitli immün tepkilerin bu şekilde gerçekleştirildiği ifade edilmektedir. (Jiravanichpaisal vd. 2007).

Kırmızı bataklık kerevitinde (*Procambarus clarkii*) stoklama yoğunluğunun büyüme, biyokütle ve hasat verimi üzerindeki etkisinin araştırıldığı 34 gün süreli çalışmada; yavru kerevitler 3 tekerrürlü olarak m² başına 1, 2, 4, 8 ve 16 adet olacak şekilde pirinç (*Oryza sativa*) ekili, plastik kaplı metal havuzlarda stoklanmıştır. Başlangıç stoklama boyu ortalama 35±1,5 mm olan kerevitlerin toplam uzunluk ve ağırlık artışının stoklama yoğunluğundan önemli ölçüde etkilendiği (p<0,01), 1 adet/m² stoklanan kerevitler için

20,7 g, 16 adet/ m² stoklanan kerevitler için ise 6.3 g canlı ağırlık elde edildiği ifade edilmiştir (Lutz ve Wolters 1986).

Tatlı su ekosistemleri, çeşitli tehditlerle karşı karşıya kalmakta olup, bu durum küresel olarak yaygın bir endişe kaynağıdır. Xu vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışma, bu ekosistemler üzerinde hâlâ tam olarak anlaşılamayan faktörlerden birinin kuraklıkla ilişkili riskler olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle su kıtlığına maruz kalan kerevit türlerinin bağışıklık fonksiyonları ve metabolizmaları üzerindeki etkileri histolojik ve metabolomik analizler kullanılarak incelenmiştir. Araştırmada, beş günlük kuraklık maruziyeti sonrasında toplam hemosit sayısında (THC) önemli bir azalma ve fagositozda %66 oranında bir düşüş gözlemlenmiştir. Ayrıca, hepatopankreasta histolojik bozukluklar ve metabolizma değişikliklerinin tespit edildiği belirtilmiştir (Xu vd. 2022).

Mona vd. (2000), kabuklu deniz ürünleri etinin kimyasal bileşimi ile ilgili birçok araştırmanın yürütüldüğünü, *Astacus leptodactylus* ve *A. astacus* etlerinin kimyasal bileşimi üzerine çalışmaların yoğunlaştığını, ayrıca *Procambarus clarkii* türünün kimyasal bileşiminin de birçok araştırmacı tarafından incelendiğini ifade etmişlerdir. Mısır'daki, Nil Deltası'nın önemli bir üyesi haline gelen kırmızı bataklık kerevitinin kaslarının bileşiminin ele alındığı çalışmalarında erkeklerin et veriminin dişilere göre daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmada, kırmızı bataklık kereviti kas dokusunu kuru madde bazında da incelemişlerdir. Çalışma, erkek *P. clarkii*'nin kas dokusunda, 100 g kuru madde üzerinden 7 g nem, 62,2 g protein, 3,1 g yağ, 10,2 g kül ve 17,5 g karbonhidrat bulunduğunu, dişilerde ise, 5,6 g nem, 58,6 g protein, 1,8 g yağ, 8,6 g kül ve 25,5 g karbonhidrat saptamışlardır. Bu bulguların, kırmızı bataklık kerevitinin, özellikle yüksek protein içeriği açısından önemli bir besin kaynağı olduğunu ve cinsiyetler arasında belirgin farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Dekapodlarda hepatopankreas, memelilerdeki karaciğer ve pankreasın işlevlerine benzer şekilde çalışır ve sindirim enzimlerini üretir. Hepatopankreas hem sindirim hem de metabolik süreçler için kritik bir organdır. Sindirim enzimleri salgılayarak besinlerin parçalanmasını sağlar ve bu sayede besin maddelerinin emilimini kolaylaştırır. Hepatopankreasın birincil işlevi, sindirim enzimlerinin üretimi ve salgılanmasıdır. Bu

enzimler, proteinlerin, karbonhidratların ve yağların parçalanmasını sağlar. Özellikle, amilaz, lipaz ve proteaz gibi enzimler, besinlerin sindirilmesi için gereklidir. Bu organ, sindirim süreçlerinin yanı sıra, besin maddelerinin depolanması ve metabolik atıkların detoksifikasyonu için de önemlidir. Dekapodlar, diğer canlılar gibi yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için gerekli enerjiyi protein, karbonhidrat ve yağlardan elde ederler. Bu besin maddeleri, metabolik süreçlerde enerji üretimi için kullanılır. Kabukluların hemolenf sıvısında bulunan temel monosakkarit glikozdur ve bu molekül, hücresel enerji üretiminde önemli bir rol oynar. Glikoz, mukopolisakkarit, kitin ve glikojen sentezlerinde, piruvat oluşumunda ve temel enerji kaynağı olarak kullanılır (Brown 1995, Hammer vd. 2000).

Mona vd. (2015), *P. clarkii* juvenillerini %1, 2, 3 probiyotik (Biogen), sarımsak ve ayrık otu içeren farklı deneysel yemler ile 6 hafta süreyle beslemişlerdir. %1 probiyotik, %1 ve %2 sarımsak ve ayrık otu içeren yemler ile beslenenlerin yalnızca kontrol bazal yemi tüketenlerle karşılaştırıldığında hayatta kalma, spesifik büyüme oranı ve canlı ağırlık bakımından istatistiksel anlamda önemli ve daha iyi performans sergilediklerini açıklamışlardır ($p<0.05$). Toplam hemosit (THC) sayısının da %1 ve %3 Biogen® ile 6 haftalık beslenmeden sonra kontrol ile sarımsak ve ayrık otu katkılı diyetlere oranla önemli ölçüde arttığına işaret etmişlerdir ($p<0.05$). Araştırmacılar, yeme Biogen®, sarımsak, ayrık otu dahil edilmesinin, *P. clarkii* yavrularının büyümesini ve bağışıklık tepkisini iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermişlerdir.

Gibbons ve Murray (1978), tarafından yayınlanan eserde genel olarak Firmicutes filumunun, en büyük gruplardan biri olduğunu bildirmişlerdir. Galperin (2016), Firmicutes filumu içinde *Bacillus subtilis* iyi tanınan probiyotikler içerisinde yer alsa da *Bacillus anthracis*, *Clostridium difficile*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* ve *Listeria monocytogenes* gibi bazı patojenleri de içerdiğinin bilinmekte olduğunu not etmişlerdir. Skennerton vd. (2016), Tenericutes hücre duvarı olmayan ve tipik olarak paraziter veya ökaryotik olarak kommensal yaşayan bir bakteri sınıfıdır. Çevresel 16S rDNA araştırmaları neticesinde herhangi bir biçimde konakla ilişkili olmayan, serbest yaşayan tenericutes varlığının saptandığını kaydetmişlerdir.

Shui (2020), Entegre kerevit-pirinç modelinde çevresel etkilerin bağırsak mikrobiyota varlığını ve çeşitliliğini etkilediğini ifade etmiştir. Çalışma modelinde yetiştirilen *Procambarus clarkii* türünün bağırsaklarındaki bakteri çeşitliliğini ve fonksiyonlarını araştırmak için 16S rRNA analizi kullanmıştır. En yaygın filumların Actinobacteria, Proteobacteria, Tenericutes, Firmicutes ve Bacteroidetes olduklarını ifade etmiştir.

Foysal vd. (2020), en güçlü iki probiyotik bakteri (*Lactobacillus acidophilus* ve *Lactobacillus plantarum*) türünün kırmızı bataklık kerevitinin genel sağlık ve bağışıklığı üzerine etkilerini laboratuvar koşullarında araştırmışlardır. 60 gün boyunca 10^9 cfu/mL/kg yem katkılı yemle beslenen kerevitlerin son canlı ağırlıklarının önemli bir farklılık göstermediğini, ancak probiyotik yemleri tüketen kerevitlerin bazı hemolenf parametrelerinin ve abdominal kasının biyokimyasal bileşiminin önemli ölçüde artış gösterdiğini ifade etmişlerdir. Probiyotik bakterilerin kerevitlerin sindirim kanalı içeriğindeki mikrobiyal toplulukların önemli ölçüde değişmesini tetiklediğini, *Lactobacillus* katkısının, genel olarak sağlıklı kalmayı, bağışıklığın artmasını ve bağırsak mikrobiyotası çeşitliliğini modüle etmede rol oynayabileceğini bildirmişlerdir.

Xie vd. (2021), *P. clarkii* türünün beş farklı büyüme evresinde (birinci, ikinci, üçüncü yavru, genç ve yetişkin) aldıkları bağırsak örneklerinden, kerevitlerin bağırsak mikrobiyomunu belirlemek amacıyla Illumina MiSeq yüksek verimli sıralama platformu aracılığıyla analiz etmişlerdir. Kerevitin büyümesiyle birlikte mikrobiyotanın göreceli bolluğunun evreler arasında değişim gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Erken gelişim aşamalarındaki kerevitlerin bağırsak mikrobiyota bileşimlerinin benzerlik gösterdiklerini rapor etmişlerdir. Büyüyüp gelişim ilerledikçe bağırsak mikrobiyotasının bileşimi ve işlevinin de değiştiğini kaydetmişlerdir.

Wu vd. (2021), dekapod hepatopankreasında bulunan sinbiyotik mikroorganizmaların konağın genel sağlığını korumadaki hayati rolleri konusunda artan bilgi eksikliğini gidermek için katkıda bulunulması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu noktada *Procambarus clarkii* hepatopankreasındaki sinbiyotik mikrobiyota hakkında bilginin çok sınırlı olduğunu da kaydetmişlerdir. Araştırmalarında sağlıklı, anoreksik, ölmek üzere ve beyazımsı kas patolojisi gibi farklı patolojiler gösteren kerevitlerin hepatopankreas bakteri

çeşitliliğini moleküler yöntemle saptamışlardır. Sonuçlar, sağlıklı kerevitlerin hepatopankreatik mikrobiyotasının Firmicutes, Proteobacter ve Bacteroidota filumlarınca bolluk gösterdiğini bildirmişlerdir. Kerevitlerin sağlık durumunu değerlendirmek için hepatopankreas mikrobiyomu ile ilgili çalışmaların yapılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Xu vd. (2021), probiyotik A23 suşunu sağlıklı *P. clarkii* bağırsağından izole ettiklerini, bunu biyokimyasal ve 16S rDNA dizileme analizi sonrası *Bacillus amyloliquefaciens* olarak tanımladıklarını, güvenliğini hemolitik ve antibiyotik duyarlılık testi ile ortaya koyduklarını açıklamışlardır. Gerçekleştirdikleri besleme deneyleri, probiyotik takviyesinin bağırsak sindirim enzimi aktivitelerini, doğuştan gelen bağışıklık enzim aktivitelerini ve beyaz benek sendromu virüsüne (WSSV) karşı direnci etkili bir şekilde artırdığını ifade etmişlerdir. Filum düzeyinde 10^8 cfu/g probiyotik takviyesi ile Proteobacter bolluğu azalırken, Firmicutes ve Bacteroides bolluğunun arttığını, bu nedenle umut verici bir probiyotik adayı olarak tanımlanabileceğini bildirmişlerdir.

Chen vd. (2021), bağırsak mikroorganizmalarının yapısı ile işlevinin, konağın metabolizması, gelişimi, fizyolojisi ve sağlığı ile yakından ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Kırmızı bataklık kerevitinin havuzlar ve pirinç tarlalarında yetişenlerinin bağırsaklarındaki mikrobiyotanın taksonomik kompozisyonunu ve fonksiyonel çeşitliliğini ortaya çıkarmak için analizler uygulamışlardır. Sonuçları; Firmicutes ve Proteobacter filumlarının en yaygın iki mikrobiyal grup olduğunu, Proteobacter filumunun pirinç tarlalarındaki kerevitlerde havuzlardakine göre daha yüksek bulunduğunu rapor etmişlerdir.

Safari vd. (2022), *Chlorella vulgaris* unu ile balık unu ikame seviyelerinin (%25, 50, 75 ve 100) yavru *Pontastacus leptodactylus* kerevitinin büyüme performansı, besin sindirilebilirliği, bağışıklık tepkileri ve stres direnci üzerindeki etkisini incelemek için 63 günlük bir besleme denemesi yapmışlardır. $6,19 \pm 0,13$ g başlangıç canlı ağırlığına sahip olan kerevitlerin 63 gün sonra 12.40 g (kontrol grubu) canlı ağırlığa ulaştığını, Balık unu yerine %75 *Chlorella* ilave edilmiş gruptaki kerevitlerin ise 25,52 g canlı ağırlığa ulaştıklarını belirtmişlerdir. Bu grubun spesifik büyüme oranının %2,24 g/gün, protein etkinlik oranının 3,24 ve yem değerlendirme oranının 1,49 olarak bulunduğunu

açıklamışlardır ($p<0,05$). Balık unu yerine *Cholerella* unu ikame düzeyinin artmasıyla; *Lactobacillus* sayısında bir artış eğilimi ($r^2=0,99$) ve *Escherichia coli* sayısında ise bir azalma eğilimi ($r^2=0,97$) belirlediklerini bildirmişlerdir. Kırık çizgi regresyon modeline göre kerevitlerin maksimum spesifik büyüme oranı ve ağırlık kazancı ve en iyi FCR değerleri için *Chlorella* ununun balık unu yerine kullanılabilme düzeylerinin sırasıyla %85,49, %78,14 ve %78,13 olarak tahmin edildiğini kaydetmişlerdir.

Yang vd. (2022), kırmızı bataklık kerevitinde görülen bir hastalığın etiyolojisini tanımlamak için hepatopankreas dokudan bakteri izole etmişler, biyokimyasal tanımlama ve 16S rDNA dizilimi esas alınarak *Aeromonas veronii* etkeninin sorumlu olduğunu saptamışlardır. *A. veronii* enfeksiyonundan sonra hepatopankreas tübüleri arasındaki bağlantıların kaybolduğunu, fırça kenarlarında vakuollerin ortaya çıktığını ve mitokondri büyüdüğünü belirtmişlerdir. Daha önce tanımlanan *B. subtilis* CK3'ün suya eklenmesi ile *A. veronii* patojenine karşı antagonistik etkisi de tespit edildiğini kaydetmişlerdir. Sonuçlarının kerevit bakteriyel hastalıklarının önlenmesi ve kontrolü için yeni bir yol sağlayacağını ve aynı zamanda kerevitin sağlıklı yetiştirilmesi için destek sağlayacağını ifade etmişlerdir.

Hernández-Pérez ve Söderhäll (2023), tarafından yapılan çalışmada, kerevitlerin bağırsak mikrobiyotasının beslenme ve çevresel faktörlere bağlı olarak esneklik gösterdiği ortaya konulmuştur. Mikrobiyota, probiyotik potansiyeli taşıyan bakterileri de içerebilir ve bu bakteriler, sucul organizmaların büyüme ve gelişimini destekleyici rol oynayabilirler. Endüstriyel su ürünleri yetiştiriciliğinde verim için mikrobiyotanın kontrol edilmesi, ciddi sağlık sorunlarını önleme noktasında önem arz etmektedir.

Zhu vd. (2023), decapod yetiştiriciliğinde, balık orijinli probiyotiklerin etkinliklerini araştırmak için gerçekleştirdikleri çalışmada; 28 gün boyunca *P. clarkii* türü için yem katkı maddesi olarak farklı oranlarda *Bacillus amyloliquefaciens* ve *Lactococcus lactis* (10^6 , 10^7 ve 10^8 cfu/g) uygulamasının etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar büyüme ve sindirim kanalı mikroorganizma çeşitliliğindeki değişimi açıklamaya çalışmışlardır. 10^8 cfu/g *B. coagulans* ve *L. lactis* ilaveli yemle beslenen kerevitlerin son canlı ağırlık, ağırlık kazancı ve spesifik büyüme oranının (SGR) kontrol grubuna kıyasla

önemli ölçüde daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, probiyotik eklenen grupların çoğunda faydalı etkiler izledikleri için pratik uygulamalarda bunların potansiyel yem katkı maddesi olarak ele alınabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Yang vd. (2024), kırmızı bataklık kereviti sindirim sisteminin yemek borusu, mide, orta bağırsak, son bağırsak ve hepatopankreastan oluştuğunu Mide ve bağırsakların internal epitelyal yüzeyinin yemek borusuna benzediğini ifade etmişlerdir. Sindirim bezlerini temsil eden hepatopankreas, her iki taraftaki orta bağırsağı kapsayacak şekilde bir alan genişlettiğini bu özelliği ile sindirim ve emilim için gerekli olan hepatik kanalların varlığını göstermişlerdir.

Ying vd. (2024), inaktif *Lactobacillus plantarum* ve metabolitlerinin kırmızı bataklık kerevetinde büyüme performansı ve bağırsak sağlığı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Başlangıç ağırlığı 8.16 ± 0.23 g olan kerevitleri; 0 (kontrol grubu), 300 (LPM-300 grubu), 600 mg/kg (LPM-600 grubu) *L. plantarum* ve metabolitini (LPM) içeren üç farklı yem ile 42 gün süreyle beslemişlerdir. Probiyotik ve metabolit katkılı yemle beslenen kerevitlerin canlı ağırlık artış oranı, spesifik büyüme oranı, protein etkinlik oranının kontrol grubuna göre önemli ölçüde yüksek olduğunu ($p < 0.05$), yem değerlendirme katsayısının ise kontrol grubuna göre önemli ölçüde düşük olduğunu saptamışlardır. Diyetle 600 mg/kg LPM ilaveli yemlerle beslenen kerevitlerin ham protein, ham yağ ve ham kül içerikleri bakımından da kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde yüksek bulunduğunu rapor etmişlerdir ($p < 0.05$). Kontrol grubu ve deney grubundaki kerevit hepatopankreas dokularında patolojik değişiklik izlememişler, LPM-300 grubundaki B hücrelerinin, F hücrelerinin ve R hücrelerinin sayısının, kontrol grubundakilere oranla fazla olduğunu da bildirmişlerdir.

Sonuç olarak, Hou vd. (2023), özellikle bir decapod olan Çin yengesinde (*Eriocheir sinensis*) Firmicutes, Bacteroidetes ve Proteobacter gruplarının oransal olarak diğer gruplara göre mikrobiyom kompozisyonundan yüksek oranda tanımlandıkları bildirilmişlerdir. Araştırmacılar, Çin'de en çok yetiştiriciliği yapılan Çin yengecinin sindirim kanalı içeriğindeki en bol bakteri filumlarının önceki çalışmalara benzer biçimde

Firmicutes, Bacteroidetes ve Proteobacter gruplarından oluştuğunu ifade etmişlerdir. Sıcaklığın düşük olduğu dönemlerde Patescibacteria grubunun dominat bakteri olduğunu, yeme L-triptofan ilavesinin sıcaklık artışıyla Cyanobacteria ve Desulfobacterota gruplarının nispi bolluğunu önemli ölçüde arttırdığını, sıcaklık düşmesiyle birlikte ise Actinobacteriota grubunda önemli ölçüde azalma gösterdiğini kaydetmişlerdir. Genel olarak aminoasit katkılı yemle beslenmiş yengeçlerde Cyanobacteria oranının artmış olduğunu, bunun da Fiore vd. (2015)'e göre Cyanobacteria filumunun özellikle triptofan amino asidini kullanarak gelişmesine bağlamışlardır. Sun vd. (2021) Cyanobacteria filumunun balık, karides, yengeç ve istiridyelerde yüksek bollukta olduğuna işaret etmişlerdir. Ancak Wu vd. (2018) sindirim kanalında Cyanobacteria grubunun düşük seviyelerde kalmasının beyaz karidesin (*Litopenaeus vannamei*) büyüme ve bağışıklığı ile ilişkilendirildiğini, düşük Cyanobacteria düzeyinin gelişimi pozitif yönde etkileyeceğini rapor etmişlerdir. Khan vd. (2021), Desulfobacterota filumunda yer alan bakterilerin genel metabolizma faaliyetlerini desteklemeleri yanında amino asit, bütirik, asetik ve propiyonik asit metabolizmalarını da regüle edilmesinde önemli işleve sahip olduklarını ileri sürmüşlerdir. Xu vd. (2020), Actinobacteriota filumunun küt burun mercan balığının (*Megalobrama amblycephala*) bağırsağında antimikrobiyal maddeler ile patojen sınırlayıcı metabolitlerin salınımı arttırdığını, bu sayede Actinobacteriota grubunun hastalık yapıcılarla savaşta önemli bir rol üstlenebildiği konusunda yorum yapmışlardır.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Deneme yeri ve materyali

Araştırma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü bünyesinde Balıkçılık Biriminde yürütülmüştür. İki aşamalı yürütülen çalışmada Deneme I için 18, Deneme II için 12 adet aralarında su geçişi olmayan, birbirinden bağımsız 46 L hacimli, şeffaf polietilen tanklar kullanıldı. Bu tankların taban alanları 0,1925 m² (55x35 cm) kadardır.

“Balıkçılık Biriminde akvaryum ünitesinde yetiştirilen eklem bacaklı grubundan (Crustacea) kırmızı bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*) anaçlardan elde edilen yaklaşık 0,231-0,247 g canlı ağırlığa ulaşmış yavrular canlı organizma olarak kullanılmıştır. Probiyotik karışımı olarak, ticari bir solüsyon olan Olvit 1 mL/100 L (Humat Kimya, Kocaeli, 1x10⁹ cfu/mL *Lactobacillus plantarum*, *L. acidophilus*, *L. salivarius* ve *Bacillus subtilis*) kullanılmıştır.

3.1.2 Deneme yemi ve yapımı

Deneme yemi olarak 1210713 numaralı TÜBİTAK 1001, projesi için hazırlanan yem kullanılmıştır. Bu yem karides ve kerevitlerin beslenmesine yönelik önerilen yem formülasyonlarına uygun olarak Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi (TOGÜ), Ankara Üniversitesi ve Prof. Dr. Derya GÜROY'un (Yalova Üniversitesi) destekleri alınarak üretilmiştir (NRC, 2011). Kullanılan yem hammaddeleri, bir değirmen aracılığıyla ince bir un kıvamına (<100-150 µm) getirildikten sonra önce makro, ardından mikro bileşenler eklenmiştir. Yem karışımı, laboratuvar tipi bir mikserde iyice karıştırıldıktan sonrası ilave edilerek hamur haline getirilmiş ve soğuk ekstrüzyon yöntemiyle 1,2 mm çapında (3-4 mm uzunluk) peletler haline getirilmiştir. Peletlerin jelatinleşmesi için basınçlı buhar pişiricisinde 1 atmosfer basınç altında 20 dakika pişirilmiştir. Yemlerin kurutma işlemi

havalandırılmalı etüvde 40°C'de sabit bir nem oranına ulaşana kadar sürdürülmüş ve kullanılabilecek kadar -18°C'de saklanmıştır. Deneme yem içeriği Çizelge 3.1 de, Amino asit profili 3.2 de ve yağ asit profili 3.3 de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Deneme yeminin içeriği

Ham maddeler	%
Balık unu	24,2
Soya protein konsantresi	4
Soya küspesi unu	8
Buğday glüten	1
Mısır glüten	12
Bezelye protein konsantresi	2
Buğday unu	33,4
Bonkalite	5
Balık yağ: Soya yağ (1:1)	6,2
Vitamin karışımı	0,5
Mineral karışımı	0,2
Vitamin C	0,1
Guar gum	3
Klosterol	0,4
Toplam (~)	100
Besin bileşenleri*	%
Ham protein	35,09±0,31
Ham yağ	10,37±0,48
Ham kül	7,42±0,18
Ham selüloz	1,99±0,19
Nem	11,12±0,48
Hesaplanan karbonhidrat	34,01

*121O713 numaralı TÜBİTAK 1001, projesi için hazırlanan yem kullanılmıştır. Sonuçlar ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 3.2 Deneme yeminin amino asit profili

Amino asit (mg/g)*	%35 Proteinli deneysel yem
Metiyonin	0,76
Sistin	0,47
Lizin	2,21
Triptofan	0,26
Treonin	1,10
İzolösin	1,40
Histidin	0,95
Valin	1,54
Lösin	3,02
Arjinin	1,72
Fenilalanin	2,41

*121O713 numaralı TÜBİTAK 1001, projesi için hazırlanan yem kullanılmıştır. Sonuçlar ortalama olarak verilmiştir.

Çizelge 3.3 Deneme yeminin yağ asit profili

Yağ asiti (mg/g)*	%35 Proteinli deneysel yem
12:0	0,09±0,01
13:0	0,15±0,01
14:0	1,51±0,06
15:0	0,57±0,02
16:0	11,70±0,46
17:0	1,24±0,12
18:0	8,09±0,11
20:0	0,08±0,02
21:0	0,09±0,04
22:0	0,95±0,06
23:0	0,44±0,02
24:0	0,81±0,07
ΣSFA	27,88
14:1 n-9	0,00±0,00
15:1 n-9	0,00±0,00
16:1n-7	5,66±0,37
17:1 n-9	0,36±0,03
18:1n-9t	0,33±0,03
18:1n-9c	10,37±0,04
20:1n-9	0,68±0,04
22:1 n-9	0,28±0,01
24:1 n-9	2,08±0,17
ΣMUFA	20,49
18:2n-6t	0,89±0,04
18:2n-6c	1,13±0,04
18:3n-6	0,53±0,01
20:2n-6	0,66±0,04
20:4n-6	6,36±0,03
Σn-6	9,81
18:3n-3	0,27±0,02
20:3n-3	1,50±0,01
20:5n-3	11,08±0,01
22:6n-3	7,64±0,01
Σn-3	20,69
ΣPUFA	30,50
n-3/n-6	2,11

*121O713 numaralı TÜBİTAK 1001, projesi için hazırlanan yem kullanılmıştır. Sonuçlar ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir. ΣPUFA: 18:2n-6 t, 18:3n-3, 18:3n-6, 20:2n-6t, 20:2n-6c, 20:4n-6, 20:3n-3, 20:5n-3, 22:6n-3

3.1.3 Denemede kullanılan araç ve gereçler

Tank (46 L), dinlendirilmiş tatlısu, hava motoru, hava hortumu, sünger filtre, saklanma materyali (kerevit stok oranı kadar plastik/PVC koyu renkli boru 3 cm çaplı), çözünmüş oksijen, sıcaklık, pH ölçüm cihazı (YSI model), toplam amonyak azotu, nitrit ve nitrat azotu tayin cihazı (Hanna İris Fotometre), Bazal yem (%35-38 ham proteinli), hassas terazi (0.000 g), milimetre taksimatlı cetvel ve diğer laboratuvar sarf malzemeleri denemede kullanılan diğer materyallerdir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Deneme planı

Su ürünleri yetiştiriciliğinde sürdürülebilir yöntemlerin geliştirilmesine katkıda bulunmak üzere, kırmızı bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*) yetiştiriciliğinde sınırlı su değişim senaryolarının etkilerinin yetiştiricilik verimi üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Buna göre her biri 84 gün süren iki aşamalı çalışma planı yapılmıştır.

3.2.1.1 Deneme I planı

Deneme I'de 18 adet tankın her birine 10'ar adet olmak üzere toplam 180 adet kerevit kullanılmıştır. 84 gün sürdürülen ilk denemede haftalık olarak %1, 3 ve 6 düzeyinde 3 farklı su yenilemesi grubu oluşturuldu. Grupların her biri üçer tekerrürlü olacak şekilde planlandı. Bu su yenilemesi oranları korunarak bir diğer üçer tekerrürlü 3 grup daha oluşturulmuştur. Bu gruplara aynı oranda probiyotik karışımı (1×10^9 cfu/mL/100 L su) ilave edilmiştir. Böylece Deneme I için toplamda üçer tekerrürlü 6 grup oluşturulmuştur. Bu deneme için birbirine su geçişi olmayan 46 L hacimli şeffaf polietilen tanklar kullanılmıştır. Bu tankların taban alanları $0,1925 \text{ m}^2$ (55x35 cm) kadardır. Her bir tanka 10 adet kerevit stoklandığı için stok oranı $51,95 \text{ adet/m}^2$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 Deneme I planı (6 grup, 3 tekerrürlü, 84 gün)

Gruplar	Stok oranı	Tekerrür	Toplam
1SY (%1 SY, su yenilemesi/hafta)	10 adet/0,18 m ² , 46 L (51,95 adet/m ²)	3	30
3SY (%3/hafta)	10 adet/0,18 m ² , 46 L (51,95 adet/m ²)	3	30
6SY (%6/hafta)	10 adet/0,18 m ² , 46 L (51,95 adet/m ²)	3	30
1SYP (% 1SY/hafta+ Probiyotik karışımı, 1x10 ⁹ cfu/mL/100 L su)	10 adet/0,18 m ² , 46 L (51,95 adet/m ²)	3	30
3SYP (%3/hafta+ Probiyotik karışımı, 1x10 ⁹ cfu/mL/100 L su)	10 adet/0,18 m ² , 46 L (51,95 adet/m ²)	3	30
6SYP (% 6SY/hafta+ Probiyotik karışımı, 1x10 ⁹ cfu/mL/100 L su)	10 adet/0,18 m ² , 46 L (51,95 adet/m ²)	3	30
Toplam kerevit sayısı			180

3.2.1.2 Deneme II planı

Birinci deneme tamamlandıktan sonra yetiştiricilik performansı değerlendirmesi yapılarak ilk denemeden elde edilen en iyi sonucu veren su yenileme oranı kullanılarak ikinci bir deneme planlanmıştır. %1, 3, 6 gibi farklı su yenileme oranlarının tek başına ve probiyotik katkısıyla beraber uygulandığı ilk deneme verileri değerlendirilmiş ve en ideal yetiştiricilik verimine %3 su yenilemesi koşullarında probiyotik ilavesi ile ulaşıldığı neticesine varılmıştır. Elde edilen bu netice çerçevesinde gerçekleştirilen ve 84 gün sürdürülen ikinci denemede; Deneme I'den elde edilen en iyi uygulama dört farklı artan stok oranında test edilmiştir.

