

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

BATAKLIK KEREVİTİ (*Procambarus clarkii*) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE YEM
KATKI MADDELERİ OLARAK MANNAN-OLİGOSAKKARİT (MOS) VE
FRUKTO-OLİGOSAKKARİTİN (FOS) KOMBİNE KULLANIMININ
BÜYÜME, HEPATOPANKREAS HİSTOLOJİSİ, HEMOLENİ
PARAMETRELERİ VE TOPLAM BAKTERİ SAYILARI ÜZERİNE
ETKİLERİ

Serhat DİNÇER

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2022

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

BATAKLIK KEREVİTİ (*Procambarus clarkii*) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE YEM KATKI MADDELERİ OLARAK MANNAN-OLİGOSAKKARİT (MOS) VE FRUKTO-OLİGOSAKKARİTİN (FOS) KOMBİNE KULLANIMININ BÜYÜME, HEPATOPANKREAS HİSTOLOJİSİ, HEMOLEN PARAMETRELERİ VE TOPLAM BAKTERİ SAYILARI ÜZERİNE ETKİLERİ

Serhat DİNÇER

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ercüment GENÇ

Bu çalışmada, kırmızı bataklık kerevitlerinde yeme prebiyotik katkıları uygulanarak 90 gün boyunca iki ayrı deneme yapılmıştır. Deneme-I'de (15 kerevit/0.24 m² ve başlangıç canlı ağırlığı 0.084-0.085 g), üç tekerrürlü yedi deney grubu tasarlanmıştır. Yemdeki mannan oligosakkarit (MOS) ve frukto oligosakkarit (FOS) seviyeleri (0, 1, 2 ve 3 g/kg) yetiştiricilik verimlerini belirlemek için test edilmiştir. Deneme-II ise MOS ve FOS kombinasyonlarının verim üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneme-I'de en yüksek canlı ağırlık kazancı (CAK) 3 g/kg MOS (8,05±0,22 g) ve FOS (8,00±0,61 g) ile beslenen gruplardan elde edilmiştir. Spesifik büyüme oranları (SBO) 3MOS (5.07±0.04), 3FOS (5.06±0.09) ve 2MOS (4.95±0.07) gruplarında önemli ölçüde farklı bulunmuştur (p<0.05). En iyi yem değerlendirme oranı (YDO), 3MOS (1.28±0.04 g) ve 3FOS (1.29±0.10 g) gruplarından elde edilmiştir. En yüksek yaşama oranı (SR) 3MOS grubundan (93.33%), en düşük YO ise 1MOS grubundan (82.22%) elde edilmiştir. Tüm vücut besin madde bileşen analizinde en yüksek ham protein ve en düşük lipid oranı 3MOS grubuna ait bulunmuştur. Deneme II için (15 kerevit/0.24 m², başlangıç canlı ağırlığı 0.086-0.087 g), üç tekerrürlü 10 deney grubu tasarlanmıştır. 3MOS+3FOS grubunun 1M1F grubuna (%82.22) ve kontrol grubuna (7.039 gr) göre YDO (%93.33) ve son canlı ağırlık (8.905 g) açısından daha verimli olduğu belirlenmiştir. En yüksek SBO 3M2F grubundan (5.13) elde edilirken, en düşük SBO 1M1F grubundan (4.86) hesaplanmıştır (p<0.05). Kontrol grubuna kıyasla prebiyotik gruplardan tüm vücut besin madde bileşimleri bakımından daha yüksek oranlar elde edilmiştir (p<0.05). Deneme I ve II için, hepatopankreas dokuları tüm deneme grupları için benzer ve normal bulunmuştur. Kontrol grupları ile karşılaştırıldığında tüm deney gruplarında toplam hemosit sayısı ve bağırsak içeriğindeki toplam bakteri sayısı da anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (p<0.05).

Temmuz 2022, 64 sayfa

Anahtar Kelimeler: Biyoteknoloji, *Procambarus clarkii*, prebiyotik, mannan-oligosakkarit, frukto-oligosakkarit

ABSTRACT

PhD Thesis

EFFECTS OF COMBINED USE OF MANNAN-OLIGOSACCHARIDE (MOS) AND FRUCTO-OLIGOSACCHARIDE (FOS) AS GROWTH ADDITIVES ON GROWTH ADDITIVES ON GROWTH, HEPATOPANCREAS HISTOLOGY, HEMOLYMPH PARAMETERS AND TOTAL BACTERIAL NUMBERS IN SWAMP CRAYFISH (*Procambarus clarkii*) CULTIVATION