Deneme II kapsamında artan stok oranlarının kerevit yetiştiriciliğinde yetiştiricilik verimi üzerine etkilerini test etmek için tankların her birinde 10, 15, 20, 25 adet olmak üzere (51,95, 77,93, 103,90 ve 129,88 adet/m²) üç tekerrürlü denemede toplam 210 adet kerevit kullanılmıştır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5 Deneme II planı (4 grup, 3 tekerrürlü, 84 gün)

Gruplar (Deneme I'den elde edilen en iyi uygulama)	Stok oranı	Tekerrür	Toplam
3SYP: S10	10 adet/0,18 m ² , 46 L (51,95 adet/m ²)	3	30
3SYP: S15	15 adet/0,18 m ² , 46 L (77,93 adet/m ²)	3	45
3SYP: S20	20 adet/0,18 m ² , 46 L (103,90 adet/m ²)	3	60
3SYP: S25	25 adet/0,18 m ² , 46 L (129,88 adet/m ²)	3	75
Toplam kerevit sayısı			210

Deneme I için 0,241-0,247 g ağırlığında, Deneme II için ise 0,231-0,247 g ağırlığında kerevit juvenilleri kullanılmıştır. Kerevitler günde 2 kez vücut ağırlıklarının %5 kadar %35 ham proteinli deneme yemi (121O713 numaralı TÜBİTAK 1001, projesi için hazırlanan yem kullanılmıştır) ile beslenmişlerdir. 21 günde bir yapılan ölçümler ile verilecek yem miktarı ayarlaması gerçekleştirilmiştir. Tüketilmeyen yemler tanklardan sifon yardımı ile haftada bir kez su yenilemesi ile uzaklaştırılmıştır. Her tankta hava taşı ile havalandırma yapılmıştır. Su sıcaklığı, pH ve çözünmüş oksijen günlük olarak saptanmıştır (N:84).

3.2.2 Denemede kullanılan suyun kalite özelliklerinin belirlenmesi

Günlük olarak çözünmüş oksijen, sıcaklık, pH ölçümleri dijital göstergeli prob kullanılarak (YSI model) belirlenmiştir (N:84). Haftalık olarak da toplam amonyak azotu, nitrit ve nitrat azotu analizleri spektrofotometrik yöntemin uygulandığı (Hanna İris Fotometre) kitlerle, ORP (Oksidasyon indirgeme potansiyeli, Pinpoint Orp Monitor, Amerikan Marine Inc, ABD) ölçümü yapılmıştır (N:12).

3.2.3 Büyüme performansının belirlenmesi

84 gün süreyle yapılan çalışmada büyüme performansı, 21 günde bir biyomas ölçümü ile yem ayarlaması ve deneme sonunda da son canlı ağırlık ve diğer parametrelerin

hesaplanması için 0,001 g hassasiyetli terazi ile yapılmıştır. Tartımlardan önce kerevitler 1 gün aç bırakılmıştır. Elde edilen veriler aşağıdaki formüllerle değerlendirilmiştir.

BCA (g): Başlangıç canlı ağırlık, SCA (g): Son canlı ağırlıktır.

Yem tüketimi = Toplam harcanan yem miktarı / biomass

CAK (g): Canlı ağırlık kazancı = SCA- BCA

HCAK: Haftalık canlı ağırlık kazancı =CAK/7

SBO (%/gün): Spesifik büyüme oranı, $[ln (SCA) - ln (BCA)] / \text{deneme süresi} \times 100$

PER: Protein etkinlik oranı = CAK / protein tüketimi

FCR: Yem değerlendirme oranı = (CAK / yem tüketimi) x 100

YO: Yaşama oranı (%) = Son YO - Başlangıç YO

3.2.4 Besin madde bileşen analizleri

Yem ve kerevit örneklerine uygulanmıştır. Ötenazi (buzlu su) sonrası, kerevitlerden abdominal kas alınmıştır. Örnekler -24°C'de saklanmış daha sonra besin madde bileşen analizi, AOAC (2000) prosedürlerine göre yapılmıştır.

Nem Tayini: Örnekler, ağırlık kaybolana kadar 105°C'deki bir fırında kurutularak tartılmıştır. Nem oranı; ((örneğin kurutulmuş ağırlığı - örneğin yaş haldeki ağırlığı) / örneğin yaş haldeki ağırlığı x 100) formülü ile hesaplanmıştır (AOAC 2000).

Ham Protein Tayini: Örneklerin protein değerleri Kjeldahl yöntemi ile tespit edilmiştir. Örnekler (0,5 g), Kjeldahl sindirim tüplerine yerleştirilmiş, üzerine bir Kjeldahl katalizör tableti ve 15 mL sülfürik asit eklenmiş ve ardından belirli bir sıcaklıkta sindirilmiştir. Sindirim sonrası, distilasyon ve nötralizasyon işlemleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar 0,1 molar HCl ile titrasyon yapılarak belirlenmiştir. Protein miktarı; [(titrasyon için harcanan asit miktarı - kör değer) x 14,007 x 6,25 x 0,1 / örneğin ağırlığı x 100] formülü ile hesaplanmıştır (AOAC 2000).

Ham yağ tayini: Örneklerdeki yağ miktarı, Sokslet ekstraksiyon cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Önce, kuru örnekler sokslet kartuşuna yerleştirilmiş ve petrol eteri ile ekstraksiyon yapılmıştır. Bu işlem sonrasında elde edilen yağ miktarı, örnek ağırlığına oranlanarak $\% \text{ Ham yağ} = (\text{Toplanan yağ miktarı} / \text{örneğin ağırlığı}) \times 100$ olarak hesaplanmıştır (AOAC 2000).

Ham kül tayini: Örnekler, kül fırınında yüksek sıcaklıkta yakılarak küllendirilmiştir. Porselen kapta elde edilen kül miktarı örneğin kül içeriğini göstermekte olup, $\% \text{ Ham kül} = (\text{elde edilen külün ağırlığı} / \text{örneğin ağırlığı}) \times 100$ formülü ile hesaplanmıştır (AOAC 2000).

Yağ asitleri ve amino asit analizleri: Yağ asitleri, örneklerden kloroform:metanol karışımı kullanılarak elde edilmiş ve gaz kromatografisinde ayrılmıştır. Amino asitler için, örnekler önce 6 N HCl ile hidrolize edilmiş, sonra buharlaştırma ile kurutulmuş ve analize uygun hale getirilmiştir.

3.2.5 Toplam hemosit sayısı (THC)

Kırmızı bataklik kerevitlerinden alınan hemolenf örnekleri, antikoagülan içeren bir enjektör (3 ml, BDMicroFine, antikoagülan: 26 mM sitrik asit, 100 mM glikoz, 450 mM NaCl, 30 mM trisodyum sitrat, 10 mM EDTA, pH 4.6) ile ventral sinüsünden toplanmıştır (Ötenazi, buzlu su uygulaması sonrası). Her tekerrür için iki adet örnek alınmıştır. Toplam hemosit sayımı, Neubauer sayma kamarası kullanılarak mikroskop altında gerçekleştirilmiştir (Söderhäll ve Smith 1983).

3.2.6 Hepatopankreas histomorfolojisi

Ötenazi (buzlu su) sonrası, karapaks altından hepatopankreas dokuları pens yardımıyla çıkartılmış ve etiketlenmiş plastik kapaklı 10 mL kaplara 1/20 oranında tamponlu formaldehit içinde fikse edilmiştir. 48 saat sonra, dokular histolojik takip için etiketlenerek doku takip kasetlerine yerleştirilmiştir. Dokular, artan konsantrasyonlardaki

etanol (%70-96) ile dehidrate edilmiş, ksilen serileri ile şeffaflaştırıldıktan sonra parafin serileri kullanılarak, parafin içine gömülmüştür. Daha sonra, Thermo Shandon mikrotom ile yaklaşık 5 µm kalınlığında kesitler alınmış, deparafinizasyon ve hidrasyon işlemleri yapıldıktan sonra hematoksilen ve eosin ile boyanarak entellan ile kapatılmıştır. Kesitler, Olympus trinoküler ışık mikroskobu (CX23) ile incelenmiş ve Olympus EP50 mikro kamera ile mikrofotograflar kaydedilmiştir (Johnson, 1980, Genc vd. 2007, Vogt 2019, Hersi vd. 2023).

3.2.7 Bağırsak içeriğinden mikrobiyota tayini

Mikrobiyota analizleri süreci detaylı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Buna göre her bir örnek, 2 mL Fix RNA (EuRx) solüsyonu içeren steril tüplerde -20°C'de saklanmıştır. DNA ekstraksiyon işlemi, bağırsak içeriğinden doğrudan EuRx (Doku ve Bakteriyel DNA Saflaştırma) Kiti kullanılarak üretici talimatlarına uygun olarak yapılmıştır. DNA'nın kalitesi ve miktarı, SPECTROstar Nano Spektrometre ile ölçülmüştür. Mikrobiyal toplulukların analizi için, her örneğin 16S rDNA V3 ve V4 bölgeleri zenginleştirilmiştir, bu amaçla 16sV3F ve 16sV3R evrensel bakteriyel primerleri (16sV3F:ACTCCTACGGGAGGCAGCAGT ve 16sV3R: ACCGCGGCTGCTGGCAC) kullanılmıştır. PCR işlemi, 94°C'de 2 dakika süren bir başlangıç ısıtma adımıyla başlamış ve 35 döngü boyunca 94°C'de denatürasyon, 53°C'de eşleşme ve 72°C'de uzatma adımlarıyla devam etmiştir (Çelik ve Keskin 2022). Reaksiyon sonunda, 72°C'de 5 dakika süren bir son uzatma adımı yapılmıştır. Reaksiyon karışımı, 5× Promega Renksiz GoTaq Flexi tamponu, DNA, MgCl₂, dNTP, primer ve Taq DNA polimeraz içermektedir. Dizi kütüphaneleri, Nextera DNA Hazırlama Kütüphane Hazırlama Kiti (Illumina) kullanılarak hazırlanmış ve dizin kodları eklenmiştir. Daha sonra örnekler, Illumina iSeq 100 platformunda çift yönlü olarak dizilenmiştir. Elde edilen ".fastq" dosyaları, "ObiTools" yazılımı ile analiz edilmiş, taksonomik profillemeye, hizalama ve tanımlama yapılmıştır (Boyer vd. 2016). Son olarak, her örneğin OTU grupları Geneious Prime ve SILVAngs platformları kullanılarak görselleştirilmiş, analiz edilmiş ve sonuçlar raporlanmıştır (Quast vd. 2012, Kaya vd. 2020, Genc vd. 2024).

3.2.8 İstatistiki analizler

Deneme gruplarına ait verileri test etmek amacıyla t-testi ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Su değişimi grupları kendi aralarında probiyotik eklenmiş ve eklenmemiş olacak şekilde t-testine tabi tutulmuşlardır. Ayrıca her bir uygulama kendi içinde oluşabilecek farklılıkları ortaya çıkartmak için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile karşılaştırılmışlardır. Analiz sonucunda ortaya çıkan farklılığın hangi gruplar arasında şekillendiğini tespit etmek için (post hoc) testlerden Duncan testi uygulanmıştır. Tüm testler için anlamlılık düzeyi (α) 0,05 olarak alınmış, sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiş ve testlerin öncesinde teste ilişkin sayıltılar (normal dağılım, varyansların homojenliği vb.) test edilmiştir. İstatistiki analizler SPSS 16 istatistik paket programı ile gerçekleştirilmiştir (Colman ve Pulford 2011).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Denemede Kullanılan Suyun Kalite Özellikleri

4.1.1 Deneme I: Su kalitesi parametreleri

Birinci aşamada kırmızı bataklık kereviti ile yapılan denemede, su yenileme oranları ve probiyotik karışım uygulamaları esnasında ölçülen su kalitesi parametreleri arasındaki farklar incelenmiştir. Gruplar arasında pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, nitrit, nitrat, toplam amonyak ve ORP değerleri açısından karşılaştırmalar yapılmıştır (Çizelge 4.1). Gruplar: 1SY (%1 SY/hafta): Haftalık %1 su yenileme oranı, 3SY (%3/hafta): Haftalık %3 su yenileme oranı, 6SY (%6/hafta): Haftalık %6 su yenileme oranı, 1SYP (%1 SY/hafta + Probiyotik karışımı): Haftalık %1 su yenileme oranı ile birlikte probiyotik karışımı, 3SYP (%3/hafta + Probiyotik karışımı): Haftalık %3 su yenileme oranı ile birlikte probiyotik karışımı ve 6SYP (%6/hafta + Probiyotik karışımı): Haftalık %6 su yenileme oranı ile birlikte probiyotik karışımı olarak belirlenmiştir.

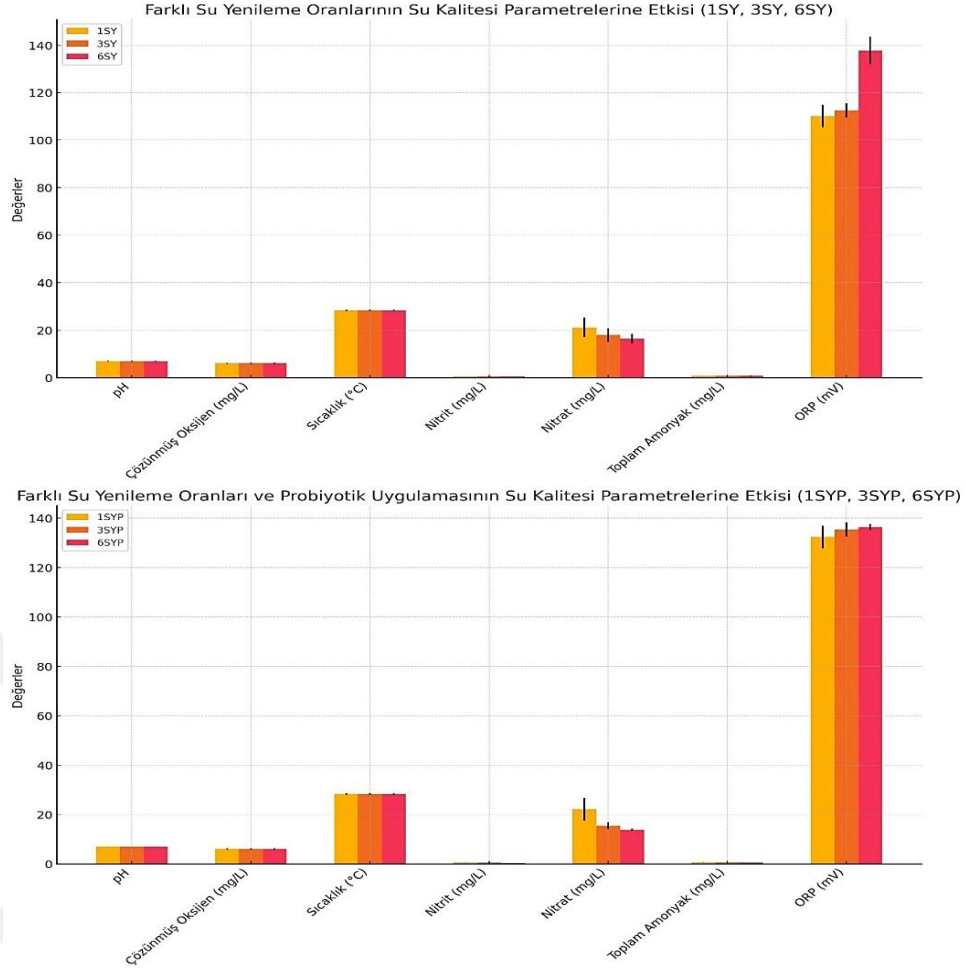
Çizelge 4.1 Deneme I: SY-SYP; ölçülen su kalitesi parametreleri

Grup	pH	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Sıcaklık (°C)	Nitrit (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Toplam Amonyak (mg/L)	ORP (mV)
1SY	7,00±0,07	6,06±0,20 ^{ab}	28,37±0,27	0,54±0,07 ^c	21,23±4,12 ^c	0,79±0,07 ^d	110,17±4,69 ^a
3SY	7,01±0,08	6,08±0,20 ^{ab}	28,36±0,27	0,47±0,06 ^b	17,89±2,86 ^b	0,81±0,09 ^d	112,46±2,92 ^a
6SY	7,01±0,08	6,11±0,24 ^b	28,35±0,28	0,58±0,06 ^c	16,43±1,95 ^b	0,78±0,09 ^d	137,77±5,87 ^c
1SYP	6,99±0,08	6,04±0,21 ^{ab}	28,35±0,28	0,55±0,08 ^c	22,11±4,58 ^c	0,68±0,07 ^c	132,45±4,51 ^b
3SYP	7,01±0,08	6,07±0,21 ^{ab}	28,35±0,30	0,45±0,07 ^b	15,47±1,42 ^{ab}	0,62±0,04 ^b	135,43±2,85 ^{bc}
6SYP	7,00±0,09	6,01±0,21 ^a	28,32±0,27	0,37±0,06 ^a	13,77±0,39 ^a	0,51±0,01 ^a	136,46±1,30 ^c
N	84	84	84	12	12	12	12
df	5; 498	5; 498	5; 498	5; 66	5; 66	5; 66	5; 66
V	1,213	2,007	0,306	17,213	14,887	36,667	121120
p	0,302	0,076	0,909	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000

1SY (%1/hafta), 3SY (%3/hafta), 6SY (%6/hafta), 1SYP (%1/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su), 3SYP (%3/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su), 6SYP (%6/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su). N: örnek sayısı, df: toplam, V: varyans, p: sig. önem derecesi. Satırlardaki farklı harfler gruplar arasında istatistiki açıdan farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$).

pH: Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere, pH değerleri açısından gruplar arasında anlamlı farklılıklar (6,99-7,01) bulunmamıştır ($p>0,05$). **Çözünmüş Oksijen (mg/L):** Çözünmüş oksijen değerleri de gruplar arasında önemli farklılıklar göstermiş olsa da bu değerler 6,01 ile 6,11 mg/L aralığında, gerçekte çok düşük bir düzeyde farklılık göstermişlerdir ($p<0,05$). **Sıcaklık (°C):** Sıcaklık açısından, tüm gruplar birbirine benzer bulunmuşlardır. Su sıcaklığı 28,32-28,37°C aralığında değişiklik göstermiştir ($p>0,05$). **Nitrit (mg/L):** Nitrit değerleri incelendiğinde, 1SY grubunda $0,54\pm0,07$, 3SY grubunda $0,47\pm0,06$, 6SY grubunda $0,58\pm0,06$, 1SYP grubunda $0,55\pm0,08$, 3SYP grubunda $0,45\pm0,07$ ve 6SYP grubunda $0,37\pm0,06$ olarak tespit edilmiştir. 6SYP grubu en düşük nitrit değerine sahipken, 6SY ve 1SYP grupları en yüksek değerlere sahiptir ($p<0,05$). 3SY ve 3SYP gruplarındaki nitrit değerleri, diğer gruplarla kıyaslandığında daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$). **Nitrat (mg/L):** Nitrat değerleri açısından, 1SY grubunda $21,23 \pm 4,12$, 3SY grubunda $17,89\pm2,86$, 6SY grubunda $16,43\pm1,95$, 1SYP grubunda $22,11\pm4,58$, 3SYP grubunda $15,47\pm1,42$ ve 6SYP grubunda $13,77\pm0,39$ olarak ölçülmüştür. 6SYP grubunda en düşük nitrat değerleri gözlemlenirken, 1SYP ve 1SY gruplarında daha yüksek değerler kaydedilmiştir ($p<0,05$). Ayrıca, 3SY ve 6SY gruplarındaki nitrat değerleri, 6SYP grubu ile karşılaştırıldığında anlamlı derecede yüksektir ($p<0,05$). **Toplam Amonyak (mg/L):** Toplam amonyak değerleri, 1SY grubunda $0,79 \pm 0,07$, 3SY grubunda $0,81\pm0,09$, 6SY grubunda $0,78\pm0,09$, 1SYP grubunda $0,68\pm0,07$, 3SYP grubunda $0,62\pm0,04$ ve 6SYP grubunda $0,51\pm0,01$ olarak tespit edilmiştir. 6SYP grubu en düşük toplam amonyak değerine sahipken, 3SY grubu en yüksek değeri göstermektedir ($p<0,05$). Ayrıca, 1SYP grubundaki toplam amonyak değeri, diğer gruplardan anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p<0,05$). **ORP (mV):** ORP (Oksidasyon redüksiyon potansiyeli) değerleri, 1SY grubunda $110,17 \pm 4,69$, 3SY grubunda $112,46\pm2,92$, 6SY grubunda $137,77\pm5,87$, 1SYP grubunda $132,45\pm4,51$, 3SYP grubunda $135,43\pm2,85$ ve 6SYP grubunda $136,46\pm1,30$ olarak ölçülmüştür. 6SY grubunda en yüksek ORP değerleri gözlemlenirken, 1SY grubunda en düşük değerler kaydedilmiştir ($p<0,05$). 6SY, 3SYP ve 6SYP gruplarındaki ORP değerleri, 1SY ve 3SY gruplarına göre anlamlı derecede yüksektir ($p<0,05$).

Şekil 4.1 A'da, farklı su yenileme oranlarının (haftalık %1, 3 ve 6) su kalitesi parametreleri üzerindeki etkileri özetlenmiştir. pH değeri su yenileme oranları arasında sabit kalırken, çözülmüş oksijen miktarı, su yenileme oranı arttıkça hafif bir artış göstermiştir. Sıcaklık, tüm gruplar için neredeyse sabit kalarak su değişim oranından etkilenmemiştir. Nitrit seviyeleri, özellikle 3SY grubunda daha düşük olarak kaydedilmiş, bu da daha yüksek su yenileme oranlarının nitrit birikimini azaltabileceğini göstermektedir. Nitrat seviyeleri ise su yenileme oranı arttıkça düşüş göstermiştir, 6SY grubunda en düşük seviyede gözlenmiştir. Toplam amonyak seviyeleri tüm gruplar arasında sabit kalmış ancak 6SY grubunda biraz daha düşük bir değer almıştır. ORP (oksidasyon-redüksiyon potansiyeli) değeri ise 6SY grubunda diğer gruplara göre belirgin şekilde daha yüksek olarak kaydedilmiş, bu da daha fazla su yenileme oranının oksidasyon potansiyelini artırdığını göstermektedir. Şekil 4.1 B grafiğinde, su yenileme oranlarının yanında probiyotik ilavesinin su kalitesi parametreleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir. pH değeri, probiyotik ilavesiyle birlikte hafif değişiklikler göstermiş ancak genel olarak sabit kalmıştır. Çözülmüş oksijen miktarı 6SY grubunda daha yüksek değer göstermiş, ancak 6SYP grubunda bu değer azalmıştır. Sıcaklık, tüm gruplarda sabit kalmıştır. Nitrit ve nitrat seviyeleri, probiyotik ilavesiyle birlikte düşüş göstermiş, özellikle 6SYP grubunda en düşük seviyeler gözlenmiştir. Toplam amonyak seviyeleri de probiyotik ilavesiyle azalmış ve 6SYP grubunda en düşük değer kaydedilmiştir. ORP değerleri, probiyotik ilavesiyle birlikte artış göstermiş ve 6SYP grubunda en yüksek değer gözlenmiştir. Bu bulgular, probiyotik ilavesinin su kalitesini iyileştirdiğini ve artan su yenileme oranları ile daha etkili hale geldiğini göstermektedir.



Şekil 4.1 Deneme I: A; SY ve B; SYP gruplarında su kalitesi parametrelerinin karşılaştırılması

4.1.2 Deneme II: Su kalitesi parametreleri

Deneme II süresince, farklı yoğunluklarda kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) bulunduğu tanklardaki su kalitesi parametrelerinden pH, oksijen ve sıcaklık 84 gün boyunca izlenmiştir. Diğer parametreler için ise 7 günde bir ölçüm yapılmıştır. Kerevitlerin bulunduğu gruplar, S10 (10 adet kerevit), S15 (15 adet kerevit), S20 (20 adet kerevit) ve S25 (25 adet kerevit) olarak adlandırılmıştır. Su kalitesi parametreleri pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, nitrit, nitrat, toplam amonyak ve ORP (oksidasyon-redüksiyon potansiyeli) olarak ölçülmüştür. Bu parametrelerin tüm gruplar için kabul edilebilir aralıklar içinde olduğu ve toksik etkiler yaratmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Deneme II: Stok gruplarında ölçülen su kalitesi parametreleri

Grup	pH	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Sıcaklık (°C)	Nitrit (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Toplam Amonyak (mg/L)	ORP (mV)
S10	7,17±0,17 ^b	6,47±0,23	28,10±0,39	0,392±0,108 ^a	15,880±0,913 ^a	0,659±0,048	145,810±4,757 ^c
S15	7,10±0,18 ^a	6,42±0,25	27,96±0,36	0,523±0,104 ^b	16,940±1,121 ^b	0,672±0,047	133,013±7,683 ^b
S20	7,09±0,18 ^a	6,48±0,22	27,98±0,38	0,668±0,144 ^c	18,599±1,221 ^c	0,668±0,040	125,530±7,073 ^a
S25	7,05±0,20 ^a	6,44±0,23	28,06±0,35	0,728±0,154 ^c	18,721±1,107 ^c	0,658±0,0396	145,757±4,810 ^c
N	84	84	84	12	12	12	12
df	3; 332	3; 332	3; 332	3; 44	3; 44	3; 44	3; 44
V	5,991	1,088	2,689	16,370	18,758	0,295	31,071
p	<0,001	0,354	0,046	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000

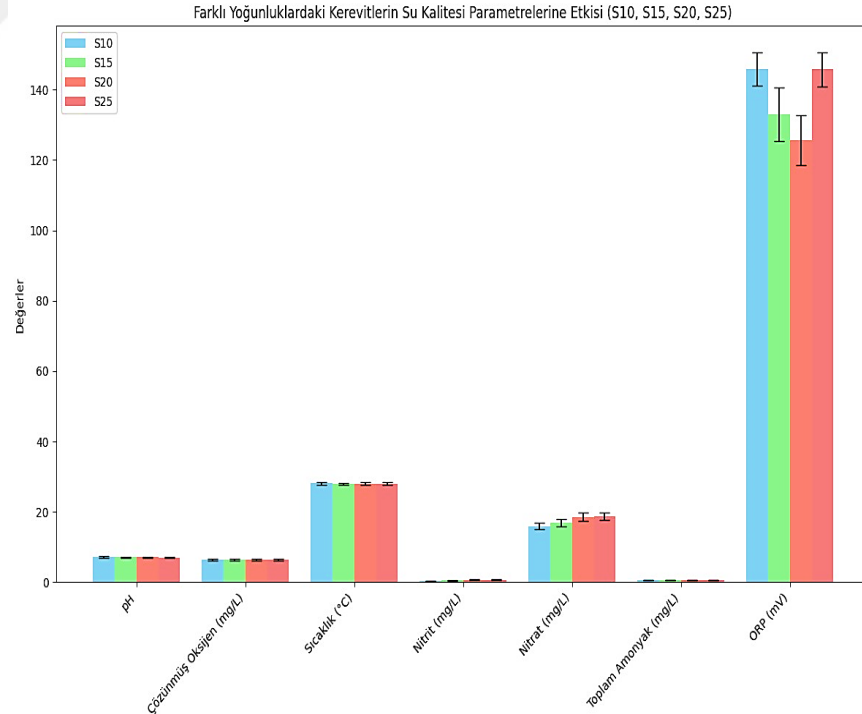
S10: 10 adet kerevit/tank, S15: 15 adet kerevit/tank, S20: 20 adet kerevit/tank, S25: 25 adet kerevit/tank. N: örnek sayısı, df: toplam, V: varyans, p: sig. önem derecesi.

pH: S10, S15, S20 ve S25 gruplarında 7,05 ile 7,17 aralığında ölçülmüştür. Bu değerler, decapod kabuklular için önerilen ideal pH aralığı olan 7,0 ile 8,0 arasında kalmakta ve en faydalı aralık olan 7,0'a yakın bulunmaktadır. İstatistiksel analizler pH değerleri arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir ($p<0,001$), ancak tüm gruplar sağlıklı pH aralığında yer almaktadır. Bu sonuçlar, düşük kerevit yoğunluğunun (S10) suyun pH seviyesini daha bazik tutma eğiliminde olduğunu, ancak bu farklılıkların kerevitlerin sağlığı üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığını göstermektedir. **Çözünmüş oksijen:** Seviyeleri gruplar arasında oldukça benzer olup, S10'dan S25'e kadar olan gruplarda sırasıyla 6,47±0,23 mg/L, 6,42±0,25 mg/L, 6,48±0,22 mg/L ve 6,44±0,23 mg/L olarak belirlenmiştir. Gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmaması ($p=0,354$), deneme boyunca oksijen seviyelerinin tutarlı bir şekilde yönetildiğini ve kerevit yoğunluğunun oksijen tüketimini belirgin şekilde etkilemediğini göstermektedir. Bu, tüm gruplarda yeterli oksijen seviyelerinin sağlandığını ve kabukluların metabolik ihtiyaçlarının karşılandığını doğrulamaktadır. **Sıcaklık:** S10, S15, S20 ve S25 gruplarında sırasıyla 28,10±0,39, 27,96±0,36, 27,98±0,38 ve 28,06±0,35°C olarak ölçülmüştür. Gruplar arasındaki bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0,046$, $p<0,05$). Değerler sıcaklık kontrolünün genel olarak başarılı olduğunu ve gruplar arasındaki küçük farklılıkların kerevitler üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını göstermektedir. **Nitrit:** Nitrit konsantrasyonları gruplar arasında önemli farklılıklar göstermiştir. S10 grubunda

en düşük nitrit seviyeleri ($0,392 \pm 0,108$ mg/L) gözlenirken, S25 grubunda en yüksek seviyeler ($0,728 \pm 0,154$ mg/L) kaydedilmiştir. Bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,000$). Ancak, tüm gruplarda nitrit seviyeleri tolere edilebilir düzeylerde olup, yüksek kerevit yoğunluğunun su ortamında nitrit birikimini artırmasına rağmen toksik seviyelere ulaşmadığı görülmektedir. Literatürde belirtilen, nitritin kabuklular için toksik olduğu seviyelerin altında kalınmıştır. **Nitrat:** Nitrat seviyeleri de gruplar arasında anlamlı farklılıklar göstermiştir. S10 grubunda en düşük seviye ($15,880 \pm 0,913$ mg/L) gözlenirken, S25 grubunda en yüksek seviye ($18,721 \pm 1,107$ mg/L) olarak belirlenmiştir ($p < 0,000$). Yüksek kerevit yoğunluğu nitrat birikimini artırmış olsa da bu seviyeler tolere edilebilir düzeylerin altındadır ve toksik etkiler yaratmamıştır. Literatürde, yüksek nitrat seviyelerinin uzun süreli maruz kalma durumunda bile kabuklular üzerinde genellikle daha az toksik olduğu belirtilmektedir. **Toplam amonyak:** S10, S15, S20 ve S25 gruplarında sırasıyla $0,659 \pm 0,048$, $0,672 \pm 0,047$, $0,668 \pm 0,040$ ve $0,658 \pm 0,0396$ mg/L olarak ölçülmüştür. Gruplar arasında anlamlı bir fark olmamakla birlikte ($p = 0,000$), tüm gruplarda amonyak seviyeleri düşük ve güvenli düzeyde kalmıştır. Literatürde, amonyağın kabuklular için en toksik azotlu bileşik olduğu belirtilmekte, ancak bu çalışmada amonyak seviyelerinin düşük tutulduğu görülmektedir. **ORP (oksidasyon-redüksiyon potansiyeli):** S10 grubunda $145,810 \pm 4,757$, S15 grubunda $133,013 \pm 7,683$, S20 grubunda $125,530 \pm 7,073$ ve S25 grubunda $145,757 \pm 4,810$ mV olarak ölçülmüştür. Gruplar arasındaki farklar anlamlıdır ($p < 0,000$). Yüksek ORP seviyeleri S10 ve S25 gruplarında gözlenmiş, bu da bu gruplarda daha okside olmuş bir ortamın olduğunu göstermektedir. Ancak bu seviyeler, kerevitlerin sağlığı üzerinde olumsuz bir etki yaratacak düzeyde değildir.

Genel olarak, deneme boyunca tüm su kalitesi parametreleri, kerevitlerin sağlığını ve büyümesini olumsuz etkileyebilecek toksik seviyelere ulaşmamış ve tüm gruplar kabul edilebilir sınırlar içinde kalmıştır. Bu, farklı kerevit yoğunluklarının su kalitesi üzerinde belirli etkiler yaratmasına rağmen, bu etkilerin toksik düzeyde olmadığını ve kerevitlerin sağlığını tehdit etmediğini göstermektedir.

Şekil 4.2’de farklı yoğunluklarda kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) tanklardaki su kalitesi parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. pH değeri, kerevit yoğunluğu arttıkça hafif bir düşüş göstermektedir; en yüksek pH S10 (10 kerevit) grubunda, en düşük ise S25 (25 kerevit) grubunda gözlenmiştir. Çözülmüş oksijen seviyeleri, tüm gruplar arasında benzer olup, S20 (20 kerevit) grubunda en yüksek değere ulaşırken, S15 (15 kerevit) grubunda en düşük seviyededir. Sıcaklık değerleri tüm gruplarda sabit kalmıştır. Nitrit ve nitrat seviyeleri ise yoğunluk arttıkça belirgin şekilde artmıştır; bu, S10 grubunda en düşük, S25 grubunda en yüksek seviyede gözlenmiştir, yüksek yoğunluğun daha fazla atık birikimine yol açtığını göstermektedir. Toplam amonyak seviyeleri gruplar arasında hafif farklılıklar göstermiştir, S10 grubunda en düşük ve S15 grubunda en yüksek seviyeler kaydedilmiştir. ORP (oksidasyon redüksiyon potansiyeli) değerleri yoğunluğa bağlı olarak değişiklik göstermiş; en düşük ORP değeri S20 grubunda, en yüksek ise S10 ve S25 gruplarında gözlenmiştir. Bu sonuçlar, farklı yoğunluklardaki kerevitlerin su kalitesi üzerinde çeşitli etkiler yarattığını ve daha yüksek yoğunlukların genellikle daha fazla kirletici birikimine yol açtığını ortaya koymaktadır.



Şekil 4.2 Deneme II: Stok gruplarında su kalitesi parametrelerinin karşılaştırılması

4.2 Büyüme Performansı

4.2.1 Deneme I: Büyüme performansı

Bu doktora tez çalışmasında birden fazla değişkenin elimine edilmesi için sadece farklı su yenilemesi koşullarında tutulan gruplar ile bunların probiyotik ilaveli eş değer sayılacak grupları t-testiyle karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda %1, %3 ve %6 su yenilemeli grupların probiyotik eklemeli gruplarla karşılaştırılmasında her grup kendi yüzdelik dilimleri yani kendi haftalık su değişim oranlarıyla eşleştirilerek karşılaştırılmıştır. Bu sayede aynı su değişim oranına sahip gruplar arasındaki farklılığın probiyotik ilavesinden kaynaklanıp kaynaklanmadığı ortaya konulmuştur. Analizler aşağıda kapsamlı olarak sunulmuş ve istatistiki karşılaştırmaları yapılmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Deneme I: Büyüme; 1SY-1SYP karşılaştırması (84 gün)

Parametre	Grup	N	X	sd	t-testi		
					T	df	p
SCA	1SY	3	3,217	0,219	-3,847	2,455	0,044
	1SYP	3	3,730	0,074			
CAK	1SY	3	2,973	0,222	-3,773	2,495	0,045
	1SYP	3	3,485	0,079			
HCAK	1SY	3	0,317	0,078	-1,987	4	0,118
	1SYP	3	0,407	0,010			
SBO	1SY	3	3,065	0,099	-2,682	3,252	0,069
	1SYP	3	3,242	0,058			
PER	1SY	3	1,648	0,123	-3,768	2,509	0,044
	1SYP	3	1,932	0,044			
FCR	1SY	3	2,176	0,168	3,253	2,249	0,071
	1SYP	3	1,850	0,042			

SCA (g): Son canlı ağırlık, CAK (g): Canlı ağırlık kazancı, HCAK: Haftalık canlı ağırlık kazancı, SBO (%/gün): Spesifik büyüme oranı, PER: Protein etkinlik oranı, FCR: Yem değerlendirme oranı, YO: Yaşama oranı (%), N: tekerrür sayısı, X: Ortalama, sd: standart sapma, t: t değeri, df: toplam, p: sig. önem dercesi, 1SY (%1/hafta), 1SYP (%1/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su).

Çizelge 4.3'e haftalık %1 su değişimi uygulanan grup (1SY) ve probiyotik takviyesi alan grup (1SYP) arasındaki t-testi sonuçları sunulmaktadır. Sonuçlar, Son Canlı Ağırlık (SCA), Canlı Ağırlık Kazancı (CAK) ve Protein Etkinlik Oranı (PER) gibi çeşitli büyüme ve beslenme parametrelerinde p değerlerinin 0,05'ten düşük olduğunu ayrıca 1SYP grubunun 1SY grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha iyi performans

gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle, Protein Etkinlik Oranındaki (PER) $p=0,0044$ değeri, probiyotik ilavesi ve su değişiminin yemdeki proteinden yararlanmanın arttığının önemli bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Bu bulgular, haftalık %1 su değişimine probiyotik ilavesinin kırmızı bataklık kerevitinin büyüme ve beslenme verimliliği üzerinde olumlu etkiler sağladığını göstermektedir (Şekil 4.3).

Çizelge 4.4 Deneme I: Büyüme; 3SY-3SYP karşılaştırması (84 gün)

Parametre	Grup	N	X ortalama	SS	t-testi		
					t	df	p
SCA	3SY	3	3,634	0,013	-11,317	2,048	0,007
	3SYP	3	4,431	0,121			
CAK	3SY	3	3,390	0,008	-10,733	2,016	0,008
	3SYP	3	4,187	0,128			
HCAK	3SY	3	0,396	0,001	-10,583	2,023	0,008
	3SYP	3	0,489	0,015			
SBO	3SY	3	3,216	0,023	-5,675	2,435	0,019
	3SYP	3	3,452	0,068			
PER	3SY	3	1,879	0,004	-8,611	2,010	0,013
	3SYP	3	2,221	0,069			
FCR	3SY	3	1,900	0,004	10,190	2,027	0,009
	3SYP	3	1,609	0,049			

SCA (g): Son canlı ağırlık, **CAK** (g): Canlı ağırlık kazancı, **HCAK**: Haftalık canlı ağırlık kazancı, **SBO** (%/gün): Spesifik büyüme oranı, **PER**: Protein etkinlik oranı, **FCR**: Yem değerlendirme oranı, **YO**: Yaşama oranı (%), **N**: Tekerrür sayısı, **X**: Ortalama, **sd**: standart sapma, **t**: t değeri, **df**: toplam, **p**: sig. önem dercesi, **3SY** (%3/hafta), **3SYP** (%3/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su),

Çizelge 4.4, haftalık %3 su yenilemesi yapılan grup (3SY) ile aynı oranda su yenilemesinin gerçekleştirildiği probiyotik takviyeli grup (3SYP) arasındaki karşılaştırılmayı göstermektedir. Sonuçlar, bütün parametreler bakımından 3SYP grubunun 3SY grubuna kıyasla istatistiksel olarak çok daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Tüm parametrelerdeki p değerleri (0,0007-0,0019) son derece düşük çıkmış, bu da %3 su yenilemesi koşullarında probiyotik takviyesinin belirgin pozitif etkiler yarattığını ve probiyotiklerin faydalarını maksimize ettiğini göstermektedir (Şekil 4.3).

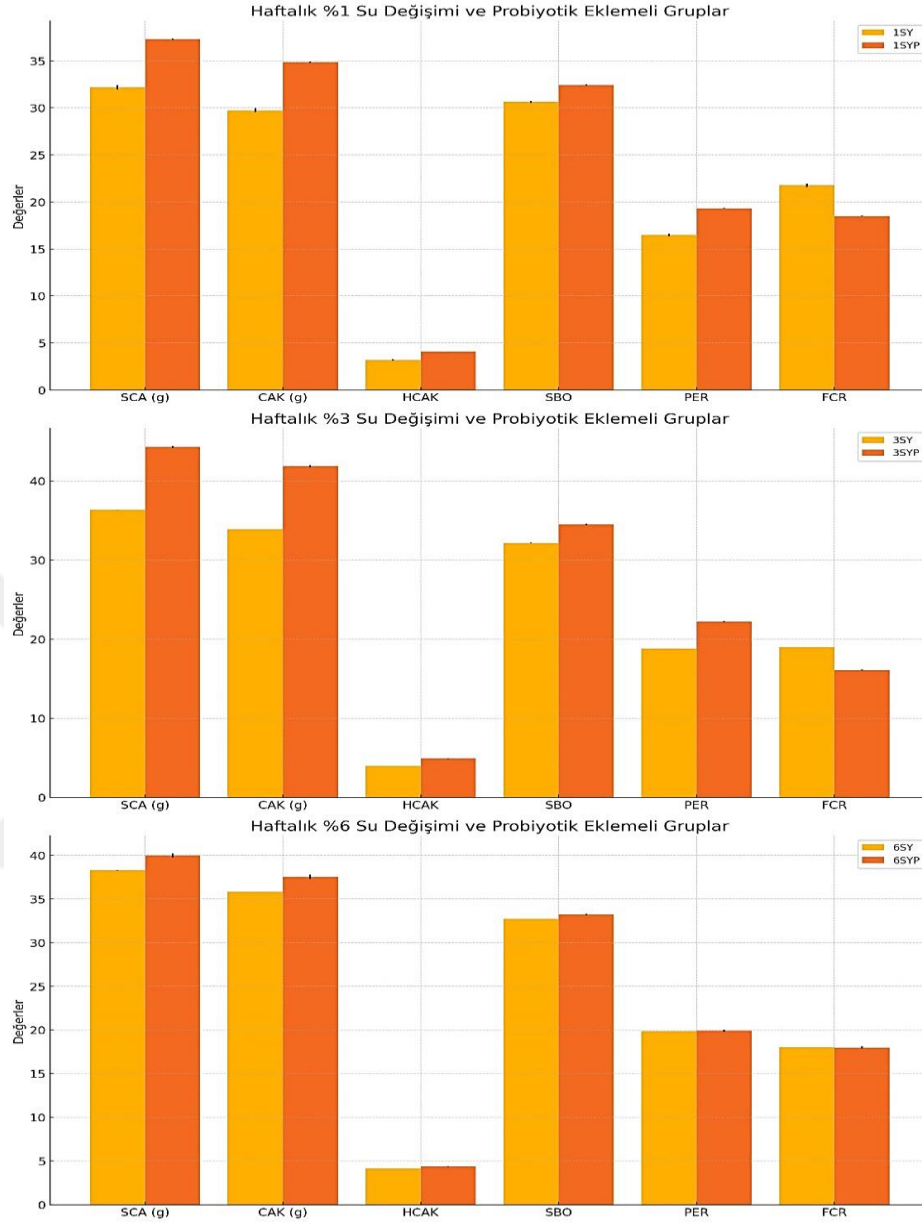
Çizelge 4.5 Deneme I: Büyüme; 6SY-6SYP karşılaştırması (84 gün)

Parametre	Grup	N	X		t-testi		
			ortalama	SS	T	df	p
SCA	6SY	3	3,826	0,016	-1,266	4	0,274
	6SYP	3	3,997	0,234			
CAK	6SY	3	3,580	0,015	-1,244	4	0,281
	6SYP	3	3,752	0,238			
HCAK	6SY	3	0,418	0,002	-1,254	4	0,278
	6SYP	3	0,438	0,028			
SBO	6SY	3	3,271	0,003	-0,910	4	0,414
	6SYP	3	3,321	0,095			
PER	6SY	3	1,984	0,008	-0,082	4	0,939
	6SYP	3	1,990	0,126			
FCR	6SY	3	1,800	0,007	0,005	4	0,996
	6SYP	3	1,799	0,119			

SCA (g): Son canlı ağırlık, CAK (g): Canlı ağırlık kazancı, HCAK: Haftalık canlı ağırlık kazancı, SBO (%/gün): Spesifik büyüme oranı, PER: Protein etkinlik oranı, FCR: Yem değerlendirme oranı, YO: Yaşama oranı (%), N: tekerrür sayısı, X: Ortalama, sd: standart sapma, t: t değeri, df: toplam, p: sig. önem dercesi, 6SY (%6/hafta) 6SYP (%6/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su)

Çizelge 4.5, haftalık %6 su yenilemesi koşullarında 6SY ve 6SYP grupları arasındaki sonuçları sunmaktadır. Bu koşullar altında, bütün büyüme parametreleri için p değerleri 0,05'in üzerinde kaydedilmiştir. Bu durum bu parametrelerdeki farkların istatistiksel olarak önemsiz olduğunu göstermektedir. Sonuçlar, %6 gibi yüksek bir su yenilemesi oranında SYP'nin etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı farklar yaratmadığını ortaya koymaktadır. Bu bulgular, yüksek su yenilemesi koşullarında probiyotik takviyesinin kerevit büyümesi üzerinde iyileşme şekillendiremediğini göstermektedir (Şekil 4.3).

Su yenilemesi ve su yenilemesine probiyotik ilave edilmesi koşullarının büyüme parametreleri üzerine etkilerinin incelendiği bu doktora tez çalışmasında; veriler sadece bir değişken olacak şekilde analiz edilmişlerdir. Buna göre farklı su yenilemesi oranları kendi aralarında teste tabi tutulmuş, farklı oranlarda su yenilemesi yanında probiyotik ilave edilmiş gruplar da kendi içlerinde test edilmişler ve sonuçlar aşağıda detaylandırılarak sunulmuştur.



Şekil 4.3 1SY-1SYP, 3SY-3SYP ve 6SY-6SYP büyüme performanslarının karşılaştırılması (84 gün)

Çizelge 4.6 Deneme I: SY gruplarında büyüme performansı (84 gün)

Parametre	1SY	3SY	6SY	V	p
BCA	0,245±0,029	0,244±0,021	0,244±0,024	-	-
SCA	3,217±0,219 ^a	3,634±0,013 ^b	3,826±0,016 ^b	0,179	0,003
CAK	2,973±0,222 ^a	3,390±0,008 ^b	3,580±0,015 ^b	0,179	0,003
HCAK	0,317±0,078 ^a	0,396±0,001 ^{ab}	0,418±0,002 ^b	0,031	0,073
SBO	3,065±0,099 ^a	3,216±0,023 ^b	3,271±0,003 ^b	0,062	0,012
PER	1,648±0,123 ^a	1,879±0,004 ^b	1,984±0,008 ^b	0,099	0,003
FCR	2,176±0,168 ^b	1,900±0,004 ^a	1,800±0,007 ^a	0,112	0,008
YO	63,33±5,77 ^a	76,67±5,77 ^{ab}	80,00±10,00 ^b	4,200	0,072

BCA (g): Başlangıç canlı ağırlık, **SCA** (g): Son canlı ağırlık, **CAK** (g): Canlı ağırlık kazancı, **HCAK**: Haftalık canlı ağırlık kazancı, **SBO** (%/gün): Spesifik büyüme oranı, **PER**: Protein etkinlik oranı, **FCR**: Yem değerlendirme oranı, **YO**: Yaşama oranı (%), **V**: varyans, **p**: sig. önem derecesi, **1SY** (%1/hafta), **3SY** (%3/hafta), **6SY** (%6/hafta), Satırlardaki farklı harfler gruplar arasında istatistiki açıdan farklılığın önemli olduğunu göstermektedir (p<0,05)

Çizelge 4.6'da, farklı su değişim oranlarında kırmızı bataklık kerevitlerinin büyüme performansı üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı analizleri yer almaktadır. Gruplar arasında başlangıç ağırlıklarında önemli farklılıklar yoktur, bu da deneyin başlangıcında kerevitlerin homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. **SCA** değerleri 1SY, 3SY ve 6SY gruplarında sırasıyla 3,217, 3,634 ve 3,826 g olarak hesaplanmıştır. 3SY ve 6SY gruplarının 1SY grubuna kıyasla anlamlı farklar (p=0,003), yarattığı, artan su değişim oranlarının SCA'nın artışına neden olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, artan su değişim oranlarının kerevitlerin son canlı ağırlığını pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. **CAK** değerleri de benzer bir eğilim göstermektedir; 1SY grubunda 2,973 g, 3SY grubunda 3,390 g ve 6SY grubunda 3,580 g olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar da artan su değişim oranlarıyla doğru orantılı olarak CAK'ın arttığını ve bu farkların yine istatistiksel olarak anlamlı olduğunu (p<0,05) göstermektedir. **HCAK** değerleri 1SY grubunda 0,317 g, 3SY grubunda 0,396 g ve 6SY grubunda 0,418 g olarak saptanmıştır. Bu değerler arasındaki artış daha az belirgin olmakla birlikte, nispeten anlamlı bir trend içinde olduklarını göstermektedir (p=0,073). %1 su yenilemesi grubunun %6 su yenilemesi grubuna kıyasla daha düşük bir gelişim gösterdiği anlaşılmıştır. Artan su değişim oranlarının haftalık ağırlık kazancını da düşük bir düzeyde artırdığı gözlemlenmiştir. **SBO** değerlerinde 1SY, 3SY ve 6SY grupları için sırasıyla 3,065, 3,216 ve 3,271 %/gün olarak belirlenmiştir. Artan su değişim oranları, SBO'nun da

yükselmesine katkıda bulunmuştur ($p=0,012$). %3 su yenilemesi ve daha üstündeki su yenilemesi durumlarında kerevitlerin zaman içinde gösterdiği büyüme hızının su değişim oranıyla doğru orantılı olarak arttığını göstermektedir. **PER** için değerler 1SY grubunda 1,648, 3SY grubunda 1,879 ve 6SY grubunda 1,984 olarak kaydedilmiştir. FCR için ise 1SY grubunda 2,176, 3SY grubunda 1,900 ve 6SY grubunda 1,800 olarak bulunmuştur. Her iki parametre için de artan su değişim oranları, daha verimli protein kullanımı ve daha etkili yem değerlendirme oranı ile ilişkilendirilmiştir (PER için $p=0,003$ ve FCR için $p=0,008$). **Yaşama oranı (YO)** bakımından gruplar arasında anlamlı farklar olduğu saptanmıştır. Buna göre %3 su yenilemesi grubunun %1 su yenilemesi ve %6 su yenilemesi gruplarına benzediği, fakat %6 su yenilemesi grubunun kontrol grubuna göre daha yüksek yaşama oranı gösterdiği saptanmıştır. %3 ve %6 su yenilemesi gruplarının yaşama oranları sırasıyla %76,67 ve %80 seviyesinde bulunurken %1 su yenilemesi grubunun yaşama oranı %63,33 düzeyinde kalmıştır. **SY** gruplarına ait bu sonuçlar bize, su değişim oranının artırılmasının, kerevitlerin büyüme performansını ve besin maddelerinin kullanım verimliliğini artırdığını göstermektedir. %3'ten itibaren artan su değişim oranının, kerevitlerin sağlıklı büyümesi için daha iyi bir ortam sağladığı sonucuna varılmıştır.

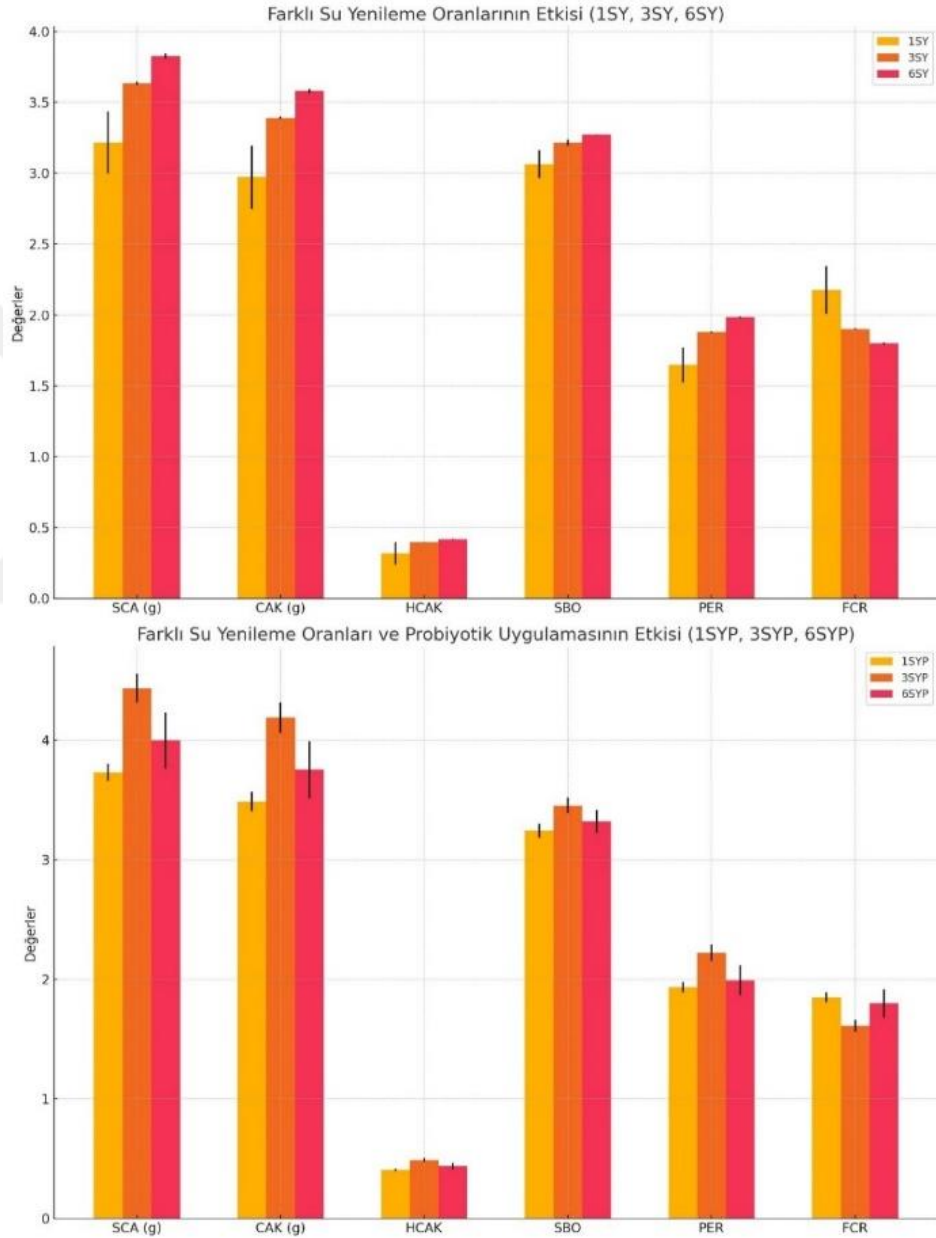
Çizelge 4.7 Deneme I: SYP gruplarında büyüme performansı (84 gün)

Parametre	1SYP	3SYP	6SYP	V	p
BCA	0,246±0,020	0,247±0,019	0,241±0,019	-	-
SCA	3,730±0,074 ^a	4,431±0,121 ^c	3,997±0,234 ^b	0,204	0,005
CAK	3,485±0,079 ^a	4,187±0,128 ^c	3,752±0,238 ^b	0,204	0,005
HCAK	0,407±0,010 ^a	0,489±0,015 ^c	0,438±0,028 ^b	0,024	0,005
SBO	3,242±0,058 ^a	3,452±0,068 ^c	3,321±0,095 ^b	0,061	0,038
PER	1,932±0,044 ^a	2,221±0,069 ^c	1,990±0,126 ^b	0,088	0,015
FCR	1,850±0,042 ^c	1,609±0,049 ^a	1,799±0,119 ^b	0,073	0,021
YO	73,33±5,77 ^a	90,00±10,00 ^b	86,67±5,77 ^{ab}	4,200	0,072

BCA (g): Başlangıç canlı ağırlık, **SCA** (g): Son canlı ağırlık, **CAK** (g): Canlı ağırlık kazancı, **HCAK**: Haftalık canlı ağırlık kazancı, **SBO** (%/gün): Spesifik büyüme oranı, **PER**: Protein etkinlik oranı, **FCR**: Yem değerlendirme oranı, **YO**: Yaşama oranı (%), **V**: varyans, **p**: sig. önem derecesi, **1SYP** (%1/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su), **3SYP** (%3/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su), **6SYP** (%6/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su). Satırlardaki farklı harfler gruplar arsında istatistiki açıdan farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0,05$)

Çizelge 4.7’de deneme kurulmadan önce yapılan ağırlık ölçümleri neticesinde tekerrürlerde ve gruplardaki kerevitlerin benzer ağırlıkta olmaları temin edildiği için istatistiki karşılaştırmada gruplar arasında başlangıç canlı ağırlıklar bakımından anlamlı bir farklılığın olmadığı izlenmiştir ($p>0,05$). **SCA değerleri**, 3SYP grubunda en yüksek (4,431) olup, bu gruptaki kerevitler en fazla büyümeyi göstermiştir ($p<0,05$). Yapılan analize göre p değeri $p=0,005$ olup bu sonuç istatistiksel olarak anlamlıdır. 1SYP grubu, 3,730 ile en düşük SCA değerine sahiptir, bu da en az büyümeyi göstermektedir. 6SYP grubu 1SYP grubu ile aralarında bir farklılık olmadığı halde 3,997 g ile orta düzeyde bir büyüme sergilemiştir. **CAK değerleri**, 3SYP grubunda en yüksek (4,187 g), 1SYP grubunda en düşük (3,485 g) ve 6SYP grubunda orta düzeyde (3,752 g) bulunmuştur. Bu farklar da anlamlı olup ($p=0,005$), %3 su yenileme oranının probiyotik ilavesi ile en verimli sonucu verdiğini göstermektedir. **HCAK** için 3SYP grubu en yüksek değeri göstermiştir (0,489 g), bu grup haftalık büyümede en üst performansı sergilemiştir. 1SYP grubu en düşük değeri göstermiştir (0,407 g), bu da haftalık büyümenin en az olduğu grubu göstermektedir. 6SYP grubu ise orta düzeyde bir büyüme performansı sergilemiştir (0,438 g). **SBO** değerleri açısından 3SYP grubu en yüksek SBO (%/gün) değerine sahiptir (3,452), bu grup büyüme hızında da üstünlük göstermiştir. 1SYP grubu en düşük değeri (3,242) gösterirken, 6SYP grubu (3,321) orta seviyededir. Bu farklar $p=0,038$ ile anlamlıdır. **PER** için, 3SYP grubu en yüksek değeri (2,221) göstermiştir, bu durum bu grup özelinde probiyotik ilavesinin protein kullanımını iyileştirdiğini göstermektedir. **FCR** düzeyleri ise, 3SYP grubu en düşük değeri (1,609) göstererek en verimli yem kullanımını sağlamıştır. 1SYP grubu PER’de en düşük değeri (1,932) ve FCR’de en yüksek değeri (1,850) göstermiştir. 6SYP grubu her iki parametrede de orta düzeyde performans sergilemiştir. **YO** bakımından yapılan karşılaştırmada %1, 3, 6 seviyelerindeki su yenilemesi koşullarına probiyotik ilavesinin etkileri analiz edildiğinde; yaşama oranlarının 1SYP grubunda %73,33, 3SYP grubunda %90 ve 6SYP grubunda ise %86,67 olarak belirlendiği ve en yüksek yaşama oranına 3SYP grubunda ulaşıldığı anlaşılmıştır. Bu sonuçlar, %3 su yenileme oranının probiyotik takviyesi ile birlikte kırmızı bataklık kerevitlerinin büyüme performansını ve yaşama oranını en iyi şekilde optimize ettiğini göstermektedir. Probiyotiklerin etkinliği, su yenileme oranı ile doğrudan ilişkili olup, %3 su yenileme oranında en yüksek verimlilik sağlanmıştır (Şekil 4.4).

Çizelge 4.7’de yer alan veriler üzerinden, kırmızı bataklık kerevitinin farklı su yenileme oranları (%1, %3 ve %6) ve probiyotik ilavesinin (1SYP, 3SYP ve 6SYP) büyüme performansını nasıl etkilediği gösterilmiştir. Çizelgede, her bir grup için ortalama değerleri, standart sapmaları ve istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları (Duncan testi) ortaya konulmuştur.