Serhat DİNÇER

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

Supervisor: Prof. Dr. Ercüment GENÇ

In this study, two trials were conducted for 90 days on dietary prebiotics in red swamp crayfish. In Trial-I (15 crayfish/0.24 m² and initial live weight 0.084-0.085 g), seven experimental groups with three replicates were designed. The dietary mannan oligosaccharide (MOS) and fructo oligosaccharide (FOS) levels (0, 1, 2, and 3 g/kg) were tested in terms of the aquaculture yields. In Trial-II, the effects of MOS and FOS combinations on crayfish yield were tested. In Trial-I, the highest weight gain (WG) was obtained from the groups fed with 3 g/kg MOS (8.05±0.22 g) and FOS (8.00±0.61 g). The specific growth rates (SGR) were significantly different in the 3MOS (5.07±0.04), 3FOS (5.06±0.09), and 2MOS (4.95±0.07) groups (p<0.05). The best feed conversion ratio (FCR) was obtained from the 3MOS (1.28±0.04 g) and 3FOS (1.29±0.10 g) groups. The highest survival rate (SR) was obtained from the 3MOS group (93.33%), but the lowest SR was obtained from the 1MOS group (82.22%). In the whole-body proximate analysis, the highest crude protein and lowest lipid ratio belonged to the 3MOS group. In Trial II (15 crayfish/0.24 m², initial live weight 0.086-0.087 g, ten experimental groups with three replicates were designed) it was determined that the 3MOS+3FOS group was more productive than the 1M1F group (82.22%) and the control group (7.039 g) in terms of the FCR (93.33%) and final live body weight (8.905 g). The highest SGR was obtained from the 3M2F group (5.13), while the lowest SGR was calculated from the 1M1F group (4.86) (p<0.05). Higher values of whole-body proximate compositions were obtained from the prebiotic groups compared to the control group (p<0.05). For Trials I and II, the hepatopancreas tissues were standard for all trial groups. Total hemocyte counts and total bacteria counts of intestinal contents were significantly higher for all experimental groups when compared to control groups (p<0.05).

July 2022, 64 pages

Key Words: Biotechnology, *Procambarus clarkii*, prebiotic, mannan-oligosaccharide, fructo-oligosaccharide

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımın her aşamasında tecrübesi ve kıymetli fikirleri ile bana katkı sağlayan, maddi ve manevi varlığını hissettiğim, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ercüment GENÇ'e (AÜ Öğretim Üyesi), tez çalışmasının başından itibaren bilgi ve tecrübeleri ile katkı veren ve tez çalışması analizlerinde yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Münevver Ayçe GENÇ'e (İSTE Öğretim Üyesi) ve Prof. Dr. Yasemin BİRCAN YILDIRIM'a (İSTE Öğretim Üyesi), tez süresi boyunca katkı ve bilgilerini benimle paylaşan izleme komitesi üyesi Sayın Prof. Dr. Hasan Hüseyin ATAR'a (AÜ Ziraat Fakültesi Dekanı), lisans yıllarımdan itibaren tecrübesi ve bilgilerinden fayda sağladığım izleme komitesi üyesi Sayın Prof. Dr. Mevlüt AKTAŞ'a (İSTE Öğretim Üyesi), tez çalışmasında deneme, örnekleme ve analiz aşamalarında yardımcı olan değerli arkadaşım Sayın Öğ. Gör. Dr. Doğukan KAYA'ya (TGOP Öğretim Görevlisi) sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bilimsel çalışmalarım süresince her aşamada yanımda yer alan ve destek olan eşim Sultan BOZKURT DİNÇER ve oğlum Yiğit DİNÇER'e, doktora derecesini elde etmemin arkasındaki en büyük güç kaynağım olan ve fedakârlıklarını hayatım boyunca hissettiğim ve beni hep destekleyen annem Leyla DİNÇER ve babam Nuri DİNÇER'e teşekkür ederim.

Serhat DİNÇER
Ankara, Temmuz, 2022

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
2.1 Kırmızı Bataklık Kereviti Biyolojisi	7
2.1.1 Taksonomi.....	7
2.1.2 Morfoloji	8
2.1.3 Yaşam döngüsü	9
2.2 Prebiyotikler	10
2.2.1 Mannanoligosakkarit (MOS)	12
2.2.2 Fruktooligosakkaritler (FOS)	13
2.3 Prebiyotiklerin (MOS ve FOS) Yem Katkı Maddesi Olarak Kullanımı Üzerine Yapılan Çalışmalar	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	20
3.1 Materyal	20
3.1.1 Canlı materyal	20
3.1.2 Araştırma yeri	21
3.1.3 Denemelerde kullanılan yem	21
3.1.4 Diğer materyaller	22
3.2 Yöntem	23
3.2.1 Deneme I: Yemdeki farklı MOS ve FOS katkılarının kırmızı bataklık kereviti yetiştiricilik performansı üzerine etkilerinin belirlenmesi	23
3.2.2 Deneme II: Yemdeki farklı MOS ve FOS kombinasyonlarının kırmızı bataklık kerevitinin yetiştiricilik performansı üzerine etkilerinin belirlenmesi	24
3.2.3 Su kalite parametrelerinin izlenmesi.....	25
3.2.4 Büyüme parametrelerinin belirlenmesi	26