Şekil 4.4 Deneme I: SY-SYP gruplarında büyüme performansının karşılaştırılması

4.2.2 Deneme II: Büyüme performansı

Bu çalışmada (Çizelge 4.8), Deneme I'den elde edilen en iyi büyüme performansı gösteren grubun yetiştiricilik uygulaması (3SYP) kullanılarak Deneme II'de kerevitlerin farklı stok yoğunluklarındaki büyüme performansı incelenmiştir. Stok grupları S10 (10 kerevit/tank), S15 (15 kerevit/tank), S20 (20 kerevit/tank) ve S25 (25 kerevit/tank) olarak belirlenmiştir. Başlangıç canlı ağırlıklarında (BCA) gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmazken, son canlı ağırlık (SCA) ve canlı ağırlık kazancı (CAK) değerlerinde düşük yoğunluktaki gruplar (S10 ve S15) daha yüksek değerler göstermiştir ($p<0,05$). Bu gruplar, daha düşük rekabet ve daha fazla kaynak avantajına sahip olduğundan, S10 grubu en yüksek SCA ($4,439\pm0,057$ g) ve CAK ($4,208\pm0,056$ g) değerlerine ulaşmıştır. Haftalık canlı ağırlık kazancı (HCAK) ve spesifik büyüme oranı (SBO) parametrelerinde de S10 ve S15 grupları diğer gruplara göre daha iyi performans göstermiştir ($p<0,05$). S10 grubu en yüksek HCAK ($0,443\pm0,078$ g) ve SBO ($3,516\pm0,031$ %/gün) değerlerine sahiptir. Protein etkinlik oranı (PER) ve yem değerlendirme oranı (FCR) açısından, S10 grubu yine en yüksek PER ($2,225\pm0,030$) ve en düşük FCR ($1,606\pm0,022$) değerlerine sahip olarak, düşük yoğunluklarda daha verimli bir büyüme ve yem dönüşümü sağlandığını ortaya koymuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.8 Deneme II: Stok gruplarında büyüme performansı (84 gün)

Parametre	S10	S15	S20	S25	V	p
BCA	0,232 $\pm$ 0,006	0,231 $\pm$ 0,004	0,232 $\pm$ 0,006	0,231 $\pm$ 0,001	0,060	0,978
SCA	4,439 $\pm$ 0,057 ^d	4,316 $\pm$ 0,038 ^c	3,821 $\pm$ 0,034 ^b	3,373 $\pm$ 0,032 ^a	367,573	<0,001
CAK	4,208 $\pm$ 0,056 ^d	4,084 $\pm$ 0,042 ^c	3,589 $\pm$ 0,036 ^b	3,143 $\pm$ 0,033 ^a	336,356	<0,001
HCAK	0,443 $\pm$ 0,078 ^b	0,477 $\pm$ 0,005 ^b	0,419 $\pm$ 0,004 ^{ab}	0,367 $\pm$ 0,004 ^a	236,732	<0,001
SBO	3,516 $\pm$ 0,031 ^c	3,484 $\pm$ 0,032 ^c	3,338 $\pm$ 0,037 ^b	3,194 $\pm$ 0,016 ^a	96,317	<0,001
PER	2,225 $\pm$ 0,030 ^d	2,160 $\pm$ 0,022 ^c	1,898 $\pm$ 0,019 ^b	1,662 $\pm$ 0,018 ^a	332,473	<0,001
FCR	1,606 $\pm$ 0,022 ^a	1,654 $\pm$ 0,017 ^b	1,882 $\pm$ 0,019 ^c	2,149 $\pm$ 0,023 ^d	314,195	<0,001
YO	93,33 $\pm$ 5,77 ^b	90,00 $\pm$ 0,00 ^b	73,33 $\pm$ 5,77 ^a	66,67 $\pm$ 5,77 ^a	19,889	<0,001

BCA (g): Başlangıç canlı ağırlık, SCA (g): Son canlı ağırlık, CAK (g): Canlı ağırlık kazancı, HCAK: Haftalık canlı ağırlık kazancı, SBO (%/gün): Spesifik büyüme oranı, PER: Protein etkinlik oranı, FCR: Yem değerlendirme oranı, YO: Yaşama oranı (%), V: varyans, p: sig. önem derecesi, S10: 10 adet kerevit/tank, S15: 15 adet kerevit/tank, S20: 20 adet kerevit/tank, S25: 25 adet kerevit/tank. Satırlardaki farklı harfler gruplar arsında istatistiki açıdan farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0,05$)

Yüksek yoğunluktaki gruplar (S20 ve S25) daha düşük büyüme performansı ve daha yüksek FCR değerleri ile karakterize edilmiştir, bu da daha düşük yem verimliliğine işaret etmektedir. Bu bulgular, kerevitlerin düşük yoğunlukta daha iyi büyüme ve yem verimliliği sağladığını göstermekte olup, stok yoğunluğunun kerevit yetiştiriciliğinde kritik bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Bu tez çalışmasının Deneme II aşamasında, haftalık %3 su yenilemesi ve probiyotik karışımı uygulanarak, farklı kerevit yoğunluklarının (S10, S15, S20, S25) büyüme performansına etkileri incelenmiştir. Her bir parametre için gruplar arasındaki farklar ve istatistiksel anlamlılık detaylı olarak analiz edilmiştir. Aşağıda her bir parametre için kapsamlı açıklamalar ve grafiksel gösterimler yer almaktadır (Çizelge 4.8).

Başlangıç canlı ağırlıklarında (BCA), tüm gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p=0,978$). Bu, çalışmanın başlangıcında tüm grupların eşit başlangıç koşullarına sahip olduğunu göstermektedir. Welch ve Brown-Forsythe testleri, bu durumu desteklemektedir. Bu eşitlik, deneyin başlangıç koşullarının homojen olduğunu ve sonuçların yalnızca uygulanan tedavilerin etkilerini yansıttığını göstermektedir. **Son canlı ağırlık (SCA) değerleri**, gruplar arasında belirgin farklılıklar göstermektedir ($p<0,05$). En yüksek SCA değeri, 10 kerevit/tank içeren S10 grubunda ($4,439\pm0,057$ g) bulunmuştur. S15 grubu ($4,316\pm0,038$ g), ikinci en yüksek değeri göstermiştir. S20 ($3,821\pm0,034$ g) ve S25 ($3,373\pm0,032$ g) grupları, daha düşük SCA değerlerine sahiptir. Bu bulgular, düşük yoğunluktaki grupların daha yüksek son canlı ağırlık kazandığını ve bu durumun muhtemelen daha az rekabet ve daha bol kaynaklarla ilişkili olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). **Canlı ağırlık kazancı (CAK)** değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmaktadır ($p<0,05$). S10 grubunun ($4,208\pm0,056$ g) en yüksek canlı ağırlık kazancına sahip olduğu gözlemlenmiştir. S15 grubu ($4,084\pm0,042$ g) benzer şekilde yüksek bir kazanç gösterirken, S20 ($3,589 \pm 0,036$ g) ve S25 ($3,143 \pm 0,033$ g) grupları daha düşük kazançlar sergilemektedir. Bu, daha düşük yoğunluklardaki grupların daha fazla büyüme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır ($p<0,05$). **Haftalık canlı ağırlık kazancı (HCAK)** açısından, S15 grubu en yüksek değeri ($0,477\pm0,005$ g) göstermektedir. S10 grubu ($0,443\pm0,078$ g) ve S20 grubu ($0,419\pm0,004$ g) sırasıyla bu değeri izlemektedir. S25 grubu ($0,367\pm0,004$ g) ise en düşük HCAK değerine sahiptir. Bu sonuçlar, orta yoğunluklarda (S15 ve S10) daha yüksek büyüme oranlarının elde

edilebileceğini göstermektedir ($p<0,05$). **Spesifik büyüme oranı (SBO)** açısından S10 grubu en yüksek büyüme oranına ($3,516\pm0,031$ %/gün) sahiptir. Bunu S15 ($3,484\pm0,032$ %/gün), S20 ($3,338\pm0,037$ %/gün) ve S25 ($3,194\pm0,016$ %/gün) grupları takip etmektedir. Bu sonuçlar, daha düşük yoğunlukların daha hızlı büyüme oranlarına olanak sağladığını ortaya koymaktadır ($p<0,05$). **Protein etkinlik oranı (PER)** değerleri incelendiğinde, S10 grubunun en yüksek protein etkinlik oranına ($2,225\pm0,030$) sahip olduğu gözlemlenmiştir. S15 grubu ($2,160\pm0,022$), S20 ($1,898 \pm0,019$) ve S25 ($1,662\pm0,018$) gruplarından daha yüksek PER değerlerine sahiptir. Bu durum, düşük yoğunlukların protein etkinliğini artırdığını göstermektedir ($p<0,05$). **Yem değerlendirme oranı (FCR)** açısından, S10 grubunun en düşük değeri ($1,606\pm0,022$) gösterdiği ve bu durumun daha verimli bir yem dönüşümüne işaret ettiği gözlemlenmiştir. S15 ($1,654\pm0,017$), S20 ($1,882\pm0,019$) ve S25 ($2,149\pm0,023$) grupları ise daha yüksek FCR değerlerine sahiptir. Bu sonuçlar, yüksek yoğunlukların daha düşük yem verimliliği ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır ($p<0,05$). **Deneme II yaşama oranları (YO)** bakımından yapılan karşılaştırmada, 10 ve 15 adet kerevitin stoklandığı koşullardaki yaşama oranının; 20 ve 25 adet kerevit stoklama oranlarıyla karşılaştırıldığında anlamlı ölçüde farklı ve yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar bize %3 su yenilemesi koşullarında probiyotik ilavesi ile 84 gün boyunca gerçekleştirilen deneme sonunda 15 adet kerevitin stokladığı S15 grubunda yaşama oranının S10 grubuna kıyasla bir farklılık göstermediği ancak, düşük stok grupları olan S15 grubunda %90 ve S10 grubunda ise %93,33 düzeyinde yaşama oranına ulaşıldığını, S20 grubunda %73,33 ve S25 grubunda %66,67'lik yaşama oranının stok oranı artışıyla ters orantılı bir biçimde azaldığını göstermiştir.

Verim aşağıdaki gibi tahmin edilmiştir.

Tankın yüzey alanı= $0,1925 \text{ m}^2$

S10:YO = %93,33; deneme sonu: 9,33 kerevit, S10: SCA= 4,439 g, S10:Verim= $207,538 \text{ g/m}^2$

S15:YO = %90; deneme sonu: 9 kerevit, S15: SCA= 4,316 g, S15:Verim= $201,787 \text{ g/m}^2$

S20:YO = %73,33; deneme sonu: 7,33 kerevit, S20: SCA= 3,821 g, S20:Verim= $145,495 \text{ g/m}^2$

S25:YO = %66,67; deneme sonu: 6,67 kerevit, S25: SCA= 3,373 g, S25:Verim= $116,872 \text{ g/m}^2$

4.3 Besin Madde Bileşen Oranları

4.3.1 Deneme I: Besin madde bileşenleri

Bu tez çalışmasında daha önceki bölümlerde olduğu gibi birden fazla değişkenin elimine edilmesi için sadece farklı su yenilemesi koşullarında tutulan gruplar ile bunların probiyotik ilaveli eş değeri sayılan grupları t-testiyle karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda %1, %3 ve %6 su yenilemeli grupların probiyotik eklemeli gruplarla karşılaştırılmasında her grup kendi yüzdelik dilimleri yani kendi haftalık su değişim oranlarıyla eşleştirilerek karşılaştırılmıştır. Bu sayede aynı su değişim oranına sahip gruplar arasındaki farklılığın probiyotik ilavesinden kaynaklanıp kaynaklanmadığı anlaşılmıştır. Analizler aşağıda kapsamlı olarak sunulmuş ve istatistiki karşılaştırmaları yapılmıştır.

Çizelge 4.9 Deneme I: Besin madde bileşenleri; 1SY-1SYP karşılaştırması

Parametre	Grup	N	X	sd	t-testi		
					t	df	p
Ham protein	1SY	3	17,47	0,53	-1,268	4	0,273
	1SYP	3	18,50	1,30			
Ham yağ	1SY	3	1,28	0,27	-0,357	4	0,739
	1SYP	3	1,36	0,30			
Ham kül	1SY	3	1,30	0,09	-0,803	4	0,467
	1SYP	3	1,37	0,14			
Nem	1SY	3	79,89	0,75	1,870	4	0,135
	1SYP	3	78,58	0,96			

N: tekerrür sayısı, X: Ortalama, sd: standart sapma, t: t değeri, df: toplam, p: sig. önem derecesi, SY: su yenilemesi, 1SY (%1/hafta), 1SYP (%1/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su).

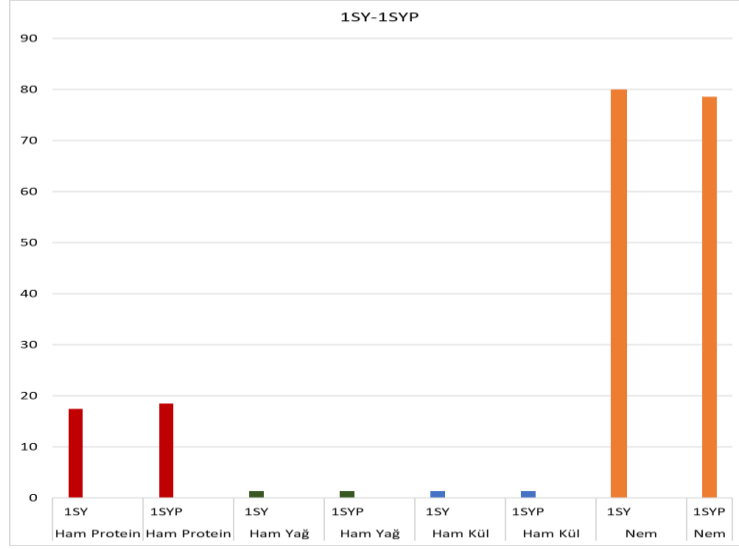
1SY-1SYP karşılaştırması: Haftalık %1 su yenileme oranının (1SY) ve probiyotik ilavesinin (1SYP) kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) besin madde bileşenleri üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Çizelge 4.9'da, ham protein, yağ, kül ve nem oranları gibi besin maddeleri bileşenleri yer almaktadır.

Ham Protein (%): 1SY grubunda, ortalama ham protein değeri $17,47 \pm 0,53$ olarak ölçülmüştür. Probiyotik ilavesi ile bu değer $18,50 \pm 1,30$ 'a yükselmiştir. Bu artış, probiyotik ilavesinin protein metabolizması üzerinde olumlu bir etkisi olabileceğini düşündürmektedir. Ancak, t-testi sonuçlarına göre p-değeri 0,273 olduğundan fark önemsizdir ($p > 0,05$). Bu, probiyotiklerin protein sentezi veya proteinlerin korunması üzerindeki etkilerinin daha fazla araştırma ile desteklenmesi gerektiğini göstermektedir (Çizelge 4.9).

Ham Yağ (%): Ham yağ oranı 1SY grubunda $1,28 \pm 0,27$ iken, 1SYP grubunda $1,36 \pm 0,30$ olarak belirlenmiştir. Probiyotik ilavesi, lipit içeriğinde hafif bir artış sağlamıştır, ancak p-değeri 0,739 olarak bulunduğu için iki grup arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$). Bu bulgu, probiyotiklerin yağ içeriği üzerindeki etkisinin minimal veya çeşitli çevresel faktörlere de bağlı olabileceğini göstermektedir (Çizelge 4.9).

Ham Kül (%): 1SY grubunda ham kül oranı $1,30 \pm 0,09$ olarak ölçülmüştür. Probiyotik ilavesi yapılan 1SYP grubunda bu oran $1,37 \pm 0,14$ 'e çıkmıştır. Ham kül oranındaki bu artış, probiyotiklerin mineral emilimi veya metabolizması üzerindeki olası etkilerini göstermektedir. Ancak, p-değeri 0,467 olduğundan, önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$), (Çizelge 4.9).

Nem (%): 1SY grubunda nem oranı $79,89 \pm 0,75$ olarak ölçülmüştür. 1SYP grubunda bu oran $78,58 \pm 0,96$ 'ya düşmüştür. Bu düşüş, probiyotik ilavesinin su içeriği veya su tutma kapasitesini değiştirebileceğini öne sürmektedir. Ancak, p-değeri 0,135 bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir ($p > 0,05$), (Çizelge 4.9).



Şekil 4.5 1SY-1SYP karşılaştırması

Haftalık %1 su yenilemesi ve probiyotik ilavesi koşulları arasında besin madde bileşenleri açısından anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$). Ham protein, ham yağ, ham kül ve nem oranları üzerinde probiyotik ilavesi, bazı küçük değişikliklere neden olmuştur, ancak bu değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Şekil 4.5).

Çizelge 4.10 Deneme I: Besin madde bileşenleri; 3SY-3SYP karşılaştırması

Parametre	Grup	N	X	sd	t-testi		
					t	df	p
Ham protein	3SY	3	17,75	0,55	-2,677	4	0,055
	3SYP	3	18,95	0,55			
Ham yağ	3SY	3	1,24	0,23	-,333	4	0,756
	3SYP	3	1,30	0,18			
Ham kül	3SY	3	1,29	0,07	-,776	4	0,481
	3SYP	3	1,32	0,04			
Nem	3SY	3	79,49	0,59	2,278	4	0,085
	3SYP	3	78,31	0,67			

N: tekerrür sayısı, X: Ortalama, sd: standart sapma, t: t değeri, df: toplam, p: sig. önem derecesi, SY: su yenilemesi, 3SY (%3/hafta), 3SYP (%3/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su).

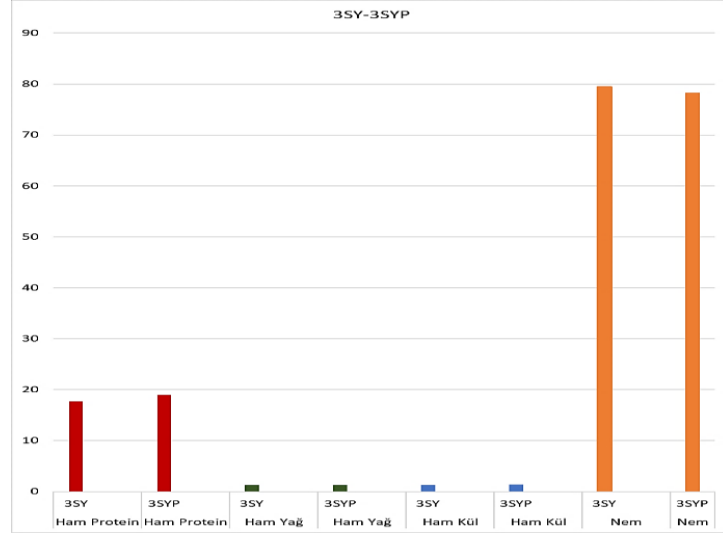
3SY-3SYP karşılaştırması: Haftalık %3 su yenileme oranının (3SY) ve probiyotik ilavesinin (3SYP) kırmızı bataklık kerevitlerinin besin madde bileşenleri üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiştir (Çizelge 4.10).

Ham Protein (%): 3SY grubunda ortalama ham protein değeri $17,75 \pm 0,55$ olarak ölçülmüştür. 3SYP grubunda ise bu değer $18,95 \pm 0,55$ olarak bulunmuştur. Probiyotik ilavesi, ham protein içeriğinde belirgin bir artış sağlamıştır. 0,055 olarak bulunan p-değeri önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$), (Çizelge 4.10).

Ham Yağ (%): 3SY grubunda ham yağ oranı $1,24 \pm 0,23$ iken, 3SYP grubunda $1,30 \pm 0,18$ olarak belirlenmiştir. Probiyotik ilavesi, yağ içeriğinde hafif bir artış sağlamıştır, ancak p-değeri 0,756 olarak bulunduğu için istatistiki açıdan farklılıktan söz edilememiştir ($p > 0,05$). Bu sonuç, probiyotiklerin yağ içeriği üzerindeki etkisinin minimal olduğunu veya bu değişikliklerin rastlantısal olabileceğini düşündürmektedir (Çizelge 4.10).

Ham Kül (%): 3SY grubunda ham kül oranı $1,29 \pm 0,07$ olarak ölçülmüştür. 3SYP grubunda bu oran $1,32 \pm 0,04$ olarak belirlenmiştir. Ham kül oranındaki bu küçük artış, probiyotiklerin mineral içeriği üzerinde minimal bir etkisi olabileceğini göstermektedir. Ancak, p-değeri 0,481 olarak bulunmuş ve farklılık olmadığı saptanmıştır ($p > 0,05$), (Çizelge 4.10).

Nem (%): 3SY grubunda nem oranı $79,49 \pm 0,59$ olarak ölçülmüştür. 3SYP grubunda ise bu oran $78,31 \pm 0,67$ olarak bulunmuştur. Probiyotik ilavesi, nem oranında bir düşüşe neden olmuştur, p-değeri 0,085 düzeyinde kalmıştır ve istatistiki açıdan farklılığın olmadığı anlaşılmıştır ($p > 0,05$). Bu sonuç, probiyotiklerin su içeriği üzerindeki etkilerinin belirginleşebileceğini ancak daha fazla araştırma gerektirdiğini göstermektedir (Çizelge 4.10).



Şekil 4.6 3SY-3SYP karşılaştırması

Haftalık %3 su yenilemesi ve probiyotik ilavesi koşulları arasında besin madde bileşenleri açısından anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$). Ham protein, yağ, kül ve nem oranları üzerinde probiyotik ilavesi bazı küçük değişikliklere neden olmuştur, ancak bu değişiklikler gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık yaratmamıştır (Şekil 4.6).

Çizelge 4.11 Deneme I: Besin madde bileşenleri; 6SY-6SYP karşılaştırması

Parametre	Grup	N	X	sd	t-testi		
					t	df	p
Ham protein	6SY	3	17,51	0,56	-2,433	4	0,072
	6SYP	3	18,56	0,50			
Ham yağ	6SY	3	1,27	0,22	0,074	4	0,944
	6SYP	3	1,26	0,22			
Ham kül	6SY	3	1,31	0,13	-0,404	4	0,707
	6SYP	3	1,35	0,07			
Nem	6SY	3	79,50	0,44	4,182	4	0,014
	6SYP	3	78,37	0,16			

N: tekrerrür sayısı, X: Ortalama, *sd*: standart sapma, t: t değeri, *df*: toplam, p: sig. önem derecesi, SY: su yenilemesi, 6SY (%6/hafta), 6SYP (%6/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su).

6SY-6SYP karşılaştırması: Haftalık %6 su yenileme oranının (6SY) ve probiyotik ilavesinin (6SYP) kırmızı bataklık kerevitlerinin besin madde bileşenleri üzerindeki

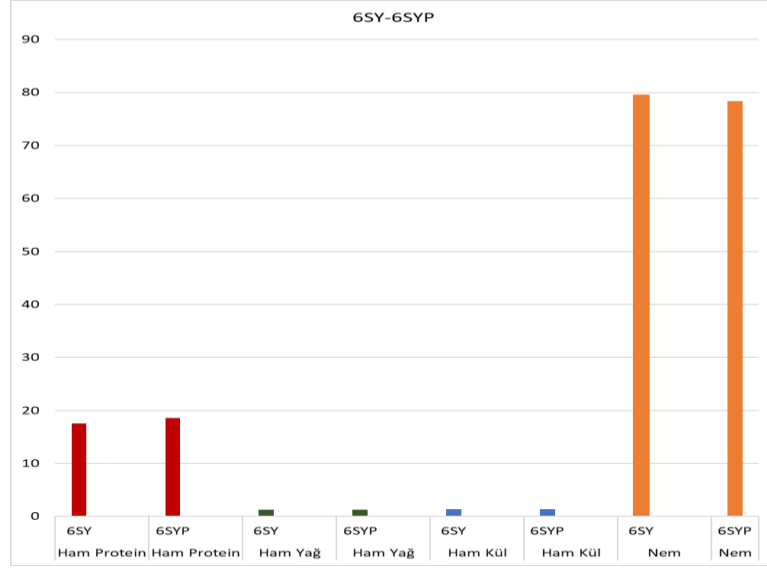
etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Çizelge 4.11'de ham protein, ham yağ, ham kül ve nem oranları gibi besin maddeleri bileşenleri sunulmuştur.

Ham Protein (%): 6SY grubunda ortalama ham protein değeri $17,51 \pm 0,56$ olarak ölçülmüştür. Probiyotik ilavesi yapılan 6SYP grubunda ise bu değer $18,56 \pm 0,50$ olarak bulunmuştur. Probiyotik ilavesi, ham protein içeriğinde belirgin bir artış sağlamıştır. t-testi sonuçlarına göre p-değeri 0,072 ile bu fark sınırdan anlamlılık göstermektedir ($p > 0,05$). Bu, probiyotiklerin protein oranını iyileştirmeye olası etkilerine işaret edebilir (Çizelge 4.11).

Ham Yağ (%): 6SY grubunda ham yağ oranı $1,27 \pm 0,22$ iken, 6SYP grubunda $1,26 \pm 0,22$ olarak belirlenmiştir. İlginç bir şekilde, probiyotik ilavesi yağ içeriğinde hafif bir düşüşe neden olmuştur. p-değeri 0,944 bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir ($p > 0,05$). Bu bulgu, probiyotiklerin yağ metabolizması üzerindeki etkilerinin minimal olabileceğini düşündürülebilir (Çizelge 4.11).

Ham Kül (%): 6SY grubunda ham kül oranı $1,31 \pm 0,13$ olarak ölçülmüştür. 6SYP grubunda bu oran $1,35 \pm 0,07$ olarak belirlenmiştir. Ham kül oranındaki bu küçük artış, probiyotik ilavesinin mineral içeriği üzerinde minimal bir etkisi olabileceğini gösterebilir. p-değeri 0,707, bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmektedir ($p > 0,05$), (Çizelge 4.11).

Nem (%): 6SY grubunda nem oranı $79,50 \pm 0,44$ olarak ölçülmüştür. 6SYP grubunda bu oran $78,37 \pm 0,16$ olarak bulunmuştur. Probiyotik ilavesi, nem oranında belirgin bir düşüşe neden olmuştur. p-değeri 0,014 bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$). Bu, probiyotiklerin su içeriği veya metabolik su dengesini önemli ölçüde etkileyebileceğini öne sürebilir (Çizelge 4.11).



Şekil 4.7 6SY-6SYP karşılaştırması

Özetle haftalık %6 su yenilemesi ve probiyotik ilavesi koşulları arasında besin madde bileşenleri açısından bazı anlamlı farklar gözlenmiştir. Nem oranında probiyotik ilavesi, istatistiksel olarak anlamlı bir düşüşe yol açmıştır ($p < 0,05$). Ancak, ham protein, ham yağ ve ham kül oranlarındaki değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$). Probiyotik ilavesinin besin maddelerinin biyoyararlanımı üzerindeki etkilerini tam olarak anlamak için daha fazla araştırma gerekmektedir. Bu sonuçlar, su yenileme oranı ve probiyotik ilavesinin sucul hayvan beslenmesinde farklı etkilere sahip olabileceğini göstermektedir (Şekil 4.7).

SY grupları arası karşılaştırma: Haftalık %1 (1SY), %3 (3SY) ve %6 (6SY) su yenileme oranlarının kırmızı bataklık kerevitlerinin besin madde bileşenleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çizelge 4.12 içerisinde ham protein, ham yağ, ham kül ve nem oranları gibi temel besin maddeleri bileşenleri görülmektedir.

Çizelge 4.12 Deneme I: SY gruplarında besin madde bileşenleri

Grup SY	Ham protein	Ham yağ	Ham kül	Nem
1SY	17,47±0,53	1,28±0,27	1,30±0,09	79,89±0,75
3SY	17,75±0,55	1,24±0,23	1,29±0,07	79,49±0,59
6SY	17,51±0,56	1,27±0,22	1,31±0,13	79,50±0,44
V	0,223	0,023	0,058	0,421
p	0,807	0,977	0,945	0,675

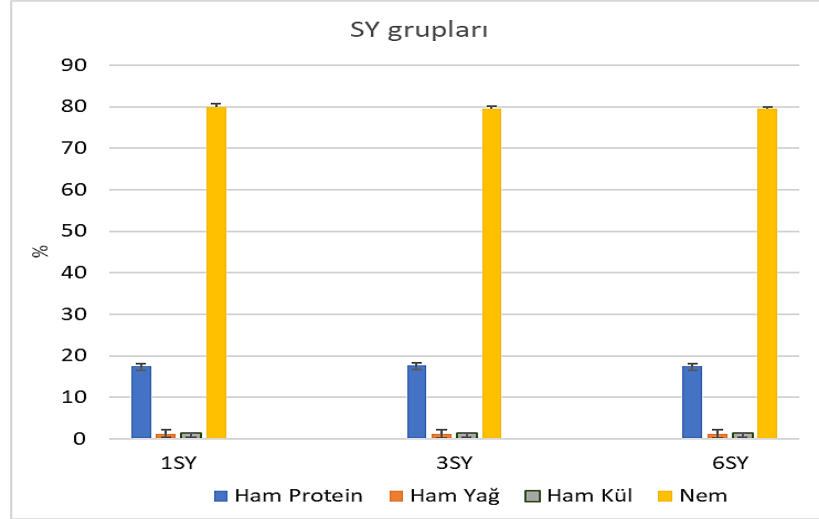
V: varyans, p: sig. önem dercesi, SY: su yenilemesi, 1SY (%1/hafta), 3SY (%3/hafta), 6SY (%6/hafta).

Ham Protein (%): 1SY grubunda ham protein değeri %17,47±0,53 olarak ölçülmüştür. Bu değer, 3SY grubunda %17,75±0,55 ve 6SY grubunda %17,51±0,56 olarak bulunmuştur. Ham protein oranında su yenileme oranına bağlı belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir. Varyans analizine göre, p-değeri 0,807 olduğundan, bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$), (Çizelge 4.12).

Ham Yağ (%): 1SY grubunda ham yağ oranı %1,28±0,27, 3SY grubunda %1,24±0,23 ve 6SY grubunda %1,27±0,22 olarak belirlenmiştir. Su yenileme oranları arasında ham yağ içeriği açısından belirgin bir fark bulunmamıştır. p-değeri 0,977 bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir ($p>0,05$), (Çizelge 4.12).

Ham Kül (%): 1SY grubunda ham kül oranı %1,30±0,09 olarak ölçülmüştür. Bu oran, 3SY grubunda %1,29±0,07 ve 6SY grubunda %1,31±0,13 olarak bulunmuştur. Ham kül oranında su yenileme oranına bağlı belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir. p-değeri 0,945, bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmektedir ($p>0,05$), (Çizelge 4.12).

Nem (%): 1SY grubunda nem oranı %79,89±0,75 olarak ölçülmüştür. Bu değer, 3SY grubunda %79,49±0,59 ve 6SY grubunda %79,50±0,44 olarak belirlenmiştir. Nem oranında su yenileme oranına bağlı belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir. Varyans analizine göre p-değeri 0,675 ile bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$), (Çizelge 4.12).



Şekil 4.8 SY gruplarının karşılaştırması

Haftalık %1, %3 ve %6 su yenileme oranları arasında besin madde bileşenleri açısından anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$). Ham protein, ham yağ, ham kül ve nem oranları, su yenileme oranları arttıkça belirgin değişiklikler göstermemiştir. Bu, su yenileme oranlarının kırmızı bataklık kerevitlerinin besin maddeleri bileşenleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını veya etkilerin minimal olduğunu düşündürebilir (Şekil 4.8).

Çizelge 4.13 Deneme I: SYP gruplarında besin madde bileşenleri

Grup SYP	Ham protein	Ham yağ	Ham kül	Nem
1SYP	18,50±1,30	1,36±0,30	1,37±0,14	78,58±0,96
3SYP	18,95±0,55	1,30±0,18	1,32±0,04	78,31±0,67
6SYP	18,56±0,50	1,26±0,22	1,35±0,07	78,37±0,16
V	0,245	0,146	0,256	0,128
p	0,790	0,867	0,782	0,883

V: varyans, p: sig. önem derecesi, SY: su yenilemesi, **1SYP** (%1 SY/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su), **3SYP** (%3/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su), **6SYP** (%6/hafta + Probiyotik karışımı, 1×10^9 cfu/mL/100 L su).

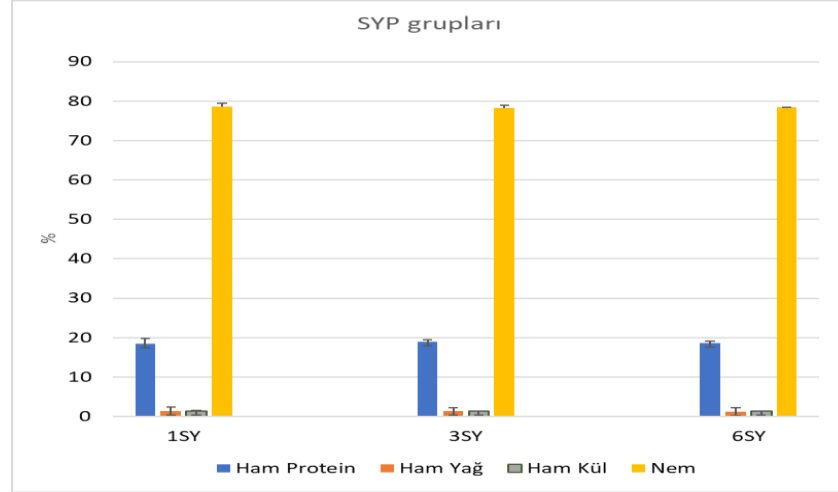
SYP grupları arası karşılaştırma: Haftalık %1 (1SYP), %3 (3SYP) ve %6 (6SYP) su yenileme oranlarının probiyotik ilavesi ile birlikte kırmızı bataklık kerevitlerinin besin madde bileşenleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çizelge 4.13, ham protein, ham yağ, ham kül ve nem oranları gibi temel besin maddeleri bileşenlerini sunmaktadır.

Ham Protein (%): 1SYP grubunda ham protein değeri $18,50 \pm 1,30$ olarak ölçülmüştür. Bu değer, 3SYP grubunda $18,95 \pm 0,55$ ve 6SYP grubunda $18,56 \pm 0,50$ olarak bulunmuştur. Ham protein oranında probiyotik ilavesi ile su yenileme oranına bağlı belirgin bir artış gözlenmiştir. Varyans analizine göre, p-değeri 0,790 olduğundan, bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$). Bu durum probiyotik ilavesinin, su yenileme oranından bağımsız olarak, protein içeriğinde büyük bir değişiklik yaratmadığını gösterebilir (Çizelge 4.13).

Ham Yağ (%): 1SYP grubunda ham yağ oranı $1,36 \pm 0,30$, 3SYP grubunda $1,30 \pm 0,18$ ve 6SYP grubunda $1,26 \pm 0,22$ olarak belirlenmiştir. Ham yağ oranında probiyotik ilavesi ile su yenileme oranına bağlı küçük değişiklikler gözlenmiştir. p-değeri 0,867, bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir ($p > 0,05$). Probiyotiklerin yağ içeriği üzerindeki etkilerinin minimal veya çevresel faktörlere bağlı olabileceğini düşündürebilir (Çizelge 4.13).

Ham Kül (%): 1SYP grubunda ham kül oranı $1,37 \pm 0,14$ olarak ölçülmüştür. Bu oran, 3SYP grubunda $1,32 \pm 0,04$ ve 6SYP grubunda $1,35 \pm 0,07$ olarak bulunmuştur. Ham kül oranında probiyotik ilavesi ile su yenileme oranına bağlı hafif değişiklikler gözlenmiştir. Varyans analizine göre p-değeri 0,782 bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmektedir ($p > 0,05$). Bulgu, probiyotik ilavesinin mineral emilimi veya metabolizması üzerindeki etkilerinin minimal olduğunu gösterebilir (Çizelge 4.13).

Nem (%): 1SYP grubunda nem oranı $78,58 \pm 0,96$ olarak ölçülmüştür. Bu değer, 3SYP grubunda $78,31 \pm 0,67$ ve 6SYP grubunda $78,37 \pm 0,16$ olarak belirlenmiştir. Nem oranında probiyotik ilavesi ile su yenileme oranına bağlı küçük değişiklikler gözlenmiştir. p-değeri 0,883 bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmektedir ($p > 0,05$). Bu sonuç, probiyotik ilavesinin nem içeriği üzerindeki etkilerinin belirgin olmadığını öne sürebilir (Çizelge 4.13).



Şekil 4.9 SYP gruplarının karşılaştırması

Haftalık %1, %3 ve %6 su yenilemesi ve probiyotik ilavesi koşulları arasında besin madde bileşenleri açısından anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$). Ham protein, ham yağ, ham kül ve nem oranları, su yenileme oranları arttıkça ve probiyotik ilavesi yapıldıkça belirgin değişiklikler göstermemiştir. Bu, probiyotik ilavesinin, su yenileme oranından bağımsız olarak, besin maddeleri bileşenleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını veya etkilerin minimal olduğunu gösterebilir. Bu sonuçlar, probiyotik ilavesinin besin maddelerinin biyoyararlanımı üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için daha geniş kapsamlı ve uzun vadeli araştırmaların yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır (Şekil 4.9).

4.3.2 Deneme II: Besin madde bileşenleri

Bu doktora tez çalışmasının ikinci denemesinde, artan stok yoğunluklarında %3 su yenilemesi ve probiyotik ilavesinin kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) besin madde bileşenleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çizelge 4.14, farklı yoğunluk gruplarındaki (S10, S15, S20, S25) ham protein, ham yağ, ham kül ve nem oranlarını sunmaktadır. Bu veriler, stok yoğunluğunun ve probiyotik ilavesinin besin madde bileşenleri üzerindeki etkilerini değerlendirmektedir.

Çizelge 4.14 Deneme II: Stok gruplarında besin madde bileşenleri

Grup	Ham protein	Ham yağ	Ham kül	Nem
S10	19,01±0,16	1,28±0,23	1,25±0,06	78,18±0,37
S15	18,98±0,32	1,41±0,41	1,22±0,03	78,41±1,01
S20	18,30±0,73	1,54±0,48	1,23±0,19	78,78±0,58
S25	18,34±0,59	1,45±0,39	1,18±0,16	78,91±0,20
V	1,848	0,241	0,130	0,890
p	0,217	0,865	0,940	0,487

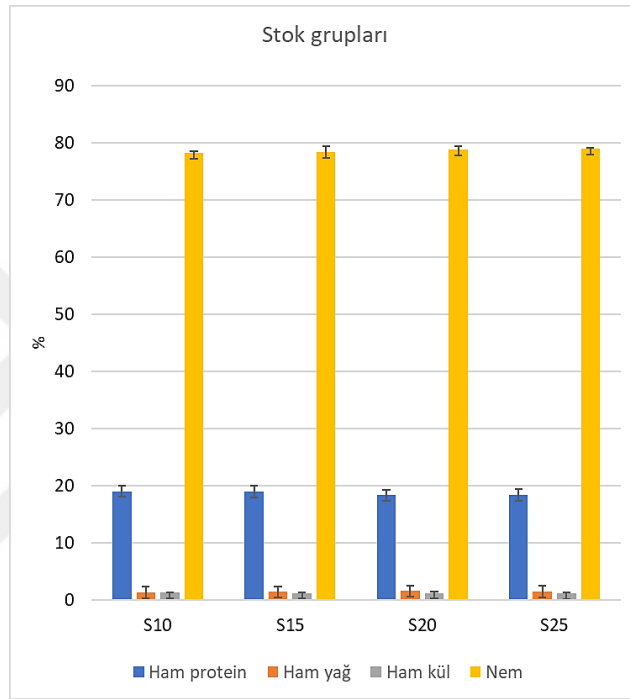
V: varyans, p: sig. önem derecesi, S10: 10 adet kerevit/tank, S15: 15 adet kerevit/tank, S20: 20 adet kerevit/tank, S25: 25 adet kerevit/tank.

Ham protein (%): S10 grubunda ortalama ham protein değeri %19,01±0,16 olarak ölçülmüştür. S15 grubunda bu değer %18,98±0,32, S20 grubunda %18,30±0,73 ve S25 grubunda %18,34±0,59 olarak bulunmuştur. Ham protein oranında stok yoğunluğu arttıkça hafif bir düşüş gözlenmektedir. Ancak, varyans analizine göre p-değeri 0,217 olduğundan, bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$). Sonuçlar stok yoğunluğunun protein içeriği üzerinde önemli bir etki yaratmadığını veya bu etkinin minimal olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.14).

Ham yağ (%): S10 grubunda ham yağ oranı %1,28±0,23 iken, S15 grubunda %1,41±0,41, S20 grubunda %1,54±0,48 ve S25 grubunda %1,45±0,39 olarak belirlenmiştir. Stok yoğunluğunun artmasıyla birlikte ham yağ oranında hafif bir artış gözlenmektedir. Ancak, p-değeri 0.865 bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir ($p>0,05$). Bu durum stok yoğunluğunun yağ içeriği üzerinde önemli bir etkisi olmadığını düşündürebilir (Çizelge 4.14).

Ham kül (%): S10 grubunda ham kül oranı %1,25±0,06 olarak ölçülmüştür. Bu oran, S15 grubunda %1.22±0.03, S20 grubunda %1.23±0.19 ve S25 grubunda %1,18±0,16 olarak bulunmuştur. Ham kül oranında stok yoğunluğu arttıkça hafif bir düşüş gözlenmektedir. Varyans analizine göre p-değeri 0,940 olduğundan, bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$). Stok yoğunluğunun ham kül içeriği üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını gösterebilir (Çizelge 4.14).

Nem (%): S10 grubunda nem oranı $78,18 \pm 0,37$ olarak ölçülmüştür. S15 grubunda bu değer $78,41 \pm 1,01$, S20 grubunda $78,78 \pm 0,58$ ve S25 grubunda $78,91 \pm 0,20$ olarak belirlenmiştir. Stok yoğunluğunun artmasıyla birlikte nem oranında hafif bir artış gözlenmektedir. Ancak, p-değeri 0,487 bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmektedir ($p > 0,05$). Bu sonuç, stok yoğunluğunun nem içeriği üzerinde önemli bir etkisi olmadığını ortaya koymaktadır (Çizelge 4.14).



Şekil 4.10 Stok gruplarının karşılaştırması

Artan stok yoğunlukları ve %3 su yenilemesi ile probiyotik ilavesi koşulları arasında besin madde bileşenleri açısından anlamlı farklar bulunmamıştır ($p > 0,05$). Ham protein, ham yağ, ham kül ve nem oranları, stok yoğunluğunun artmasına rağmen belirgin değişiklikler göstermemiştir. Bu durum, stok yoğunluğunun probiyotik ilavesi koşullarında kırmızı bataklık kerevitlerinin besin maddeleri bileşenleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını veya etkilerin minimal olduğunu göstermektedir (Şekil 4.10).

4.4 Toplam Hemosit Sayısı (THC)

4.4.1 Deneme I: Toplam hemosit sayısı (THC)

Deneme I'de, su değişimi (%1, %3 ve %6 oranlarında) ve prebiyotik ilavesinin kırmızı bataklık kereviti hemolenfindeki toplam hemosit sayısı (THC) üzerindeki etkileri incelenmiştir.

%1 su yenilemesi uygulanan 1SY grubunda, ortalama THC düzeyi $4,09 \times 10^6$ hücre/mL olarak belirlenmiştir. Bu grupta gözlenen standart sapma 0,32 olup, istatistiksel analiz sonucunda t-değeri; -4,714 ve serbestlik derecesi (*df*) 3,839 olarak bulunmuştur. Bu grup için p-değeri 0,010'dur, bu da istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$). Prebiyotik ilavesi yapılan 1SYP grubunda, THC düzeyi $5,46 \times 10^6$ hücre/mL'ye yükselmiş ve standart sapma 0,39 olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.15). %3 su yenilemesi uygulanan 3SY grubunda, ortalama THC düzeyi $4,26 \times 10^6$ hücre/mL olup, bu değere karşılık gelen standart sapma 0,34'tür. Bu grupta t-değeri -4,040, *df* 4 ve p-değeri 0,016 olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). 3SYP grubunda ise ortalama THC düzeyi önemli ölçüde artarak $5,65 \times 10^6$ hücre/mL'ye ulaşmış, standart sapma ise 0,49 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.15). %6 su yenilemesi uygulanan 6SY grubunda, ortalama THC düzeyi $4,24 \times 10^6$ hücre/mL, standart sapma 0,48 olarak kaydedilmiştir. Bu grupta t-değeri; -4,152, *df* 3,477 ve p-değeri ise 0,019'dur. 6SYP grubunda, THC düzeyi $5,62 \times 10^6$ hücre/mL'ye yükselmiş ve standart sapma 0,32 olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu sonuçlar, su yenileme oranları arttıkça ve prebiyotik ilavesi yapıldıkça THC düzeylerinde anlamlı bir artış olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 Deneme I: THC düzeyleri; 1SY-1SYP, 3SY-3SYP, 6SY-6SYP karşılaştırılması

Parametre	Grup	N	X	sd	t-testi		
					T	df	p
THC (x10 ⁶ hücre/mL)	1SY	3	4,09	0,32	-4,714	3,839	0,010
	1SYP	3	5,46	0,39			
	3SY	3	4,26	0,34	-4,040	4	0,016
	3SYP	3	5,65	0,49			
	6SY	3	4,24	0,48	-4,152	3,477	0,019
	6SYP	3	5,62	0,32			

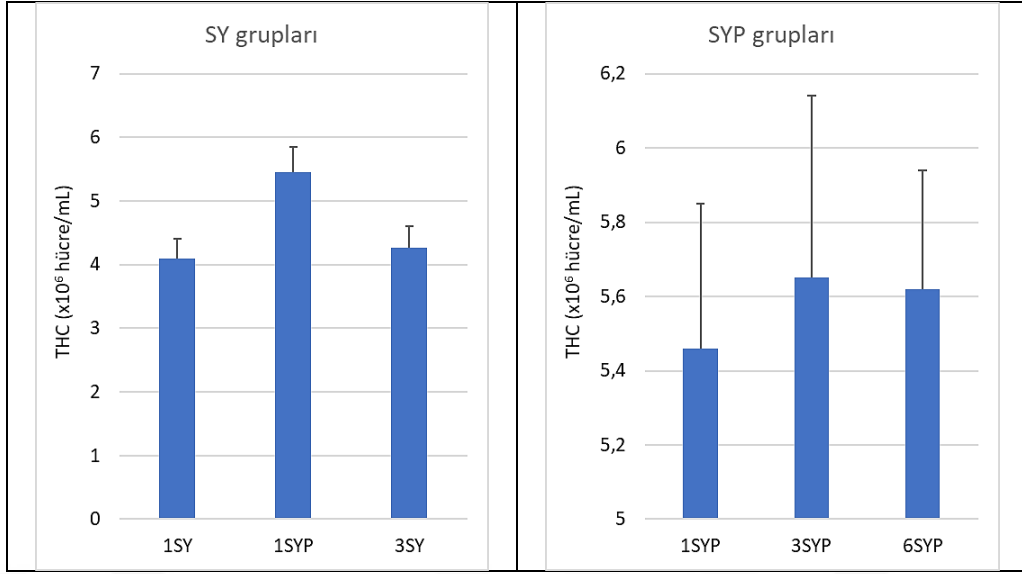
THC: Toplam hemosit sayısı (x10⁶ hücre/mL), N: tekrür sayısı, X: Ortalama, sd: standart sapma, t: t değeri, df: toplam, p: sig. önem derecesi, 1SY (%1 SY/hafta), 1SYP (%1 SY/hafta + Probiyotik karışımı, 1x10⁹ cfu/mL/100 L su), 3SY (%3/hafta), 3SYP (%3/hafta + Probiyotik karışımı, 1x10⁹ cfu/mL/100 L su), 6SY (%6/hafta), 6SYP (%6/hafta + Probiyotik karışımı, 1x10⁹ cfu/mL/100 L su).

Deneme I'de, SY ve SYP gruplarının THC düzeyleri karşılaştırıldığında, farklı su yenileme oranlarına (SY grupları) ve probiyotik ilavesi yapılan gruplar arasında (SYP grupları) THC düzeylerinin nasıl değiştiği incelenmiştir. %1 su yenilemesi yapılan 1SY grubunda THC düzeyi 4,09x10⁶ hücre/mL iken, %3 su yenilemesi yapılan 3SY grubunda bu değer 4,26x10⁶ hücre/mL, %6 su yenilemesi yapılan 6SY grubunda ise 4,24x10⁶ hücre/mL olarak ölçülmüştür. Bu gruplar arasında varyans değeri (V) 0,167 olup, p-değeri 0,850'dir, bu da gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir (p>0,05). Probiyotik ilavesi yapılan SYP gruplarında, %1 su yenilemesi yapılan 1SYP grubunda THC düzeyi 5,46x10⁶ hücre/mL, %3 su yenilemesi yapılan 3SYP grubunda 5,65x10⁶ hücre/mL ve %6 su yenilemesi yapılan 6SYP grubunda 5,62x10⁶ hücre/mL olarak bulunmuştur. Bu gruplar arasında varyans (V) 0,189 ve p-değeri 0,832 olup, SYP grupları arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını (p>0,05) göstermektedir (Çizelge 4.16 ve Şekil 4.11).

Çizelge 4.16 Deneme I: THC düzeyleri; SY-SYP karşılaştırılması

Grup SY	Toplam hemosit sayısı, THC (x10 ⁶ hücre/mL) (SY)	Grup SYP	Toplam hemosit sayısı, THC (x10 ⁶ hücre/mL) (SYP)
1SY	4,09±0,32 ^a	1SYP	5,46±0,39 ^a
3SY	4,26±0,34 ^a	3SYP	5,65±0,49 ^a
6SY	4,24±0,48 ^a	6SYP	5,62±0,32 ^a
V	0,167	V	0,189
p	0,850	p	0,832

V: varyans, p: sig. önem derecesi, 1SY (%1 SY/hafta), 3SY (%3/hafta), 6SY (%6/hafta), Sütunlardaki farklı harfler gruplar arasında istatistiki açıdan farklılığın önemli olduğunu göstermektedir (p<0,05)



Şekil 4.11 SY-SYP gruplarında THC düzeylerinin karşılaştırılması

4.4.2 Deneme II: Toplam hemosit sayısı (THC)

Deneme II, kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) artan stok yoğunluğu koşullarında, %3 su yenilemesi ve prebiyotik ilavesinin toplam hemosit sayısı (THC) üzerindeki etkilerini araştırmak için tasarlanmıştır. Stok yoğunluğu, su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli bir faktördür ve yüksek stok yoğunlukları, su kalitesini ve bireysel sağlığı olumsuz etkileyebilir. Bu aşamada, farklı stok yoğunlukları altında prebiyotiklerin THC düzeylerine olan etkisini değerlendirmeyi amaçlamıştır.

Deney, artan stok yoğunluklarında uygulanan %3 su yenilemesi ve prebiyotik ilavesi ile oluşturulan dört grup üzerine odaklanılmıştır. S10: En düşük stok yoğunluğuna sahip grup, S15: Orta düzeyde stok yoğunluğuna sahip grup, S20: Yüksek stok yoğunluğuna sahip grup ve S25: En yüksek stok yoğunluğuna sahip gruptur (Çizelge 4.17).

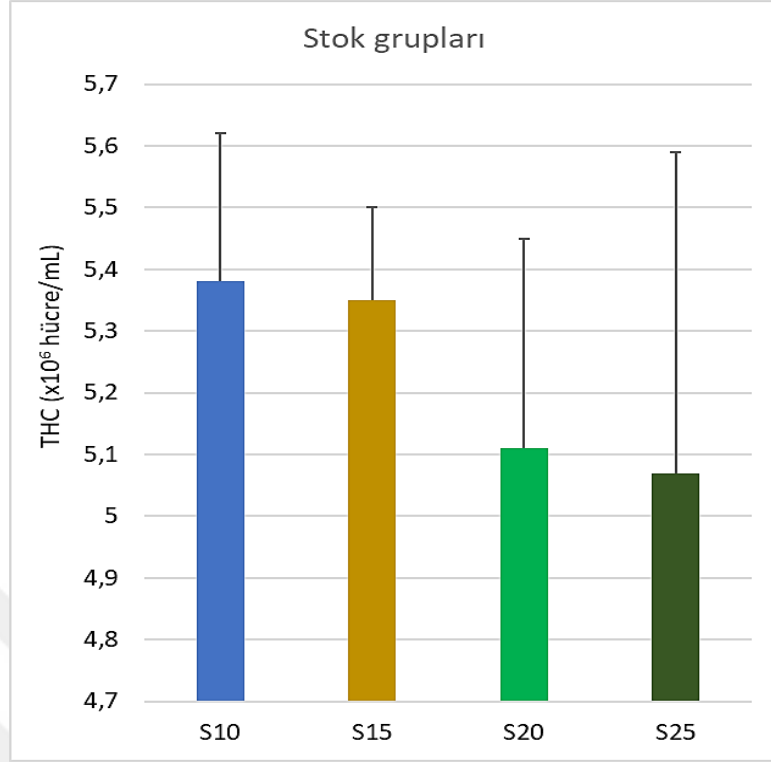
S10 Grubu: Bu grupta, ortalama THC düzeyi $5,38 \times 10^6$ hücre/mL olarak belirlenmiştir. Standart sapma ise 0,24 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, en düşük stok yoğunluğunun, kerevitlerin hemosit sayısının en yüksek düzeyde kalmasına yardımcı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.17 Deneme II: THC düzeyleri; stok grupları karşılaştırması

Grup SY	Toplam hemosit sayısı, THC ($\times 10^6$ hücre/mL)
S10	$5,38 \pm 0,24^a$
S15	$5,35 \pm 0,15^a$
S20	$5,11 \pm 0,34^a$
S25	$5,07 \pm 0,52^a$
V	0,641
P	0,610

S15 Grubu: Stok yoğunluğu arttıkça, ortalama THC düzeyi hafifçe azalmış ve $5,35 \times 10^6$ hücre/mL olarak ölçülmüştür. Bu gruptaki standart sapma 0,15 olup, S10 grubuna kıyasla daha düşük bir varyasyon göstermektedir. Bu durum, orta düzeyde stok yoğunluğunun hemosit sayısını biraz azaltmakla birlikte, hala yüksek bir THC düzeyini koruduğunu göstermektedir (Çizelge 4.17).

S20 Grubu: Bu grupta, THC düzeyi daha belirgin bir şekilde düşerek $5,11 \times 10^6$ hücre/mL'ye inmiştir. Standart sapma ise 0,34'tür. Bu sonuç, yüksek stok yoğunluğunun THC düzeylerini daha fazla etkileyebileceğini ve hemosit sayısını azaltabileceğini göstermektedir (Çizelge 4.17).



Şekil 4.12 Stok gruplarında THC düzeylerinin karşılaştırılması

S25 Grubu: En yüksek stok yoğunluğuna sahip bu grupta, ortalama THC düzeyi en düşük seviyeye inerek $5,07 \times 10^6$ hücre/mL olarak kaydedilmiştir. Bu grupta standart sapma 0,52 olarak bulunmuştur, bu da bu gruptaki bireyler arasında daha geniş bir varyasyon olduğunu göstermektedir. Yüksek stok yoğunluğunun, kerevitlerin bağışıklık sistemleri üzerinde daha büyük bir stres yarattığı ve hemosit sayısının düşmesine neden olabileceği sonucuna varılabilir (Çizelge 4.17).

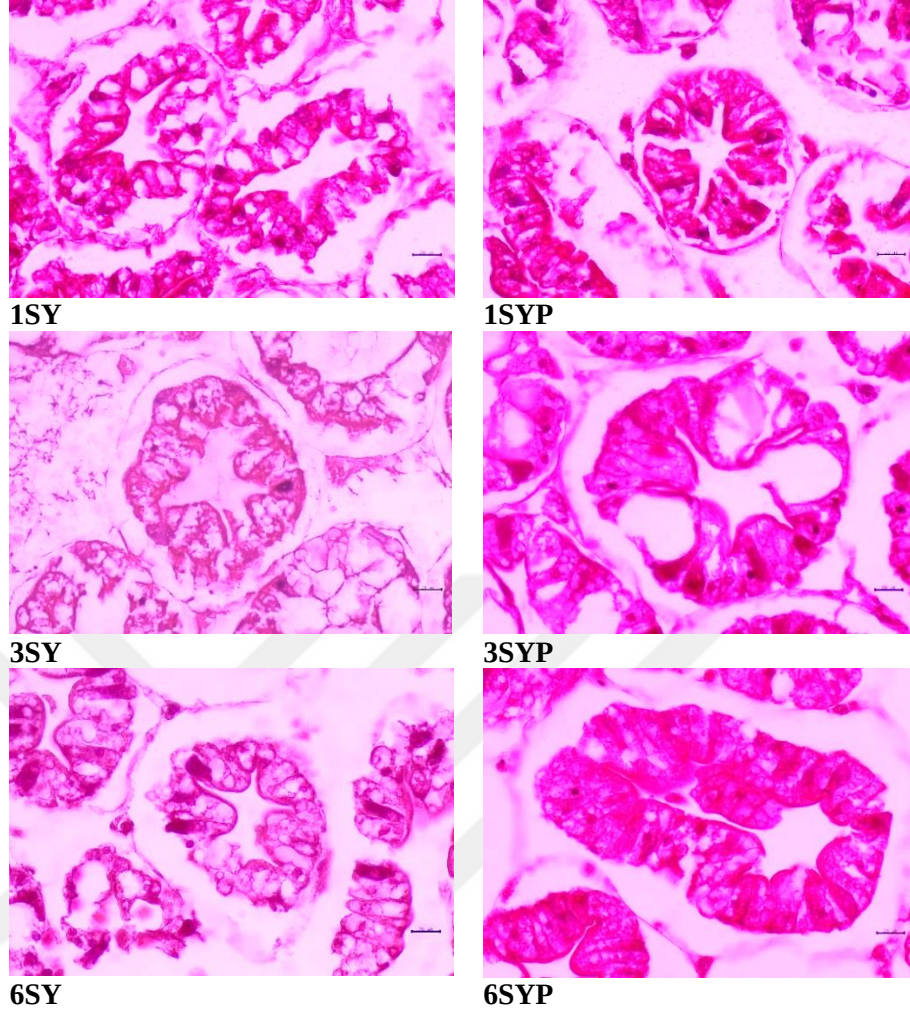
Gruplar arasındaki varyans (V) değeri 0,641 olarak bulunmuştur. Bu değer, gruplar arasında ölçülen THC düzeyleri arasında farklılıkların var olduğunu gösterir, ancak p-değeri 0,610 olup, bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmektedir. Yani, elde edilen veriler, stok yoğunluğunun artmasıyla birlikte THC düzeylerinde gözlenen azalmaların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptanmıştır ($p > 0,05$).

Deneme II’de, %3 su yenilemesi ve prebiyotik ilavesi altında artan stok yoğunluklarının, kırmızı bataklık kerevitlerinin toplam hemosit sayısı üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde incelemiştir. En düşük stok yoğunluğuna sahip grupta THC düzeyleri en yüksek iken, stok yoğunluğu arttıkça THC düzeyleri azalmıştır. Ancak bu azalmalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum, stok yoğunluğunun belirli bir düzeye kadar THC üzerinde önemli bir etki yaratmadığını, ancak daha yüksek yoğunlukların hemosit sayısını potansiyel olarak etkileyebileceğini düşündürmektedir (Çizelge 4.17 ve Şekil 4.12).

4.5 Histolojik Bulgular

4.5.1 Deneme I: Histolojik bulgular

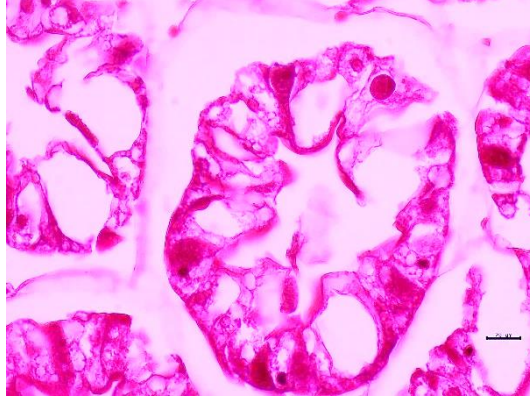
Sınırlı su değişimi koşullarının ve bu sınırlı su değişimi koşullarına probiyotik karışımı ilave edilmesinin hepatopankreas dokunun normal tübül formasyonunda ve tübül mimarisinde epitel yüzde ve besin Emilimi, depolama ve hemolenf dokuya transferde görevli hücrelerde herhangi bir değişikliğe yol açmadığı incelenen tüm gruplara ait dokuların normal doku morfolojisi gösterdikleri saptanmıştır (Şekil 4. 13).