3.2.5 Besin madde bileşen analizleri	26
3.2.6 Hepatopankreas histomorfolojisi.....	27
3.2.7 Toplam bakteri sayısı.....	28
3.2.8 Toplam hemosit sayısı.....	28
3.2.9 İstatistiki analizler.....	28
4. BULGULAR	29
4.1 Deneme I: Yemdeki farklı MOS ve FOS katkılarının kırmızı bataklık kereviti yetiştiricilik performansı üzerine etkilerinin belirlenmesi.....	29
4.1.1 Deneme I: Su kalitesi	29
4.1.2 Deneme I: Büyüme parametreleri	30
4.1.3 Deneme I: Kerevitlerin tüm vücut besin madde bileşen analizleri	32
4.1.4 Deneme I: Hepatopankreas histomorfolojisi	33
4.1.5 Deneme I: Toplam bakteri sayıları.....	34
4.1.6 Deneme I: Hemolenf parametreleri.....	35
4.2 Deneme II: Yemdeki farklı MOS ve FOS kombinasyonlarının kırmızı bataklık kerevitinin yetiştiricilik performansı üzerine etkileri	35
4.2.1 Deneme II: Su kalitesi parametreleri	35
4.2.2 Deneme II: Büyüme parametreleri.....	36
4.2.3 Deneme II: Kerevitlerin vücut besin madde bileşen analizi.....	39
4.2.4 Deneme II: Grupların hepatopankreas histolojisi	40
4.2.5 Deneme II: Toplam Bakteri Sayıları.....	41
4.2.6 Deneme II: Hemolenf parametreleri	42
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	44
5.1 Su Kalitesi Bulgularının Değerlendirilmesi	44
5.2 Büyüme parametreleri değerlendirilmesi	45
5.3 Tüm vücut bileşen analizinin değerlendirilmesi.....	48
5.4 Hepatopankreas histolojisinin değerlendirilmesi.....	48
5.5 Hemolenf parametreleri değerlendirmesi.....	49
5.6 Toplam Bakteri Sayısının Değerlendirilmesi.....	50
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ.....	63

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrat
%	Yüzde konsantrasyon
cm	santimetre
km ²	kilometrekare
m	metre
m ²	metrekare
ppt	Binde bir
pH	H iyonu konsantrasyonunun 10 tabanında (-) logaritması
ton/yıl	Yılda ton miktarı
CO ₂	Karbondiyoksit
NH ₃	Amonyak Azotu
NO ₂	Nitrit Azotu
NO ₃	Nitrat Azotu