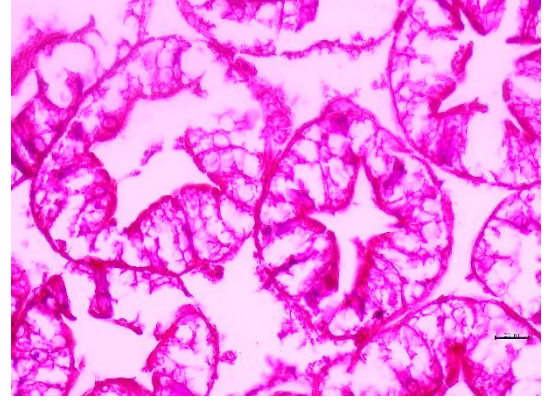
Şekil 4.13 SY-SYP gruplarına ait kırmızı bataklik kerevitlerinin hepatopankreas kesitleri (bar 20µm, H&E)

4.5.2 Deneme II: Histolojik bulgular

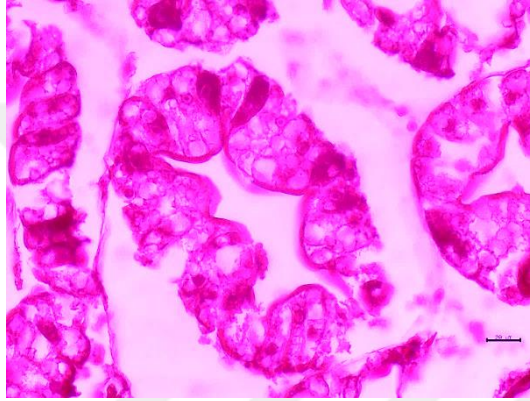
Artan stok oranlarının test edildiği çalışma neticesinde kerevitlerin histolojik olarak hepatopankreas dokuları incelenmiş ve gruplar arasında histopatolojik bir olguya rastlanmadığı tespit edilmiştir. Sonuçlar kerevitlerin artan stok oranlarını hepatopankreas dokuda sağlık parametrelerini bozacak bir etki yaratmaksızın tolere ettiğini ortaya koymuştur (Şekil 4.14).



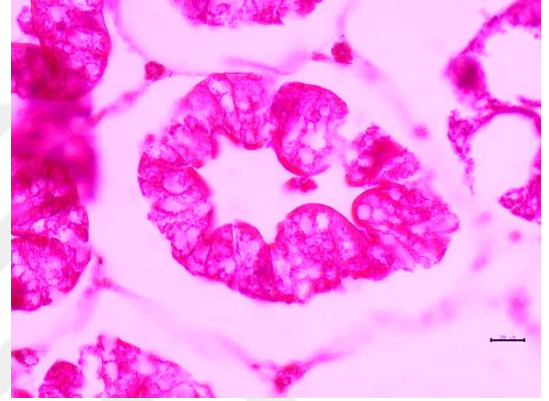
S10



S20



S15



S25

Şekil 4.14 Stok gruplarına ait kırmızı bataklık kereviti hepatopankreas kesitleri (bar: 20 μ m, H&E)

4.6 Mikrobiyota Analizi

4.6.1 Deneme I: Mikrobiyota analizi

Su yenileme grupları (1SY, 3SY, 6SY) aşağıdaki gibi ayrıntılı bir biçimde elde edilen filum seviyeleri üzerinden karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.18, Şekil 4.15). **Proteobacteria**; 1SY grubunda %71,01, 3SY grubunda %70,17 ve 6SY grubunda %70,48 düzeyine ulaşan bolluk en yüksek 6SY grubunda iken en düşük 3SY grubunda belirlenmiştir. **Bacteroidota**; 1SY grubunda %7,49, 3SY grubunda %7,12 ve 6SY grubunda %7,78 düzeyinde gözlemlenen bakteri bolluğunun en yüksek 6SY grubunda, en düşük ise 3SY grubunda değişkenlik göstermiştir. **Actinobacteriota**; 1SY grubunda %7,34, 3SY grubunda %7,72 ve 6SY grubunda %7,01 düzeyinde bir bolluğa ulaşmıştır. En yüksek

3SY grubunda belirlenmiştir. **Patescibacteria**; 1SY grubunda %0,98, 3SY grubunda %0,79 ve 6SY grubunda %0,86 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 6SY grubunda, en düşük ise 3SY grubunda belirlenmiştir. **Chloroflexi**; 1SY grubunda %2,09, 3SY grubunda %2,79 ve 6SY grubunda %3,01 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 6SY grubunda, en düşük ise 1SY grubunda Chloroflexi bolluğu belirlenmiştir. **Firmicutes**; 1SY grubunda %1,71, 3SY grubunda %1,98 ve 6SY grubunda %2,39 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 6SY grubunda, en düşük ise 1SY grubunda Firmicutes bolluğunun belirlenmiştir. **Planctomycetota**; 1SY grubunda %1,33, 3SY grubunda %1,48 ve 6SY grubunda %1,59 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. Bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının en yüksek 6SY grubunda, en düşük ise 1SY grubunda olduğu gözlemlenmiştir. **Verrucomicrobiota**; 1SY grubunda %1,07, 3SY grubunda %1,27 ve 6SY grubunda %1,21 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. **Desulfobacterota**; 1SY grubunda %0, 3SY grubunda %0,15 ve 6SY grubunda %0 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 3SY grubunda, en düşük ise 1SY ve 6SY gruplarındadır. **Cyanobacteria**; 1SY, 3SY ve 6SY gruplarında %0 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. Bu filumun SY gruplarının hiçbirinde görülmemiştir. **Diğer filumlar**; 1SY grubunda %6,98, 3SY grubunda %6,53 ve 6SY grubunda %5,67 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 1SY grubunda, en düşük ise 6SY grubunda tespit edilmiştir.

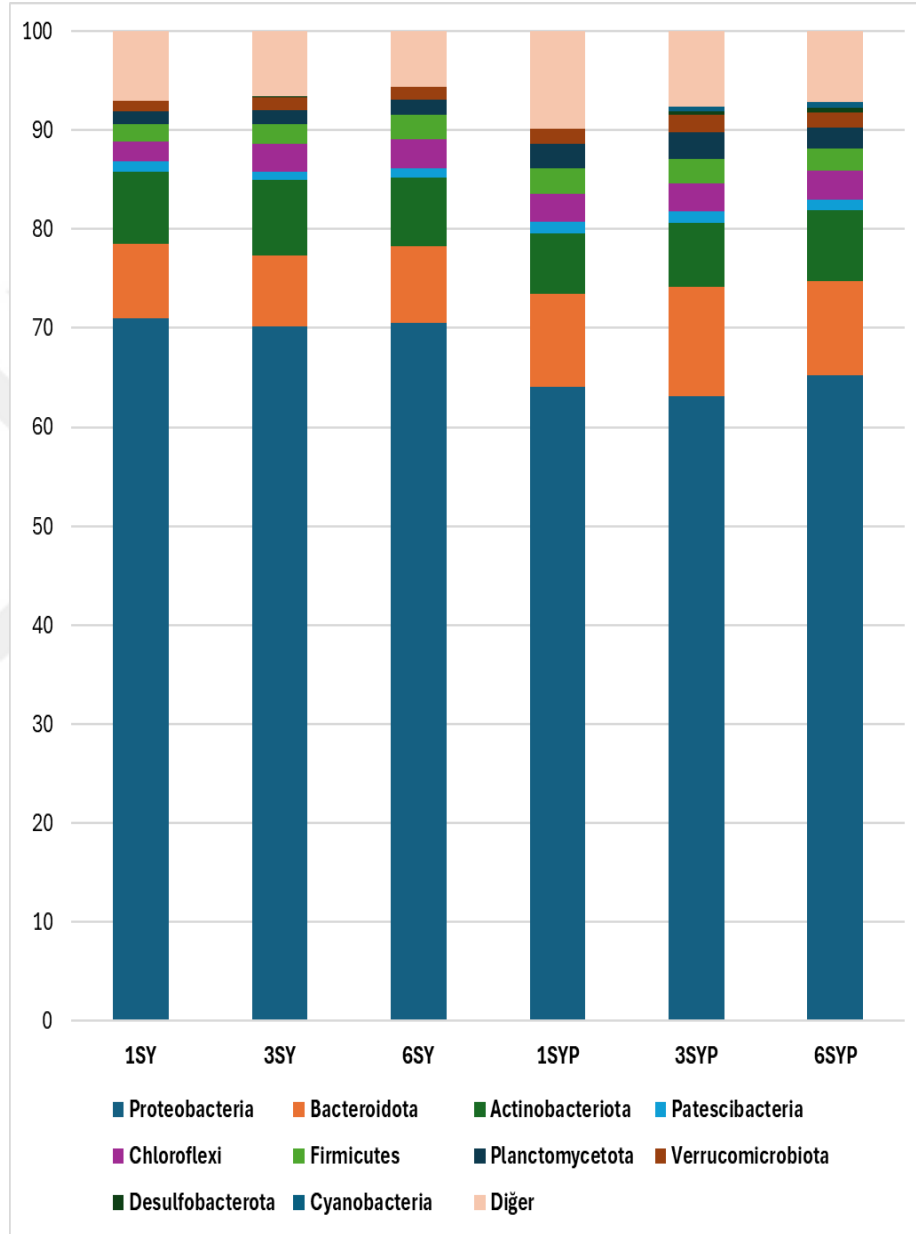
Probiyotik takviyeli gruplar (1SYP, 3SYP, 6SYP) aşağıdaki gibi ayrıntılı bir biçimde elde edilen filum seviyeleri üzerinden karşılaştırılmıştır (Şekil 4.15). **Proteobacteria**; 1SYP grubunda %64,03, 3SYP grubunda %63,09 ve 6SYP grubunda %65,23 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 6SYP grubunda, en düşük ise 3SYP grubunda Proteobacteria bolluğunun belirlenmiş olması, probiyotik takviyesiyle bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının hafifçe değişkenlik gösterdiğini göstermektedir. **Bacteroidota**; 1SYP grubunda %9,47, 3SYP grubunda %11,09 ve 6SYP grubunda %9,56 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 3SYP grubunda, en düşük ise 1SYP grubunda Bacteroidota bolluğunun belirlenmiş olması, probiyotik takviyesiyle bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının arttığını göstermektedir. **Actinobacteriota**; 1SYP grubunda %6,07, 3SYP grubunda %6,51 ve 6SYP grubunda %7,11 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 6SYP

grubunda, en düşük ise 1SYP grubunda Actinobacteriota bolluğunun belirlenmiş olması, probiyotik takviyesiyle bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının arttığını göstermektedir. **Patescibacteria**; 1SYP grubunda %1,13, 3SYP grubunda %1,08 ve 6SYP grubunda %1,04 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 1SYP grubunda, en düşük ise 6SYP grubunda Patescibacteria bolluğunun belirlenmiş olması, probiyotik takviyesiyle bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının hafifçe değişkenlik gösterdiğini göstermektedir. **Chloroflexi**; 1SYP grubunda %2,83, 3SYP grubunda %2,88 ve 6SYP grubunda %2,99 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 6SYP grubunda, en düşük ise 1SYP grubunda Chloroflexi bolluğunun belirlenmiş olması, probiyotik takviyesiyle bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının arttığını göstermektedir. **Firmicutes**; 1SYP grubunda %2,67, 3SYP grubunda %2,44 ve 6SYP grubunda %2,28 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 1SYP grubunda, en düşük ise 6SYP grubunda Firmicutes bolluğunun belirlenmiş olması, probiyotik takviyesiyle bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının hafifçe azaldığını göstermektedir. **Planctomycetota**; 1SYP grubunda %2,48, 3SYP grubunda %2,69 ve 6SYP grubunda %2,02 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 3SYP grubunda, en düşük ise 6SYP grubunda **Planctomycetota**; bolluğu probiyotik takviyesiyle bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının hafifçe azaldığını göstermektedir. **Verrucomicrobiota**: 1SYP grubunda %1,46, 3SYP grubunda %1,83 ve 6SYP grubunda %1,57 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 3SYP grubunda, en düşük ise 1SYP grubunda Verrucomicrobiota bolluğunun belirlenmiş olması, probiyotik takviyesiyle bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının arttığını göstermektedir. **Desulfobacterota**; 1SYP grubunda %0, 3SYP grubunda %0,35 ve 6SYP grubunda %0,45 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 6SYP grubunda, en düşük ise 1SYP grubunda Desulfobacterota bolluğunun belirlenmiş olması, probiyotik takviyesiyle bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının arttığını göstermektedir. **Cyanobacteria**; 1SYP grubunda %0, 3SYP grubunda %0,45 ve 6SYP grubunda %0,60 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek 6SYP grubunda, en düşük ise 1SYP grubunda Cyanobacteria bolluğunun belirlenmiş olması, probiyotik takviyesiyle bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının arttığını göstermektedir. **Diğer**; 1SYP grubunda %9,86, 3SYP grubunda %7,59 ve 6SYP grubunda %7,15 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek

1SYP grubunda, en düşük ise 3SYP grubunda diğer filumların bolluğunun probiyotik takviyesine bağlı olarak bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının hafifçe azaldığını göstermektedir.

Su yenileme grupları ve probiyotik takviyeli gruplar arasındaki karşılaştırmalar (1SY-1SYP, 3SY-3SYP, 6SY-6SYP) aşağıdaki gibi ayrıntılı bir biçimde elde edilen filum seviyeleri üzerinden yapılmıştır (Şekil 4.15). **Proteobacteria:** 1SY'de %71,01, 1SYP'de %64,03; 3SY'de %70,17, 3SYP'de %63,09; 6SY'de %70,48, 6SYP'de %65,23 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. Probiyotik takviyesiyle Proteobacteria'nın bolluğunun azaldığı belirlenmiştir. **Bacteroidota:** 1SY'de %7,49, 1SYP'de %9,47; 3SY'de %7,12, 3SYP'de %11,09; 6SY'de %7,78, 6SYP'de %9,56 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. Probiyotik takviyesiyle bolluğunun arttığı belirlenmiştir. **Actinobacteriota:** 1SY'de %7,34, 1SYP'de %6,07; 3SY'de %7,72, 3SYP'de %6,51; 6SY'de %7,01, 6SYP'de %7,11 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. **Patescibacteria:** 1SY'de %0,98, 1SYP'de %1,13; 3SY'de %0,79, 3SYP'de %1,08; 6SY'de %0,86, 6SYP'de %1,04 düzeyinde belirlenmiştir. Probiyotik ilavesi ile söz konusu filum bollaşmıştır. **Chloroflexi:** 1SY'de %2,09, 1SYP'de %2,83; 3SY'de %2,79, 3SYP'de %2,88; 6SY'de %3,01, 6SYP'de %2,99 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. Probiyotik takviyesiyle Chloroflexi'nin bolluğunun hafifçe arttığı belirlenmiştir. **Firmicutes:** 1SY'de %1,71, 1SYP'de %2,67; 3SY'de %1,98, 3SYP'de %2,44; 6SY'de %2,39, 6SYP'de %2,28 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. Probiyotik ilave edilen gruplarda Firmicutes'in bolluğunun artış gösterdiği belirlenmiştir. **Planctomycetota:** 1SY'de %1,33; 1SYP'de %2,48; 3SY'de %1,48; 3SYP'de %2,69; 6SY'de %1,59; 6SYP'de %2,02 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. Tüm gruplarda probiyotik takviyesiyle filumda artış belirlenmiştir. **Verrucomicrobiota:** 1SY'de %1,07; 1SYP'de %1,46; 3SY'de %1,27; 3SYP'de %1,83; 6SY'de %1,21; 6SYP'de %1,57 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. Her durumda, probiyotik takviyesiyle Verrucomicrobiota'nın bolluğunun arttığı belirlenmiştir. **Desulfobacterota:** 1SY'de %0; 1SYP'de %0; 3SY'de %0,15; 3SYP'de %0,35; 6SY'de %0; 6SYP'de %0,45 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. Probiyotik takviyesiyle Desulfobacterota'nın bolluğunun arttığı belirlenmiştir. **Cyanobacteria:** 1SY'de %0; 1SYP'de %0; 3SY'de %0; 3SYP'de %0,45; 6SY'de %0; 6SYP'de %0,60 düzeyinde tespit edilirken probiyotik takviyesiyle

Cyanobacteria'nın bolluğunun arttığı belirlenmiştir. **Diğer:** 1SY'de %6,98; 1SYP'de %9,86; 3SY'de %6,53; 3SYP'de %7,59; 6SY'de %5,67; 6SYP'de %7,15 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. Her durumda, probiyotik takviyesiyle diğer filumların bolluğunun arttığı belirlenmiştir.

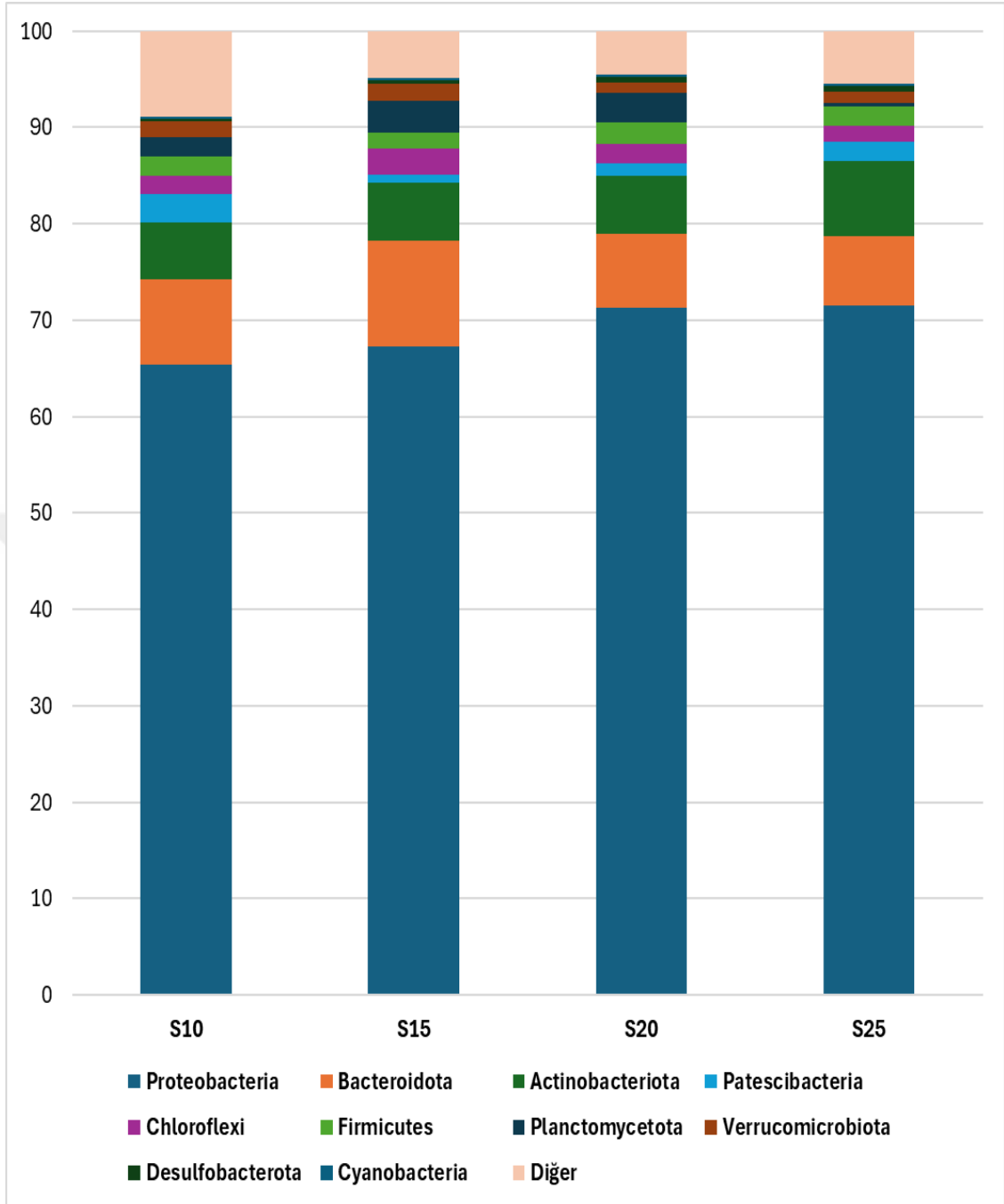


Şekil 4.15 SY-SYP gruplara ait kırmızı bataklık kerevitlerinin mikrobiyota profilleri (Filum)

4.6.2 Deneme II: Mikrobiyota analizi

Deneme II kapsamında, su yenileme oranlarının (%3/hafta) ve probiyotik takviyesinin (1×10^9 cfu/mL/100 L su) kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) mikrobiyota profilleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tanklardaki stok oranları S10 (10 kerevit/tank), S15 (15 kerevit/tank), S20 (20 kerevit/tank), ve S25 (25 kerevit/tank) olarak belirlenmiştir. Su yenileme grupları (S10, S15, S20, S25) aşağıdaki gibi ayrıntılı bir biçimde elde edilen filum seviyeleri üzerinden karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.18, Şekil 4.16). **Proteobacteria**; S10 grubunda %65,36; S15 grubunda %67,23, S20 grubunda %71,28 ve S25 grubunda %71,55 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek S25 grubunda, en düşük ise S10 grubunda Proteobacteria bolluğunun belirlenmiş olması, stok oranı arttıkça Proteobacteria'nın bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlıklarının arttığını göstermektedir. **Bacteroidota**; S10 grubunda %8,85; S15 grubunda %10,97; S20 grubunda %7,74 ve S25 grubunda %7,18 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek S15 grubunda, en düşük ise S25 grubunda Bacteroidota bolluğunun belirlenmiş olması, stok oranının belirli bir seviyeye kadar arttıkça Bacteroidota'nın baskınlığının arttığını, ancak daha yüksek stok oranlarında rekabetçi dezavantaj yaşadığını göstermektedir. **Actinobacteriota**; S10 grubunda %5,90, S15 grubunda %6,05, S20 grubunda %5,95 ve S25 grubunda %7,76 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek S25 grubunda, en düşük ise S20 grubunda Actinobacteriota bolluğunun belirlenmiş olması, stok oranı arttıkça bu filumun da bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlığının artabileceğini göstermektedir. **Patescibacteria**; S10 grubunda %0,98, S15 grubunda %0,84, S20 grubunda %1,34 ve S25 grubunda %2,01 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek S25 grubunda, en düşük ise S15 grubunda Patescibacteria bolluğunun belirlenmiş olması, stok oranı arttıkça Patescibacteria'nın bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlığının arttığını göstermektedir. **Chloroflexi**; S10 grubunda %2,09, S15 grubunda %2,67, S20 grubunda %1,93 ve S25 grubunda %1,72 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek S15 grubunda, en düşük ise S25 grubunda Chloroflexi bolluğunun belirlenmiş olması, stok oranının belirli bir seviyeye kadar arttıkça Chloroflexi'nin baskınlığının arttığını, ancak daha yüksek stok oranlarında azaldığını göstermektedir. **Firmicutes**; S10 grubunda %1,97, S15 grubunda %1,69, S20 grubunda %2,23 ve S25 grubunda %2,01 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En

yüksek S20 grubunda, en düşük ise S15 grubunda Firmicutes bolluğunun belirlenmiş olması, stok oranının artmasıyla Firmicutes'in bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlığının değişkenlik gösterdiğini göstermektedir. **Planctomycetota**; S10 grubunda %1,97, S15 grubunda %3,38, S20 grubunda %3,13 ve S25 grubunda %0,29 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek S15 grubunda, en düşük ise S25 grubunda Planctomycetota bolluğunun belirlenmiş olması, stok oranı arttıkça bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlığının değişkenlik gösterdiğini göstermektedir. **Verrucomicrobiota**; S10 grubunda %1,72, S15 grubunda %1,69, S20 grubunda %1,04 ve S25 grubunda %1,15 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek S10 grubunda, en düşük ise S20 grubunda Verrucomicrobiota bolluğunun belirlenmiş olması, stok oranının bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlığını hafifçe etkilediğini göstermektedir. **Desulfobacterota**; S10 grubunda %0,25, S15 grubunda %0,42, S20 grubunda %0,59 ve S25 grubunda %0,57 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek S20 grubunda, en düşük ise S10 grubunda Desulfobacterota bolluğunun belirlenmiş olması, stok oranı arttıkça bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlığının arttığını göstermektedir. **Cyanobacteria**; S10 grubunda %0,25, S15 grubunda %0,14, S20 grubunda %0,30 ve S25 grubunda %0,29 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek S20 grubunda, en düşük ise S15 grubunda Cyanobacteria bolluğunun belirlenmiş olması, stok oranı arttıkça bu filumun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlığının hafifçe değişkenlik gösterdiğini göstermektedir. **Diğer filumlar**; S10 grubunda %8,84, S15 grubunda %4,92, S20 grubunda %4,46 ve S25 grubunda %5,46 düzeyinde bir bolluğa ulaştığı saptanmıştır. En yüksek S10 grubunda, en düşük ise S20 grubunda diğer filumlarının bolluğunun belirlenmiş olması, stok oranı arttıkça bu grubun bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlığının azaldığını göstermektedir.



Şekil 4.16 Stok gruplara ait kırmızı bataklık kerevitlerinin mikrobiyota profilleri (Filum)

Çizelge 4.18 Deneme I-II: SY-SYP-Stok gruplarının mikrobiyota profilleri (filum düzeyi)

	Deneme I: Su yenileme grupları (1SY, 3SY, 6SY ve 1SYP, 3SYP, 6SYP ve) aşağıdaki gibi ayrıntılı bir biçimde elde edilen filum seviyeleri üzerinden karşılaştırılmıştır (%)						Deneme II: 3SYP Artan Stok Oranları (10,15,20,25 kerevit/tank) (%)			
	1SY	3SY	6SY	1SYP	3SYP	6SYP	10	15	20	25
Proteobacteria	71,01	70,17	70,48	64,03	63,09	65,23	65,36	67,23	71,28	71,55
Bacteroidota	7,49	7,12	7,78	9,47	11,09	9,56	8,85	10,97	7,74	7,18
Actinobacteriota	7,34	7,72	7,01	6,07	6,51	7,11	5,90	6,05	5,95	7,76
Patescibacteria	0,98	0,79	0,86	1,13	1,08	1,04	0,98	0,84	1,34	2,01
Chloroflexi	2,09	2,79	3,01	2,83	2,88	2,99	2,09	2,67	1,93	1,72
Firmicutes;	1,71	1,98	2,39	2,67	2,44	2,28	1,97	1,69	2,23	2,01
Planctomycetota	1,33	1,48	1,59	2,48	2,69	2,02	1,97	3,38	3,13	0,29
Verrucomicrobiota	1,07	1,27	1,21	1,46	1,83	1,57	1,72	1,69	1,04	1,15
Desulfobacterota	0	0,15	0	0	0,35	0,45	0,25	0,42	0,59	0,57
Cyanobacteria	0	0	0	0	0,45	0,60	0,25	0,14	0,30	0,29
Diğer	6,98	6,53	5,67	9,86	7,59	7,15	8,84	4,92	4,46	5,46

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

İstilacı özelliklerine ilişkin çekincelerden ötürü kırmızı bataklık kerevitinin yetiştiriciliğinin yapılması konusunda tartışmalar mevcuttur. Buna rağmen bu kerevit dünyada en çok yetiştiriciliği yapılan decapod Crustacea arasında beyaz karidesten sonra ikinci sırada yer almakta ve büyük bir tüketici talebi nedeniyle yıllar itibariyle yetiştiricilik oranları da artan bir tür olarak tanınmaktadır. Su ürünleri yetiştiricilik teknolojilerinin ilerlemesi bazı kıymetli türlerin tam kontrollü sistemlerde yetiştiriciliğinin yapılmasını ve bu esnada çevresel ve invazif endişelerin ortadan kaldırılmasını sağlamıştır. Kapalı devre yetiştiricilik sistemleri (RAS) gibi kontrollü koşullarda kırmızı bataklık kereviti yetiştirildiğinde önemli ekonomik avantajlar sunabilir. Bu kapalı alanda yapılan kontrollü sistemlerde, kerevitlerin kaçmasını engellemek, çevresel riskleri minimize ederek güvenli ve sürdürülebilir bir üretim ortamı sağlayabilir. Kapalı devre yetiştiricilik sistemleri ayrıca yetiştiricilik suyunun yeniden kullanılmasına olanak verecek filtrasyon düzenlerine sahip olduğundan, bu sistemlerde düşük su kullanımı yanında çevresel koşulların optimize edilebilmesi mümkündür. Özetle *P. clarkii* yetiştiriciliği için RAS uygulamalarının ideal bir çözüm sunma potansiyeline sahip olduğu değerlendirilmiştir. Kırmızı bataklık kereviti, nitelikli protein içeriği ile dikkat çekmektedir. Bu tür, sağlıklı gıda üretimi için mükemmel bir kaynak olarak kullanılabilir. Pazar taleplerini karşılayacak şekilde yüksek kalitede ürünlerin RAS uygulamaları ile üretilebileceği öngörülmektedir. Kapalı devre sistemler, yıl boyunca sürekli üretim olanağı sundukları için tedarik zincirinde süreklilik ve sezon dışı fiyat avantajları da sağlayabilmektedirler.

Bu doktora tez çalışması ile Avrupa'daki mevcut çekinceler ve ekolojik etkiler dikkate alındığında, *P. clarkii* türünün kapalı devre sistemler gibi güvenli ve kontrollü ortamlarda yetiştirilmesinin farklı fırsatlar sunacağı konusunun tartışmaya açılması gerektiği vurgulanmaktadır. Sürdürülebilir su ürünleri yetiştiricilik uygulamaları ekosistem sağlığını korumak ve kerevit yetiştiriciliğinin gelecek nesiller için sürdürülebilir olmasını sağlamak üzere su kullanımının optimizasyonu, atık yönetimi ve hastalık kontrolü gibi unsurları bütüncül bir biçimde ele alan RAS uygulamalarının yaygınlaşmasının önemli olduğu değerlendirilmiştir.

5.1 Su Kalitesi Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Deneme I'de su yenileme oranlarının (%1, %3, %6) ve probiyotik karışım uygulamalarının kırmızı bataklık kerevitlerinin yetiştiricilik ortamdaki su kalitesi parametreleri üzerinde belirgin etkilere neden oldukları gözlemlenmiştir. pH ve su sıcaklığı gruplar arasında anlamlı farklılıklar göstermemişlerdir ($p>0.05$). Çözünmüş oksijen 6,01 ile 6,11 mg/L aralığında, gerçekte çok düşük bir düzeyde farklılık göstermiştir ($p<0,05$). Nitrit, nitrat ve toplam amonyak değerlerinin, suya probiyotik ilavesi ile ilave edilmeyen gruplarla kıyaslandığında daha düşük düzeylere ulaştığı, özellikle 6SY, 3SYP ve 6SYP gruplarındaki ORP değerlerinin ise, 1SY ve 3SY gruplarına göre anlamlı derecede yüksek olduklarının saptanmış olmasının yüksek su değişimi ya da düşük su değişimi koşullarında suya probiyotik katılmasının su kalitesini iyileştirdiği değerlendirilmesi yapılmıştır ($p<0,05$). Bu bulgular, kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliğinde su kalitesinin iyileştirilmesi için su yenileme oranlarının artırılması önemini ve düşük yenileme oranlarında probiyotik kullanımının pozitif etki yarattığını ortaya koymaktadır. Mevcut doktora tezi ile elde edilen bilgi kerevit yetiştiriciliğinde optimal su kalitesinin sağlanmasında yol gösterici bir rol oynayabilir.

Deneme II için pH değerleri S15, S20, S25 gruplarında 7,05 ile 7,10 aralığında kalmış ve benzer bulunmuştur ancak S10 grubunda pH 7,17 seviyesine yükselmiştir. Çözünmüş oksijen ve su sıcaklığının artan stok oranları arasında anlamlı bir fark yaratmadığı saptanmıştır. Ancak nitrit ve nitrat değerleri bakımından en düşük miktarların düşük stok yoğunluğundaki kerevitlerin tutulduğu yetiştiricilik suyundan elde edildiği, toplam amonyak miktarı bakımından ise gruplar arasında bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Sudaki oksidatif redüksiyon potansiyelinin ORP (mV) artan stok oranlarıyla doğrusal bir az artış göstermemiş olması, düşük stok oranı (S10) ile en yüksek stok oranının (S25) ORP değerlerinin benzer bulunması durumunun kerevit yetiştiriciliği için ideal ORP aralığında kaldığının bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

Mo (2022) suya *Bacillus subtilis* probiyotik bakterisinin ilavesinin ORP değerini yükselttiğini bildirmişlerdir. Wei vd. (2021), grafikler üzerinden bildirdiği için su kalitesine ilişkin bazı değerler yaklaşık olarak tanımlayabilmişlerdir. Buna göre

araştırmacılar, kırmızı bataklık kerevit etinin pirinç ve diğer su bitkileri ile birlikte yetiştiriciliği aşamalarında nitrit değerini; 0,6 ile 0,10 mg/L, nitrat değerini; 0,18-0,75 mg/L, ORP değerini; 55 – 85 mV, pH değerini 7,3 - 8,4 ve oksijen değerlerini ise 3-6,50 mg/L aralığında ölçtüklerini bildirmişlerdir. Yuyu vd. (2022), kırmızı bataklık kerevitinin habitat bozulması ve istila ekolojisi hakkında az sayıda rapor bulunduğunu bildirmişlerdir. Çin'deki Batı Dongting Gölü'nde 2017-2019 yılları arasında gerçekleştirdikleri üç yıllık bir araştırmaya dayanan çalışmanın sonuçlarına göre, *P. clarkii* bolluğunun toplam azot, toplam fosfor, su sıcaklığı, pH, su derinliği ve su berraklığı ile pozitif yönde ilişkili olduğunu fakat çözünmüş oksijen ve redoks potansiyeli ile negatif korelasyona sahip olduğunu bildirmişlerdir. Mevcut doktora tezi kapsamında gerçekleştirilen iki ayrı denemeden elde edilen verilerin yukarıda sunulan önceki çalışmalarla (Wei vd. 2021, Mo 2022, Yuyu vd. 2022) uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

5.2 Büyüme Performansının Değerlendirilmesi

Lutz ve Wolters (1986) kırmızı bataklık kerevitinde büyümenin stok oranı ile ters ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. McClain (1995) çalışmasında stok arttıkça kırmızı bataklık kevitlerinde büyümenin azaldığını bildirmiştir. Büyümeyi etkileyen faktörlerin yoğunluk olduğunu, ilave beslemenin büyümeyi daha az etkilediğini açıklamıştır. İlave besleme, detrital sistemdeki kerevit büyümesini ortalama %46 iyileştirdiğini, başlangıç yoğunluğunun azaltılmasının ise büyümeyi ortalama %80,5 oranında iyileştirdiğini kaydetmiştir. Ramalho vd. (2008) çalışmalarında stok oranı arttıkça büyümede gerileme olduğunu açıklamışlardır. 40 kerevit/m² yoğunluğunda uygun bir besleme ile cinsiyetleri fark etmeksizin genç kerevitleri beslemenin mümkün olduğunu, bu durumda ölümlerin %50'nin altında olacağını, ancak, pazar boyutunda kerevit üretme hedeflendiğinde, daha yüksek yoğunlukların hayatta kalma ve son canlı ağırlığı azaltılabileceğini, fakat hasat ağırlığının görece olarak artılabileceğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, kerevitlere genellikle uygun bir besleme sağlanması ve değişkenler üzerindeki yoğunluk etkisini azaltmak için uygun barınak da temin edilmesi gerektiğinin üzerinde durmuşlardır. Mazlum ve Eversole (2005), benzer boyutlarda stoklanan *P. acutus* juvenillerinin büyüme hızının, aynı mikrokozmalar içindeki *P. clarkii* gençlerinden önemli ölçüde daha hızlı

olduğunu, *P. acutus* ile stoklanan mikrokozmalarda *P. clarkii* juvenillerinin sağ kalımı, yalnız stoklandıkları durumlara göre önemli ölçüde daha az olmuştur. Bir kültür göletinde 2200 adet *P. acutus* ve 2200 *P. clarkii* yavrusu stoklanarak 174 günlük bir büyüme dönemini sonrasında sırasıyla yaşama oranlarını %84 ve %57 olduğunu bildirmişlerdir. Cai vd. (2022), yeme katkı maddesi ilavesinin (*Hematococcus pluvialis* mikroalginin eklenmesinin) *P. clarkii* için büyüme performansını iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Xu vd. (2013) çalışmalarında en etkili büyümeyi SGR (%/gün) 3.14 ile %30 protein ve %7 lipid içeren yem ile beslenenlerden sağladıklarını açıklamışlardır. Mevcut çalışmamızda kullandığımız yemin ham protein oranını %35 ve ham yağ oranı da %10 düzeyindedir. Artan stok oranlarında dahi ulaştığımız SGR değerleri S10 grubu için 4.439 iken S25 grubu için 3.373 düzeyinde olup, Xu vd (2013) çalışmasının sonuçlarına kıyasla daha iyi düzeydedir.

Bulgularımız önceki çalışmalarla genel hatlarıyla uyumludur. Ancak kullandığımız stok oranları yani test ettiğimiz oranlar literatürde daha önce denenmiş olan stok oranlarının üzerindedir. Ayrıca yaşama oranı bulgularımız da yüksektir bu durum kerevitlere uygun saklanma alanı sağlanmasına bağlanabilir. Bu nedenle stok oranı bilgisinin probiyotik varlığında yeniden gözden geçirilmesi gerektiğini ortaya koyması bakımından önemlidir.

Bu tez çalışmasında, çalışılan yetiştirme periyodu içinde kerevitlerin büyüme performansının ve yaşama oranının stok yoğunluğuna bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini ortaya koymaktadır. Özellikle S10 (51,95 adet/m²) ve S15 (77,93 adet/m²) grupları, daha düşük yoğunluklarda daha yüksek büyüme performansı, yem verimliliği ve YO göstermiştir. Yüksek yoğunlukta S20 (103,90 adet/m²) ve S25 (129,88 adet m²) ise daha düşük büyüme performansı, yem değerlendirme oranları ve YO ile ilişkilendirilmiştir. Bu bulgular, kerevitte yoğunluk yönetiminin büyüme ve yaşama oranı üzerindeki etkilerini vurgulamakta ve düşük yoğunlukta daha verimli üretim yapılabileceğini göstermektedir (p<0,05).

Kullanılan tankların yüzey alanı 0,1925 m² olarak ölçülmüştür. S10 grubunun SCA değeri 4,439 g olduğu ve YO değeri %93,33 olduğu için ekonomik analiz hesabına göre 1 tankta 9,33 kerevit, periyot sonunda hayatta kalmıştır. Bir tanktan 39,951 gram kerevit hasat

edilebileceği hesaplanmıştır. Buna göre S10 grubundan 1 m² alandan 207,538 gram kerevit hasat edilebileceği ön görülmüştür.

Diğer stok grupları için SCA ve YO değerleri kullanılarak yapılan benzer bir hesaplama neticesinde; S15 grubundan hasat miktarının 201,787 g/m², S20 grubundan 145,495 g/m², ve S25 grubundan ise 1 m² alandan 116,872 gram kerevit elde edileceği ön görülebilmektedir. Bu durumda en verimli stok oranının düşük stok oranlarından elde edildiği bir başka ifade ile S10 ve onu takip eden stok oranı olan S15 gruplarının yüksek stok gruplarına kıyasla daha verimli oldukları değerlendirilmiştir.

5.3 Besin Madde Bileşen Oranlarının Değerlendirilmesi

Lu vd. (2020), kırmızı bataklık kerevitin 8 haftalık farklı protein düzeylerini test ettikleri besleme çalışması sonrasında; %20,70 ham protein seviyesine sahip yem ile besleme sonrası kaslardaki nem oranının %77,73 yağ oranının 1,89, protein oranının 18,9 ve kül oranının ise %1,33 düzeyinde bildirmişlerdir. %24,70 ham protein oranına sahip yem ile beslenen kerevitlerin %18,32 düzeyinde kas proteinine ulaştıklarını, %30,56 ham proteinle beslenen kerevitlerin %19,46, %35,77 ham proteinli yemle beslenenlerin %20,26 kas proteinine, %41,12 ham proteinli yem tüketen kerevitlerin ise %20,21 ile yüksek seviyede kas proteinine sahip olduklarını, oysa %44,64 gibi yüksek bir ham protein oranına sahip yemle beslenen kerevitlerin kas protein oranlarının %18,75 seviyesine düştüğünü belirtmişlerdir. Bu durumu yemdeki protein oranının optimum bir değerinin olması gerektiği şeklinde açıklamışlardır. Yemdeki protein oranı arttıkça besin madde bileşenlerinin gruplar arasında sadece protein oranları bakımından istatistiki açıdan anlamlı farklılıklar gösterdiğini, eşik sınır olan %41,12 barajının aşılmasından sonra kas protein oranının gerileme gösterdiğini bildirmişlerdir. Mevcut tez çalışmasında, %35 ham proteinli deneme yemi kullanılmıştır. Bu yem ile yapılan beslenme neticesinde elde etmiş olduğumuz kas besin madde bileşen analizi sonuçlarımız literatür ile uyum içerisindedir.

5.4 Hemosit Sayısının Değerlendirmesi

Omurgalıların bağışıklık sisteminden farklı olarak, dekapoların adaptif bir bağışıklık sistemine sahip olmadığı bilinmektedir. Kerevit patojenler ile enfekte olduğunda, hemositlerin dolaşım sistemi içinde patojenleri tanıyarak ve doğuştan gelen bağışıklık tepkilerini aktive ettiğini, bu nedenle hemosit sayısının ve bağışıklık aktivitesinin artırılmasının, *P. clarkii* yetiştiriciliğinde hastalıklara karşı dirençliliğinin artırılmasında önemli bir rol oynadığı kaydedilmektedir (Sánchez-Salgado vd. 2021, Chen vd. 2022). Chen vd. (2022) kırmızı bataklık kerevitinde THC düzeyini 5×10^6 hücre/mL olarak bulduklarını rapor etmişlerdir. Salama vd. (2022), Mısır'da doğada yaşayan kerevitlerde toplam hemosit sayısının 7×10^3 hücre/mL düzeyinde olduğunu bildirmişlerdir. Zhu vd. (2021) yine bu tür için THC düzeyini 3×10^6 , Xu vd. (2022), 9×10^5 , Zhu vd. (2010) $11,97 \times 10^6$, Sun vd. (2016), $3-4 \times 10^6$ hücre/mL ve Dong ve Zhang (2012), $2,8 \times 10^7$ hücre/mL (THC sonucunu grafik şeklinde verdiği için okunan yaklaşık değerdir) olarak kayıtlara geçmişlerdir.

Eklembacaklıların genelinde potansiyel patojenlere karşı geliştirilen doğuştan gelen bir bağışıklık sistemi mevcuttur. Hemositler; fagositoz, kapsülleme, nodül oluşumu ve sitotoksite yeteneğine sahip olmaları sebebiyle bağışıklık reaksiyonlarında önemli rol üstlenirler. Bu kapsamda patojen organizmalardan bakteri ve virüsler gibi enfeksiyöz ajanlara karşı da savunma mekanizması içerisinde değerlendirilirler. En önemli doğal hücresel bağışıklık işlevlerinden biri hemositlerin yaptığı fagositozdur. Toplam hemosit sayısındaki artış bağışıklıkla ilgili bir belirteç olarak değerlendirilmektedir (Liu vd. 2020).

Mevcut çalışmamızın birinci denemesinde; 1SY, 3 SY ve 6SY için 4,09, 4,26 ve 4, 24 $\times 10^6$ hücre /mL, 1SYP, 3SYP ve 6SYP için 5,46, 5,65 ve 5,62 $\times 10^6$ hücre /mL, Deneme II'de artan stok oranlarının test edildiği koşullarda ise S10 grubunda 5,38, S15 grubunda 5,35, S20 grubunda 5,11, ve S25 grubunda 5,07 $\times 10^6$ hücre/mL düzeyinde saptanmışlardır. Mevcut denemelerimizde probiyotik kombinasyonları ile daha yüksek seviyede toplam hemosit sayısına ulaşılmış olması, sürekli indüklenen bağışıklık elemanlarının yetiştiricilik periyodunda kerevitin sağlık yönetimi için kullanılabilir bir

araç olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlarımız prebiyotik, probiyotik ve diğer yem katkısı uygulamalarıyla elde edilen THC sayılarının artışına işaret eden önceki çalışmalar ile önemli ölçüde benzerlik göstermektedir (Safari vd. 2021a, Safari ve Paolucci 2017, Nedaei vd. 2019, Song vd. 2021, Safari vd. 2022). Mevcut doktora tezi çalışmalarından elde ettiğimiz toplam hemosit sayısı değerlerinin literatürüne uyumlu olduğu değerlendirilmiştir. Probiyotik ilavesi ile THC değerleri arasında doğru bir ilişki olduğu anlaşılmıştır.

5.5 Histolojik Bulguların Değerlendirilmesi

Hepatopankreas, sindirim enzimlerinin salgılanmasından, besin maddelerinin depolanması ve metabolize edilmesine, detoksifikasyon süreçlerinden enerji üretimine kadar birçok önemli fonksiyonu yerine getirir. Hepatopankreasın sağlığı, kabukluların genel sağlığı, büyümesi ve yaşam kalitesi üzerinde doğrudan etkilidir. Bu nedenle, hepatopankreasın işlevselliğini ve sağlığını korumak, dekapodların optimal büyüme ve gelişimini desteklemek için esastır. Hepatopankreas, dekapodların genel sağlığı ve büyümesi için kritik bir organdır. Bu organın sağlıklı ve işlevsel olması, besinlerin etkin bir şekilde sindirilmesi ve gerekli besin maddelerinin emilimi ile doğrudan ilişkilidir. Hepatopankreas, amilaz, lipaz ve proteaz gibi sindirim enzimlerini salgılar. Bu enzimler, besinlerin mide ve bağırsaklarda daha küçük moleküllere ayrılmasını sağlar. Bu organ, depolanan besin maddelerinin metabolik süreçler için kullanılmasını sağlar. Glikoz, glikojen formunda depolanır ve gerektiğinde enerji üretimi için kullanılır. Hepatopankreas, zararlı metabolik atıkların detoksifikasyonunu gerçekleştirir. Bu işlev, kabukluların iç ortam dengesini korur ve toksik maddelerin birikimini önler. Hepatopankreas, enerji metabolizmasında merkezi bir rol oynar. Glikojenin glikoza dönüştürülmesi ve enerji üretimi için kullanılması, kabukluların yaşam fonksiyonlarını sürdürebilmeleri için kritiktir (Powell ve Watts 2010, Xiao vd. 2014, Wei ve Yang 2015, Huang vd. 2021, Kaya vd. 2020, Dinçer 2022, Zhang vd. 2022). Bu doktora tez çalışmasında yürütülen 2 ayrı deneme kapsamında su yenileme oranlarının etkileri tek başına ve bu yenileme oranlarına probiyotik katkısının etkileri ayrıca incelenmiştir bu incelemeler neticesinde elde edilen en iyi büyüme oranlarını gösteren grubun uygulaması kullanılarak artan stok oranlarının etkileri incelenmiştir. Tüm deneme gruplarına ait

kerevitlerin hepatopankreas kesitleri arasında histomorfolojik bir değişiklik izlenmemiştir. Sonuçlar kerevitlerin düşük su yenileme koşullarına başarıyla uyum gösterebileceklerinin bir kanıtı olarak değerlendirilmiştir.

5.6 Mikrobiyota Analizinin Değerlendirilmesi

Deneme I'de, su yenileme ve probiyotik takviyeli gruplarda Proteobacteria'nın bolluğu, su yenileme gruplarında 1SY'de %71,01; 3SY'de %70,17; 6SY'de %70,48 bulunmuş, probiyotik takviyeli gruplarda ise 1SYP'de %64,03; 3SYP'de %63,09 ve 6SYP'de %65,23 düzeylerinde saptanmıştır. Chen vd. (2021), çalışmalarında benzer bir biçimde kırmızı bataklık kerevitinin bağırsak mikrobiyotasında Proteobacteria'nın önemli bir yer tuttuğunu ve çevresel koşullara göre bolluğunun değiştiiğini rapor etmişlerdir. Bulgularımız, Proteobacteria'nın çevresel koşullara ve probiyotik takviyesine karşı değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. SY gruplarında Firmicutes filumuna ait bolluğun 1SY'de %1,71; 3SY'de %1,98; 6SY'de %2,39; SYP gruplarında ise 1SYP'de %2,67, 3SYP'de %2,44 ve 6SYP'de %2,28 olduğu saptanmıştır. Hou vd. (2023), çalışmalarında benzer bir şekilde Firmicutes'in decapodlarda yaygın olduğunu belirttiği için bulgularımızın önceki araştırma ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir. SY gruplarında Bacteroidota'nın bolluğu 1SY'de %7,49; 3SY'de %7,12; 6SY'de %7,78; SYP gruplarında ise 1SYP'de %9,47; 3SYP'de %11,09 ve 6SYP'de %9,56 olarak saptanmıştır. Hou vd. (2023), çalışmasında da benzer bulguların elde edilmiş olduğu belirlenmiştir. SY gruplarında Actinobacteriota bolluğu 1SY'de %7,34; 3SY'de %7,72, 6SY'de %7,01; SYP gruplarında ise 1SYP'de %6,07; 3SYP'de %6,51 ve 6SYP'de %7,11 olarak saptanmıştır. Xu vd. (2020), çalışmaları da Actinobacteriota'nın çevresel koşullara karşı duyarlılık gösterdiğini ifade etmişlerdir. Bulgularımız, yapılan bu çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur. SY gruplarında Patescibacteria'nın bolluğu 1SY'de %0,98; 3SY'de %0,79, 6SY'de %0,86; SYP gruplarında ise 1SYP'de %1,13; 3SYP'de %1,08 ve 6SYP'de %1,04 olarak saptanmıştır. Hou vd. (2023), çalışmalarında, Patescibacteria'nın düşük sıcaklık dönemlerinde dominant bakteri olduğunu göstermektedir. Deneme sıcaklığımız düşük olmadığı için mevcut oranların literatür ile uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. SY gruplarında Chloroflexi'nin bolluğu 1SY'de %2,09; 3SY'de %2,79, 6SY'de %3,01; SYP gruplarında ise 1SYP'de %2,83; 3SYP'de %2,88 ve 6SYP'de %2,99 olarak saptanmıştır.

Zhu vd. (2023), çalışmalarında Chloroflexi filumunu çevresel koşullara adaptasyon ile ilişkilendirmiştir. Verrucomicrobiota'nın bolluğu 1SY'de %1,07, 3SY'de %1,27, 6SY'de %1,21; 1SYP'de %1,46, 3SYP'de %1,83 ve 6SYP'de %1,57 olarak saptanmıştır. Wu vd. (2021) çalışmalarında, Verrucomicrobiota'nın çevresel değişikliklere karşı duyarlı olduğunu ifade etmişlerdir. Desulfobacterota'nın bolluğu 1SY'de %0, 3SY'de %0,15, 6SY'de %0; 1SYP'de %0, 3SYP'de %0,35 ve 6SYP'de %0,45 olarak saptanmıştır. Khan vd. (2021) çalışması, Desulfobacterota'nın genel metabolizma faaliyetlerini desteklediğini göstermektedir. Cyanobacteria'nın bolluğu 1SY'de %0, 3SY'de %0, 6SY'de %0; 1SYP'de %0, 3SYP'de %0,45 ve 6SYP'de %0,60 olarak saptanmıştır. Sun vd. (2021) Cyanobacteria'nın çevresel koşullara adaptasyon yeteneğini gösterdiğini, Wu vd. (2018) sindirim kanalında Cyanobacteria grubunun düşük seviyelerde kalmasının beyaz karidesin (*Litopenaeus vannamei*) büyüme ve bağışıklığı ile ilişkilendirildiğini bildirmişlerdir. Mevcut mikrobiyota profili bulgularımız önceki araştırmacıların bulgularıyla genel olarak uyumlu bulunmuştur.

Artan stok oranlarının test edildiği Deneme II'de Proteobacteria'nın bolluğu S10'da %65,36; S15'te %67,23; S20'de %71,28 ve S25'te %71,55 olarak bulunmuştur. Chen vd. (2021) çalışması, Proteobacteria'nın çevresel koşullara göre bolluğunun değiştiğini rapor etmiştir. Bulgularımız, artan stok oranlarının Proteobacteria'nın bağırsak mikrobiyotasındaki baskınlığını artırdığını göstermektedir. Firmicutes'in bolluğu S10'da %1,97, S15'te %1,69, S20'de %2,23 ve S25'te %2,01 olarak bulunmuştur. Hou vd. (2023) çalışması, Firmicutes'in decapodlarda yaygın olduğunu göstermektedir. Bulgularımız, Firmicutes'in çevresel değişikliklere ve artan stok oranlarına adaptasyon gösterdiğini desteklemektedir. Su yenileme ve probiyotik takviyesi koşullarında artan stok oranlarıyla Bacteroidota'nın bolluğu S10'da %8,85, S15'te %10,97, S20'de %7,74 ve S25'te %7,18 olarak bulunmuştur. Hou vd. (2023) çalışması da Bacteroidota'nın çevresel değişikliklere duyarlı olduğunu göstermektedir. Bulgularımız, artan stok oranlarının Bacteroidota'nın bağırsak mikrobiyotasındaki bolluğunu etkilediğini ve belirli bir seviyede azalmaya yol açtığını göstermektedir. Actinobacteriota'nın bolluğu S10'da %5,90, S15'te %6,05, S20'de %5,95 ve S25'te %7,76 olarak bulunmuştur. Xu vd. (2020) çalışmaları, Actinobacteriota'nın çevresel koşullara adaptasyon yeteneğini göstermektedir. Bulgularımız, Actinobacteriota'nın artan stok oranlarıyla bağırsak mikrobiyotasındaki

bolluğunun arttığını göstermektedir. *Patescibacteria*'nın bolluğu S10'da %2,94, S15'te %0,84, S20'de %1,34 ve S25'te %2,01 olarak bulunmuştur. Hou vd. (2023) çalışması, *Patescibacteria*'nın çevresel değişikliklere duyarlı olduğunu göstermektedir. Bulgularımız, *Patescibacteria*'nın artan stok oranlarıyla bağırsak mikrobiyotasındaki bolluğunun değişkenlik gösterdiğini ve belirli seviyelerde arttığını göstermektedir. *Chloroflexi*'nin bolluğu S10'da %1,97, S15'te %2,67, S20'de %1,93 ve S25'te %1,72 olarak bulunmuştur. Zhu vd. (2023) çalışması, *Chloroflexi*'nin çevresel koşullara adaptasyon yeteneğini göstermektedir. Bulgularımız, *Chloroflexi*'nin artan stok oranlarıyla bağırsak mikrobiyotasındaki bolluğunun belirli bir seviyeye kadar arttığını, ancak daha yüksek stok oranlarında azaldığını göstermektedir. *Firmicutes*'in bolluğu S10'da %1,97, S15'te %1,69, S20'de %2,23 ve S25'te %2,01 olarak bulunmuştur. Hou vd. (2023) çalışması da *Firmicutes*'in çevresel değişikliklere adaptasyon gösterdiğini desteklemektedir. Bulgularımız, *Firmicutes*'in artan stok oranlarıyla bağırsak mikrobiyotasındaki bolluğunun belirli bir seviyeye kadar arttığını, ancak daha yüksek stok oranlarında azaldığını göstermektedir. *Planctomycetota*'nın bolluğu S10'da %1,97, S15'te %3,38, S20'de %3,13 ve S25'te %0,29 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, *Planctomycetota*'nın çevresel değişikliklere duyarlı olduğunu göstermektedir. Bulgularımız, *Planctomycetota*'nın artan stok oranlarıyla bağırsak mikrobiyotasındaki bolluğunun değişkenlik gösterdiğini ve belirli seviyelerde azaldığını göstermektedir. *Verrucomicrobiota*'nın bolluğu S10'da %1,72, S15'te %1,69, S20'de %1,04 ve S25'te %1,15 olarak bulunmuştur. Wu vd. (2021) çalışması da *Verrucomicrobiota*'nın çevresel değişikliklere duyarlı olduğunu göstermektedir. Bulgularımız, *Verrucomicrobiota*'nın artan stok oranlarıyla bağırsak mikrobiyotasındaki bolluğunun belirli seviyelerde değişkenlik gösterdiğini ve azaldığını göstermektedir. *Desulfobacterota*'nın bolluğu S10'da %0,25; S15'te %0,42; S20'de %0,59 ve S25'te %0,57 olarak bulunmuştur. Khan vd. (2021) çalışması, *Desulfobacterota*'nın genel metabolizma faaliyetlerini desteklediğini göstermektedir. Bulgularımız, *Desulfobacterota*'nın artan stok oranlarıyla bağırsak mikrobiyotasındaki bolluğunun belirli seviyelerde arttığını göstermektedir. *Cyanobacteria*'nın bolluğu S10'da %0,25, S15'te %0,14, S20'de %0,30 ve S25'te %0,29 olarak bulunmuştur. Sun vd. (2021) çalışması, *Cyanobacteria*'nın çevresel koşullara adaptasyon yeteneğini göstermektedir. Bulgularımız, *Cyanobacteria*'nın artan stok oranlarıyla bağırsak mikrobiyotasındaki bolluğunun belirli seviyelerde arttığını

göstermektedir. Hernández-Pérez ve Söderhäll (2023), decapod hayvanlardaki bağırsak mikrobiyotasının, organizmalarda homeostazın ve sağlığın korunmasında önemli bir unsur olduğunu bildirmişlerdir. Son yıllarda, kerevitler dahil tatlı su kabuklularının bakteriyel topluluklarını ve bu toplulukların konağın fizyolojisi ve su ortamları ile etkileşimlerini karakterize etmek için önemli çalışmalar yapılmıştır. Kerevitlerin bağırsak mikrobiyal topluluklarının, özellikle su ürünleri yetiştiriciliğinde beslenme ve çevresel faktörlerden güçlü bir şekilde etkilendiği ve yüksek derecede esneklik gösterdiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca, mikrobiyotanın bağırsak bölümleri boyunca karakterizasyonu ve dağılımına ilişkin çalışmaların probiyotik potansiyeli olan bakterilerin keşfedilmesine yol açtığını ifade etmişlerdir. Bu mikroorganizmaların yemlere eklenmesinin, kerevit türlerinin büyümesi ve gelişmesi üzerinde sınırlı bir pozitif etki yarattığını belirtmişlerdir. Ancak, viral etiyojiden kaynaklanan enfeksiyonların, bağırsak mikrobiyal topluluklarının çeşitliliğinin ve bolluğunun azalmasına neden olduğuna dair kanıtlar sunduklarını ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılar kerevitin bağırsak mikrobiyotasına ilişkin mevcut verileri gözden geçirmişler, en sık gözlemlenen filumun baskınlığını vurgulamışlar, mikrobiyom manipülasyonunun kanıtlarını ve bunun üretim parametreleri üzerindeki potansiyel etkilerini incelemişlerdir. Ayrıca, mikrobiyomun hastalıkların ortaya çıkışı ve çevresel bozulmalardan etkilenme rolünü tartışmışlardır.

Kerevit verimliliğinin artırılması için probiyotiklerin dahil edilmesine yönelik başarılı bir örnekler olduğunu bunlardan birinin ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) kullanımı üzerine gerçekleştirildiği bilinmektedir. (Xu vd. 2021). *P. clarkii* yemine ekmek mayası ilave ederek 28 günlük besleme sonrası daha iyi bir canlı ağırlık artışı elde ettiklerine rapor etmişlerdir. Ekmek mayasının YFI-SC2 suşunun bir probiyotik olarak kerevit yetiştiriciliğinde uygulanabilir aday olması üzerine daha fazla araştırmanın yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Foysal vd. (2020), *Cerax cainii* kerevitinin yemine iyi bilinen probiyotik bakterilerden *Lactobacillus acidophilus* ve *Lactobacillus plantarum* dahil edilmesinin, mikrobiyal toplulukları değiştirerek Pseudomonadota (Proteobacteria), Mycoplasmatota (Tenericutes), Bacteroidota (Bacteroidetes) ve Bacillota (Firmicutes) filumlarının artışına neden olduğunu bildirmişlerdir. Canlı ağırlık artışında önemli bir fark gözlemlenmemiş olsa da toplam hemosit sayısında bir artış tespit edildiğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, Zhu vd. (2023) tarafından yapılan bir

çalışmada, balıklardan elde edilen probiyotik bakteriler (*Bacillus amyloliquefaciens* ve *Lactococcus lactis*), *P. clarkii* yemine katkı maddesi olarak verilmiştir. Bu takviyenin, bağırsak mikrobiyotasında çeşitliliği artırdığını ve viral ve bakteriyel patojenlerle yapılan deneysel enfeksiyonlardan sonra probiyotik takviyesi yapılan organizmalarda ölüm oranları gerilediğini, sonuçlarının probiyotiklerin decapod yetiştiriciliğinde kullanılma potansiyelini ortaya koyduğunu ifade etmişlerdir.

Alvanou vd. (2023), Su ürünleri yetiştiriciliğinin sağlık koşullarından uzaklaşmaya yol açabilecek birçok faktörden etkilenebileceğini ve bu olumsuzluklarla başa çıkmak için sistemlerin çevre dostu yöntemlerle kontrol edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu kapsamda prebiyotikler, probiyotikler ve sinbiyotiklerin, konağın bağırsak sağlığını iyileştirmek, işlevselliğini ve fizyolojik performansını artırmak ve artan antimikrobiyal dirençle mücadele etmek amacıyla yeme ilave edilmesinin önemli olduğunu bildirmişlerdir. Bu yönde atılacak ilk adımın, organizmanın karmaşık mikrobiyom sistemini anlamak ve optimal takviyeyi, en uygun konsantrasyonda ve doğru şekilde uygulamak olduğunu açıklamışlardır. Yaptıkları derlemede, su ürünleri yetiştiriciliğinde katkı maddesi olarak kullanılan pre-, pro- ve sinbiyotikler ile kerevitlerde bağırsak mikrobiyomunu etkileyen faktörler ve bunların gelecekteki olası sonuçlarını tartışmışlardır. Probiyotikler, organizmaların enerji üretimi ve etkili bağışıklık tepkisine odaklanan patojenik olmayan bakterilerden oluştuğunu, prebiyotiklerin konak organizma tarafından sindirilemeyen lifler olduğunu gastrointestinal ve bağışıklık sisteminin mikrobiyotası arasında optimum dengeyi sağlamak için tercih edildiklerini, sindirim kanalında yaşayan mikroorganizmaların büyümesini ve aktivitesini teşvik ettiklerini, sinbiyotiklerin ise bu ikisinin bir karışımı olarak tanımlanabilecek eklerini açıklamışlardır. Pro-, pre- ve sinbiyotiklerin birçok faydası arasında bağışıklığın güçlendirilmesi, patojenlere karşı direnç geliştirme ve genel refahın arttırılmasına katkıda bulunduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, bağırsak mikrobiyota bolluğu ve bileşiminin, organizmanın gelişim aşaması, patojen enfeksiyonu, diyet, çevresel koşullar, yetiştiricilik yöntemleri ve toksinlere maruz kalma gibi birçok faktörden etkilendiğini ifade etmişlerdir. Kerevitlerin bağırsak mikrobiyal topluluklarının yüksek esneklik gösterdiğini, enfeksiyonların ise çeşitliliğin ve bolluğun azalmasına yol açtığının bilindiğini kaydetmişlerdir. Sinbiyotik takviyelerinin, probiyotikler ve prebiyotiklerin

ayrı ayrı kullanımına kıyasla daha iyi sonuçlar sağladığının görüldüğünü, ancak yem katkı maddelerinin optimal konsantrasyonları konusunda literatürde çelişkili sonuçların olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumun yapılacak kapsamlı araştırmalarla netlik kazanması gerektiğini bildirmişlerdir. Deneme II sonucunda elde ettiğimiz bulgular, mikrobiyota özellikleri ve filum düzeyindeki çeşitlilik bakımından genel hatlarıyla önceki çalışmalar ile uyum içerisindedir. Kırmızı bataklık kerevitinin yaşam ortamı olan toprak zeminden ve yetiştiriciliğinin beraberce gerçekleştirildiği pirinç ve başka sucul bitkilerin kullanıldığı ya da doğal olarak ortamda bulunması halinde mikrobiyotanın sistemdeki diğer canlı organizmalardan doğrudan etkilendiğini gösteren kanıtlar literatürde mevcuttur. Bu doktora tez çalışması kontrollü koşullarda kapalı devre yetiştiricilik sistemine bir geçiş modeli olarak değerlendirilebileceğinden, toprak havuz ya da başka canlı gruplarıyla etkileşimin söz konusu olmaması mevcut çalışmamızdaki bakteriyel çeşitliliğin kerevit ve kullandığımız probiyotik solüsyondan etkilenme dışında başka bir etkene açık olmadan şekillendiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, su kalitesi yönetimi ve probiyotik kullanımı stratejilerinin optimize edilmesi için değerli bilgiler sağlamaktadır. Bu sonuçlar, su yenileme oranlarının ve probiyotik takviyelerinin mikrobiyota üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Probiyotiklerin belirli bakteriyel grupları baskı altına alırken diğerlerinin çoğalmasını teşvik ettiği, su yenileme oranlarının ise mikrobiyal topluluk üzerinde farklı etkiler oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular, su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde su kalitesi yönetimi ve mikrobiyal dengenin sağlanması için stratejik yaklaşımlar geliştirmeye yardımcı olabilir. Ayrıca kırmızı bataklık kerevitinin yoğun stoklanma koşullarının mikrobiyota kompozisyonu üzerinde belirgin etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Proteobacteria'nın artan bolluğu ve diğer filumların değişken tepkileri, su kalitesi ve mikrobiyal sağlık yönetimi açısından önemli sonuçlar doğurabilir. Özellikle, yoğun stok koşullarının yönetimi ve mikrobiyal dengenin korunması, sürdürülebilir kerevit yetiştiriciliği için kritik öneme sahiptir. Bu bulgular, su ürünleri yetiştiriciliğinde mikrobiyota yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

Bu doktora tez çalışmasıyla, kırmızı bataklık kerevitinin sınırlı su değişimi koşullarında verimli bir biçimde yetiştirileceği laboratuvar ölçeğinde test edilmiştir. Mevcut çalışmada

bu tür için şimdiye kadar literatürde kullanılmış olan stok oranlarından daha yüksek stok oranları denenmiştir. Stok oranı arttıkça yaşama oranının düştüğü önceki çalışmalarda da belirtildiği gibi izlenmiştir. Bu tez çalışması ile büyüme parametreleri yanında bağışıklığın bir göstergesi olan toplam hemosit sayısı, tüketilebilir kas kısmındaki besin madde bileşen analizleri, sağlık koşullarının bir belirteci olan hepatopankreas dokusunun histolojisi ve probiyotik kullanımının bir veri seti ve fikir verebileceği düşünülmektedir. Kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliğinin kontrollü koşullarda yapılmasını teşvik etmek, küresel su ürünleri yetiştiriciliği politikaları ve uygulamalarına katkıda bulunmak, bu doktora tezinin planlanması ve yürütülmesinin odak noktasında yer almıştır. Gelecekte kırmızı bataklık kerevitinin tam kontrollü koşullarda yetiştirilebilmesi, sağlıklı ve güvenilir gıdaya ulaşma konusundaki engellerin kaldırılması çabalarına katkı getirmesi beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbas, M., Abd El-Aziz, M., Kaddah, M., Hassan, A.K.; El-Naggar, H.A., Radwan, M., El-Tabakh, M., Afifi, M.A. ve Bashar, M. 2023. Bioaccumulation, biosedimentation, and health hazards of elements in crayfish, *Procambarus clarkii* from El-Rahawi Drain and El-Qanatir in the River Nile, Egypt. *Biol. Trace Elem. Res.* 201, 3050–3059.
- Agrawal, R. 2005. Probiotics: An emerging food supplement with health benefits. *Food Biotechnology*, 19(3), 227-246.
- Alcorlo, P., Geiger, W. ve Otero, M. 2004. Feeding preferences and food selection of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, in habitats differing in food item diversity. *Crustaceana*, 77(4), 435-453.
- Allameh, S. K., Noaman, V. ve Nahavandi, R. 2017. Effects of probiotic bacteria on fish performance. *Advanced Techniques in Clinical Microbiology*, 1(2), 11.
- Alvanou, M. V., Feidantsis, K., Staikou, A., Apostolidis, A. P., Michaelidis, B. ve Giantsis, I. A. 2023. Probiotics, prebiotics, and synbiotics utilization in crayfish aquaculture and factors affecting gut microbiota. *Microorganisms*, 11(5), 1232.
- Anonim a 2024. *Procambarus clarkii*. https://en.wikipedia.org/wiki/Procambarus_clarkii Erişim tarihi: 20.06.2024
- AOAC (2000). Official methods of analysis of Association of Analytical Chemist (15th ed.).
- Bian, H., Zhu, Y., Wen, L., Ma, J., Li, P., Geng, Z., Wang, D. ve Xu, W. 2023. Occurrence and health risks of heavy metals in crayfish (*Procambarus clarkii*) from Jiangsu province, China. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 63.
- Boyer, F., Mercier, C., Bonin, A., Le Bras, Y., Taberlet, P. ve Coissac, E. 2016. Obitools: A unix-inspired software package for DNA metabarcoding. *Molecular ecology resources*, 16(1), 176-182.
- Brown, P. B. 1995. Physiological adaptations in the gastrointestinal tract of crayfish. *American Zoologist*, 35(1), 20-27.
- Cai, M., Hui, W., Deng, X., Wang, A., Hu, Y., Liu, B., Chen, K., Liu, F., Tian, H., Gu, X., Li., H. ve Li, J. 2022. Dietary *Haematococcus pluvialis* promotes growth of red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) via positive regulation of the gut microbial co-occurrence network. *Aquaculture*, 551, 737900.
- Çelik, I. ve Keskin, E. 2022. Revealing the microbiome of four different thermal springs in Turkey with environmental DNA Metabarcoding. *Biology*, 11(7), 998.
- Chen, D., Lu, L., Pei, Q., Chen, D., Yang, L., Zhang, X., Zhang, X., Ouyang, P., Geng, Y., Li, Z., Li, L. ve Huang, X. 2022. Transcriptome analysis of the immunomodulatory effects of *Salvia miltiorrhiza* polysaccharide on hemocyte immune response in *Procambarus clarkii*. *Fish & Shellfish Immunology*, 131, 697-706.
- Chen, X., Fan, L., Qiu, L., Dong, X., Wang, Q., Hu, G., Meng, S., Li, D. ve Chen, J. 2021. Metagenomics analysis reveals compositional and functional differences in the gut

- microbiota of red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, grown on two different culture environments. *Frontiers in Microbiology*, 12, 735190.
- Chucholl, C. 2011. Population ecology of an alien “warm water” crayfish (*Procambarus clarkii*) in a new cold habitat. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, (401), 29.
- Colman, A. M. ve Pulford, B. D. 2011. A crash course in SPSS for Windows: updated for versions 14, 15, and 16. John Wiley & Sons.
- Dağtekin, M., Üstündağ, E. ve Candemir, S. 2019. Su Ürünleri Sektör Politika Belgesi 2019-2023. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dai, L. S., Abbas, M. N., Kausar, S. ve Zhou, Y. 2017. Transcriptome analysis of hepatopancreas of *Procambarus clarkii* challenged with polyriboinosinic polyribocytidylic acid (poly I: C). *Fish & Shellfish Immunology*, 71, 144-150.
- Dinçer, S. 2022. Bataklık Kereviti (*Procambarus clarkii*) yetiştiriciliğinde yem katkı maddeleri olarak mannan-oligosakkarit (MOS) ve frukto-oligosakkaritin (FOS) kombine kullanımının büyüme, hepatopankreas histolojisi, hemolenf parametreleri ve toplam bakteri sayıları üzerine etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri anabilim Dalı Doktora tezi. Ankara.
- Dong, C. ve Zhang, P. 2012. A putative G protein-coupled receptor involved in innate immune defense of *Procambarus clarkii* against bacterial infection. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 161(2), 95-101.
- FAO 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- Farrag, M. M., El-Geddawy, M. A. M. ve Ahmed, Z. S. 2022. More evidences for the nutritional quality and future exploitation of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) from the River Nile, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic*
- Fiore, C. L., Longnecker, K., Kido Soule, M. C. ve Kujawinski, E. B. 2015. Release of ecologically relevant metabolites by the cyanobacterium *Synechococcus elongatus* CCMP 1631. *Environmental Microbiology*, 17, 3949-3963
- Foysal, M. J., Fotedar, R., Siddik, M. A. ve Tay, A. 2020. *Lactobacillus acidophilus* and *L. plantarum* improve health status, modulate gut microbiota and innate immune response of marron (*Cherax cainii*). *Scientific Reports*, 10(1), 5916.
- Galperin, M. Y. 2016. Genome diversity of spore-forming Firmicutes. The bacterial spore: *From molecules to systems*, 1-18.
- Gatesoupe, F. J. 1999. The use of probiotics in aquaculture. *Aquaculture*, 180(1-2), 147-165.
- Gatesoupe, F. J. 2007. Updating the importance of lactic acid bacteria in fish farming: natural occurrence and probiotic treatments. *Microbial Physiology*, 14(1-3), 107-114.
- Genc, E., Kaya, D., Genc, M. A., Keskin, E., Yavuzcan, H., Guroy, D. ve Aktas, M. 2024. Effect of dietary mannan oligosaccharide inclusion on production parameters of

- Farfantepenaeus aztecus* cultured in a biofloc system. *Journal of the World Aquaculture Society*, e13086.
- Genc, M. A., Aktas, M., Genc, E. ve Yilmaz, E. 2007. Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth, body composition and hepatopancreas histology of *Penaeus semisulcatus* (de Haan 1844). *Aquaculture Nutrition*, 13(2), 156-161.
- Gherardi, F. 2006. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 39(3), 175-191.
- Gibbons, N. E. ve Murray, R. G. E. 1978. Proposals concerning the higher taxa of bacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 28(1), 1-6.
- Guo, K., Ruan, G., Fan, W., Fang, L., Wang, Q., Luo, M. ve Yi, T. 2020. The effect of nitrite and sulfide on the antioxidant capacity and microbial composition of the intestines of red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. *Fish & Shellfish Immunology*, 96, 290-296.
- Hammer, H. S., Bishop, C. D. ve Watts, S. A. 2000. Activities of three digestive enzymes during development in the crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda). *Journal of Crustacean Biology*, 20(4), 614-620.
- Hernández-Pérez, A. ve Söderhäll, I. 2023. Intestinal microbiome in crayfish: Its role upon growth and disease presentation. *Developmental & Comparative Immunology*, 145, 104703.
- Hersi, M. A., Genc, E., Pipilos, A. ve Keskin, E. 2023. Effects of dietary synbiotics and biofloc meal on the growth, tissue histomorphology, whole-body composition and intestinal microbiota profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured at different salinities. *Aquaculture*, 570, 739391.
- Hou, D., Zhao, C., ve Liu, J. 2023. Gut microbiome composition and functional prediction of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) in different aquaculture environments. *Microbial Ecology*, 85(4), 849-860.
- Huang, X., Xiong, G., Chen, X., Liu, R., Li, M., Ji, L., Zhang, X., Geng, Y., Ou, Y., Chen, D., Yin, L., Li, L. ve Yang, S. 2021. Autolysis in crustacean tissues after death: A case study using the *Procambarus clarkii* hepatopancreas. *BioMed Research International*, 2021(1), 2345878.
- Jiravanichpaisal, P., Lee, S. Y., Kim, Y. A., Andren, T. ve Söderhäll, I. 2007. Antibacterial peptides in hemocytes and hematopoietic tissue from freshwater crayfish *Pacifastacus leniusculus*: characterization and expression pattern. *Developmental & Comparative Immunology*, 31(5), 441-455.
- Kaya, D., Genc, E., Genc, M. A., Aktas, M., Eroldogan, O. T. ve Guroy, D. 2020. Biofloc technology in recirculating aquaculture system as a culture model for green tiger shrimp, *Penaeus semisulcatus*: Effects of different feeding rates and stocking densities. *Aquaculture*, 528, 735526. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735526>
- Khan, I., Huang, Z., Liang, L., Li, N., Ali, Z., Ding, L. ve Hong, M. 2021. Ammonia stress influences intestinal histomorphology, immune status and microbiota of

- Chinese striped-neck turtle (*Mauremys sinensis*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 222, 112471.
- Krotman, Y., Yergaliyev, T. M., Alexander Shani, R., Avrahami, Y., ve Szitenberg, A. 2020. Dissecting the factors shaping fish skin microbiomes in a heterogeneous inland water system. *Microbiome*, 8, 1-15.
- Liu, S., Zheng, S. C., Li, Y. L., Li, J. ve Liu, H. P. 2020. Hemocyte-mediated phagocytosis in crustaceans. *Frontiers in Immunology*, 11, 268.
- Loureiro, T. G., Anastácio, P. M. S. G., Araujo, P. B., Souty-Grosset, C. ve Almerão, M. P. 2015. Red swamp crayfish: biology, ecology and invasion-an overview. *Nauplius*, 23, 1-19.
- Loureiro, T. G., Anastácio, P. M., Bueno, S. L., Araujo, P. B., Souty-Grosset, C. ve Almerão, M. P. 2015. Distribution, introduction pathway, and invasion risk analysis of the North American crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae) in Southeast Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, 35(1), 88-96
- Lu, X., Peng, D., Chen, X., Wu, F., Jiang, M., Tian, J. ve Wei, K. 2020. Effects of dietary protein levels on growth, muscle composition, digestive enzymes activities, hemolymph biochemical indices and ovary development of pre-adult red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Aquaculture Reports*. 18.
- Lutz, C. G. ve Wolters, W. R. 1986. The effect of five stocking densities on growth and yield of red swamp crawfish *Procambarus clarkii*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 17(1-4), 33-36.
- Mackowiak, P. A. 2013. Recycling Metchnikoff: probiotics, the intestinal microbiome and the quest for long life. *Frontiers in public health*, 1, 52.
- Masih, T. 2016. Beneficial Effects of Probiotics on Human Health.
- Mazlum, Y. ve Eversole, A. G. 2005. Growth and survival of *Procambarus acutus acutus* (Girard, 1852) and *P. clarkii* (Girard, 1852) in competitive settings. *Aquaculture Research*, 36(6), 537-545.
- Mazlum, Y., ve Yılmaz, E. 2006. Türkiye'de Önemli Kerevit Türlerinin Yetiştiriciliği. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1).
- McClain, W. R. 1995. Growth of crawfish *Procambarus clarkii* as a function of density and food resources. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26(1), 24-28.
- McClain, W. R. ve Romaine, R. P. 2007. Cultured Aquatic Species Information Programme: *Procambarus clarkii*. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Ed. Rome.
- Mo, A., Li, H., Zhai, Y., Yang, H., Wang, J., Wang, Y., Yi, L., Guo, W. ve Yuan, Y. 2022. Assessment of *Bacillus subtilis* applied in rice-crayfish coculture system on physicochemical properties, microbial sulfur cycling, Cd accumulation and bioavailability. *Journal of Cleaner Production*, 381, 135158.
- Mona, M. H., Rizk, E. S. T., Salama, W. M., ve Younis, M. L. 2015. Efficacy of probiotics, prebiotics, and immunostimulant on growth performance and immunological parameters of *Procambarus clarkii* juveniles. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 69, 17-25.

- Mona, M., Geasa, N. ve Sharshar, K. 2000. Chemical composition of freshwater crayfish (*Procambarus clarkii*) and its nutritive value. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 4(1), 19-34.
- Nedaei, S., Noori, A., Valipour, A., Khanipour, A. A. ve Hoseinifar, S. H. 2019. Effects of dietary galactooligosaccharide enriched commercial prebiotic on growth performance, innate immune response, stress resistance, intestinal microbiota and digestive enzyme activity in Narrow clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823). *Aquaculture*, 499, 80-89.
- NRC. (2011). Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13039>
- Oficialdegui, F. J., Sánchez, M. I. ve Clavero, M. (2020). One century away from home: how the red swamp crayfish took over the world. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30(1), 121-135.
- Omar, B. A., Elmasry, R., Eita, A., Soliman, M. M., El-Tahan, A. M. ve Sitohy, M. 2022. Upgrading the preparation of high-quality chitosan from *Procambarus clarkii* wastes over the traditional isolation of shrimp chitosan. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 911-919.
- Powell, M. L. ve Watts, S. A. 2010. Response to Long-term Nutrient Deprivation and Recovery in the Crayfishes *Procambarus clarkii* and *Procambarus zonangulus*: Oxygen Consumption and Metabolic Enzymes. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(1), 81-91.
- Qin Wei, Q. W., Zhou Xin, Z. X., Zhou WenQuan, Z. W., Hu YaCheng, H. Y. ve Bai AiXu, B. A. 2015. Microflora characteristics of sediment from *Procambarus clarkii* intensive culture pond. *Journal of Southern Agriculture*, 46 (12), 2209-2216.
- Quast, C., Priesse, E., Yilmaz, P., Gerken, J., Schweer, T., Yarza, P., Peplies, J., Glöckner, F. O. ve Glöckner, F. O. 2012. The SILVA ribosomal RNA gene database project: Improved data processing and web-based tools. *Nucleic Acids Research*, 41(D1), 590–596.
- Ramalho, R. O., Correia, A. M. ve Anastácio, P. M. 2008. Effects of density on growth and survival of juvenile Red Swamp Crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard), reared under laboratory conditions. *Aquaculture Research*, 39(6), 577-586.
- Safari, O. ve Paolucci, M. 2017. Modulation of growth performance, immunity, and disease resistance in narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) upon synbiotic feeding. *Aquaculture*, 479, 333-341.
- Safari, O., Paolucci, M., ve Motlagh, H. A. 2022. Dietary supplementation of *Chlorella vulgaris* improved growth performance, immunity, intestinal microbiota and stress resistance of juvenile narrow clawed crayfish, *Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823. *Aquaculture*, 554, 738138.
- Safari, O., Shahsavani, D., Paolucci, M. ve Atash, M. M. S. 2014. Single or combined effects of fructo-and mannan oligosaccharide supplements on the growth performance, nutrient digestibility, immune responses and stress resistance of juvenile narrow clawed crayfish, *Astacus leptodactylus leptodactylus* Eschscholtz, 1823. *Aquaculture*, 432, 192-203.

- Salama, W. M., Lotfy, M. M. ve Monaa, M. M. 2022. Depuration effect on the total hemocytes count and heavy metals concentration in freshwater crayfish, *Procambarus clarkii*. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 48(3), 257-263.
- Sánchez-Salgado, J. L., Pereyra, M. A., Alpuche-Osorno, J. J. ve Zenteno, E. 2021. Pattern recognition receptors in the crustacean immune response against bacterial infections. *Aquaculture*, 532, 735998.
- Savini, D., Occhipinti–Ambrogi, A., Marchini, A., Tricarico, E., Gherardi, F., Olenin, S., ve Gollasch, S. 2010. The top 27 animal alien species introduced into Europe for aquaculture and related activities. *Journal of applied ichthyology*, 26, 1-7.
- Sehna, L., Brammer-Robbins, E., Wormington, A. M., Blaha, L., Bisesi, J., Larkin, I., Martyniuk, C.J., Simonin, M. ve Adamovsky, O. 2021. Microbiome composition and function in aquatic vertebrates: small organisms making big impacts on aquatic animal health. *Frontiers in Microbiology*, 12, 567408.
- Shui, Y., Guan, Z. B., Liu, G. F. ve Fan, L. M. 2020. Gut microbiota of red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in integrated crayfish-rice cultivation model. *AMB Express*, 10, 1-11.
- Skenneron, C. T., Haroon, M. F., Briegel, A., Shi, J., Jensen, G. J., Tyson, G. W. ve Orphan, V. J. 2016. Phylogenomic analysis of Candidatus ‘Izimaplasma’ species: free-living representatives from a Tenericutes clade found in methane seeps. *The ISME journal*, 10(11), 2679-2692.
- Song, Y., Wu, M., Pang, Y., Song, X., Shi, A., Shi, X., Niu, C., Cheng, Y. ve Yang, X. 2021. Effects of melatonin feed on the changes of hemolymph immune parameters, antioxidant capacity, and mitochondrial functions in Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) caused by acute hypoxia. *Aquaculture*, 535, 736374.
- Souty-Grosset, C., Anastacio, P. M., Aquiloni, L., Banha, F., Choquer, J., Chucholl, C., ve Tricarico, E. 2016. The red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in Europe: impacts on aquatic ecosystems and human well-being. *Limnologica*, 58, 78-93
- Sun, B., Quan, H. ve Zhu, F. 2016. Dietary chitosan nanoparticles protect crayfish *Procambarus clarkii* against white spot syndrome virus (WSSV) infection. *Fish & Shellfish Immunology*, 54, 241-246.
- Sun, J., Li, H., ve Chen, F. 2021. Cyanobacteria in fish, shrimp, crab, and oyster: abundance and ecological implications. *Marine Biotechnology*, 23(2), 345-356.
- UN 2024. United Nations, The Sustainable Development Goals. Erişim tarihi: 23.06.2024 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>).
- Vella, N., Vella, A., ve Mifsud, C. M. 2017. First scientific records of the invasive Red Swamp Crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea: Cambaridae) in Malta, a threat to fragile freshwater habitats. *Natural and Engineering Sciences*, 2(2), 58-66.
- Wei, D., Xing, C., Hou, D., Zeng, S., Zhou, R., Yu, L., Wang, H., Deng, Z., Weng, S., He, J. ve Huang, Z. 2021. Distinct bacterial communities in the environmental water, sediment and intestine between two crayfish-plant coculture ecosystems. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105(12), 5087-5101.

- Wei, K. ve Yang, J. 2015. Oxidative damage of hepatopancreas induced by pollution depresses humoral immunity response in the freshwater crayfish *Procambarus clarkii*. *Fish & shellfish immunology*, 43(2), 510-519.
- Wu, Z., Gatesoupe, F. J., Li, T., Wang, X., Zhang, Q., Feng, D., Feng, Y., Chen, H. ve Li, A. 2018. Significant improvement of intestinal microbiota of gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) after traditional Chinese medicine feeding. *Journal of Applied Microbiology*, 124, 829-841.
- Wu, Z., Zhang, Q., Zhang, T., Chen, J., Wang, S., Hao, J. ve Li, A. 2021. Association of the microbiota dysbiosis in the hepatopancreas of farmed crayfish (*Procambarus clarkii*) with disease outbreaks. *Aquaculture*, 536, 736492.
- Xiao, M., Xiao, Y., Wu, Z. ve Hu, X. 2012. Effects of stocking density on growth, digestive enzyme activities and biochemical indices of juvenile *Procambarus clarkii*. *Journal of Fisheries of China*, 36(7), 1088-1093.
- Xiao, X., Han, D., Zhu, X., Yang, Y., Xie, S. ve Huang, Y. 2014. Effect of dietary cornstarch levels on growth performance, enzyme activity and hepatopancreas histology of juvenile red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard). *Aquaculture*, 426, 112-119.
- Xie, M., Zhang, S., Xu, L., Wu, Z., Yuan, J. ve Chen, X. 2021. Comparison of the intestinal microbiota during the different growth stages of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Frontiers in Microbiology*, 12, 696281.
- Xu, C., Zhong, X. Q., Li, X. F., ve Shi, H. J. 2020. Regulation of growth, intestinal microflora composition and expression of immune-related genes by dietary supplementation of *Streptococcus faecalis* in blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). *Fish & Shellfish Immunology*, 105, 195-202.
- Xu, H., Bai, X., Li, Y., Li, J., Meng, Y., Xu, Z., ve Huang, Y. 2022. Changes in the Immunity, Histopathology, and Metabolism of Crayfish (*Procambarus clarkii*) in Response to Drought. *Animals*, 12(7), 890.
- Xu, L., Yuan, J., Chen, X., Zhang, S., Xie, M., Chen, C. and Wu, Z. 2021. Screening of intestinal probiotics and the effects of feeding probiotics on the digestive enzyme activity, immune, intestinal flora and WSSV resistance of *Procambarus clarkii*. *Aquaculture*, 540, 736748.
- Xu, W. N., Liu, W. B., Shen, M. F., Li, G. F., Wang, Y. ve Zhang, W. W. 2013. Effect of different dietary protein and lipid levels on growth performance, body composition of juvenile red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Aquaculture International*, 21, 687-697.
- Yang, H., Zhang, M., Ji, T., Zhang, Y., Wei, W. ve Liu, Q. 2022. *Bacillus subtilis* CK3 used as an aquatic additive probiotics enhanced the immune response of crayfish *Procambarus clarkii* against newly identified *Aeromonas veronii* pathogen. *Aquaculture Research*, 53(1), 255-264.
- Yang, Z., Hao, J., Liu, Y., Wu, X. ve Chen, X. 2024. Histological morphology and gene expression in the digestive system of *Procambarus clarkii*. *Aquaculture and Fisheries* (in press)

- Yanık, T., Aras, N. M. ve Çiltaş, A. 2001. Su Kalitesine Giriş Ders Notları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, 132s., Erzurum.
- Ying, S., Ji-cai, P., Juan, T., Jing-jing, L., Xin, G. ve Xiao-qing, S. 2024. Effects of inactivated *Lactobacillus plantarum* and its metabolites on growth performance and intestinal health of *Procambarus clarkii*. *Feed Research*, 47(7), 49-55.
- Yuyu, W., Wenzhuo, T., Bin, L., Yayu, X., Min, G., Xiuyuan, L. ve Guangchun, L. 2022. Factors determining the abundance of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in a Large Lake Connected to the Yangzte River. *Journal of Resources and Ecology*, 13(1), 61-67.
- Zhang, Y. M., Xu, W. B., Cheng, Y. X., Chen, D. Y., Lin, C. Y., Li, B. Z., Dong W. R. ve Shu, M. A. 2022. Effects of air exposure stress on crustaceans: Histopathological changes, antioxidant and immunity of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii*. *Developmental & Comparative Immunology*, 135, 104480.
- Zhang, Z., Liu, J., Jin, X., Liu, C., Fan, C., Guo, L. ve Peng, N. 2020. Developmental, dietary, and geographical impacts on gut microbiota of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Microorganisms*, 8(9), 1376.
- Zhu, F., Quan, H., Du, H., Xu, Z. ve Li, Y. 2010. The effect of dietary chitosan and chitin supplementation on the survival and immune reactivity of crayfish, *Procambarus clarkii*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41, 284-290.
- Zhu, L., Kong, Y. M., Chang, X. L., Feng, J. C., Wang, X. R., Hou, L. B., Zhao, X. L., Pei, C., ve Kong, X. H. 2023. Effects of two fish-derived probiotics on growth performance, innate immune response, intestinal health, and disease resistance of *Procambarus clarkii*. *Aquaculture*, 562, 738765.
- Zhu, L., Wang, X., Hou, L., Jiang, X., Li, C., Zhang, J., Pei, C., Zhao, X., Li, L. ve Kong, X. 2021. The related immunity responses of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) following infection with *Aeromonas veronii*. *Aquaculture Reports*, 21, 100849.