Kısaltmalar

AKM	Askıda Katı Madde
FOS	Fruktooligosakkarit
MOS	Mannanoligosakkarit
GOS	Glukooligosakkarit
IMO	İzomaltooligosakkarit
scFOS	Kısa zincirli fruktooligosakkarit
WSSV	Beyaz nokta sendromu virüsü
AXOS	Arabinoksilanoligosakkarit
GGM	Galaktoglukomannan
XOS	Ksilooligosakkarit
YDO	Yem Değerlendirme Oranı
YO	Yaşama Oranı
CAK	Canlı Ağırlık Kazancı
FA	Son Canlı Ağırlık
BA	Başlangıç Canlı Ağırlık
SBO	Spesifik Büyüme Oranı
FAO	Dünya Gıda Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Kırmızı bataklık kerevitinin taksonomik sınıflandırması	7
Şekil 2.2 Kırmızı bataklık kerevitinin anterior ve posterior görünümü	8
Şekil 2.3 Yetişkin kırmızı bataklık kerevitinin iç morfolojisinin lateral görünümü:	9
Şekil 3.1 A: Kerevitlerin çiftleşmesi, B: Yumurtalı dişi kerevit.....	20
Şekil 3.2 Denemelerde kullanılan juvenil kerevitler.....	25
Şekil 4.1 Deneme I: Canlı ağırlık grafiği	31
Şekil 4.2 Deneme I: Grupların hepatopankreas histolojisi	33
Şekil 4.3 Deneme II canlı ağırlık grafiği.....	38
Şekil 4.4 Deneme süresince her 15 günde canlı ağırlık ölçümü yapılan kerevitler	39
Şekil 4.5 Deneme II: Grupların hepatopankreas histolojisi mikroskopik görüntüsü	41
Şekil 4.6 Deneme II: Hemolenf sıvısı içerisindeki hemositlerin görüntüsü	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Deneme I ve II’de kullanılan yemlerin formülasyonu (%).....	21
Çizelge 3.2 Deneme yemlerinin besin içeriği	22
Çizelge 3.3 Deneme I deneme planı ve kerevit sayıları.....	23
Çizelge 3.4 Denemelerde uygulanan yemleme oranları	24
Çizelge 3.5 Deneme planı ve kullanılacak kerevit sayıları	25
Çizelge 4.1 Deneme I: Ölçülen su kalitesi parametreleri.....	30
Çizelge 4.2 Deneme I: Farklı prebiyotik düzeylerinin <i>P. clarkii</i> türünün yetiştiricilik performansına etkileri	30
Çizelge 4.3 Deneme I: Kerevit tüm besin madde vücut bileşen analizi (% kuru madde).....	32
Çizelge 4.4 Deneme I: Farklı prebiyotik katkılı yemlerin kırmızı bataklık kereviti sindirim kanalı toplam bakteri sayısı (CFU/g).....	34
Çizelge 4.5 Deneme I: Kırmızı bataklık kereviti hemosit sayıları.....	35
Çizelge 4.6 Deneme II: Ölçülen su kalitesi parametreleri	36
Çizelge 4.7 Deneme II: Prebiyotik kombinasyonlarının kırmızı bataklık kerevitinin yetiştiricilik performansına etkileri	37
Çizelge 4.8 Deneme II: Kerevit tüm vücut bileşen analizi değerleri (% kuru madde).....	40
Çizelge 4.9 Deneme II: Kontrol ve prebiyotik yem katkılı grupların toplam aerobik bakteri sayıları	42
Çizelge 4.10 Deneme II: Kırmızı bataklık kereviti hemolenf parametreleri	43

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı ve küresel iklim değişikliğinin yarattığı olumsuzlukların yanında gıda sektörünün tedarik zincirlerindeki aksaklıklar ile hayvansal protein ihtiyacındaki artan talebin karşılanamaması durumunu ortaya çıkartmıştır. Geçtiğimiz iki yıllık dönemde beslenmede ihtiyaç duyulan gıda maddesi üretimi stratejik bir hale getirmiştir. Covid-19 pandemisi ile yaşanan gelişmeler; tarımsal üretimin önemini arttırmıştır. Mevcut koşullarda su ürünleri üretimi hayvansal kaynaklı protein ihtiyacını karşılamak en ideal çözümü oluşturmaktadır. Proteininin ve yağının biyolojik değerinin yüksekliği ile su ürünleri bu ihtiyacı karşılayabilecek miktar ve çeşitliliğe sahip önemli alternatiflerden biridir.

Dünya su ürünleri avcılık verileri incelendiğinde son yıllarda artış hızının durduğu görülmektedir. Son elli yılda avcılık yoluyla elde edilen su ürünleri miktarındaki hızlı artış sonrasında doğal stoklarının sürdürülebilir üretim sınırına ulaştığı değerlendirilmektedir. 1986-1995 yılları arasında içsularda avcılık yoluyla elde edilen su ürünleri miktarı 6,4 milyon ton, denizlerde bu miktar 80,5 milyon ton ve toplamda ise 86,9 milyon ton olmuştur. 2018 yılına gelindiğinde içsularda avcılık yoluyla elde edilen su ürünleri miktarı 12 milyon tona çıkarken denizden yapılan avcılığın payı kısmi olarak artmış ve bu rakam 84,4 milyon ton olarak kayıt edilmiştir. Bu durum uzun dönemde avcılık miktarının benzer oranlar çerçevesinde kaldığını, dolayısıyla bu düzeydeki su ürünleri arzının artan talebi karşılayamayacağını göstermektedir. Diğer yandan su ürünleri yetiştiricilik miktarları incelendiğinde, iç sularda 1986-1995 verileri 8,6 milyon ton iken 2018 yılı verileri 51,3 milyon tona ulaşmıştır. Denizdeki üretim miktarları ise aynı dönemleri kapsamak koşuluyla 6,3 milyon tondan 30,8 milyon ton seviyesine çıkmıştır (FAO, 2020). Hoşsu vd. (2001) yaklaşık yirmi yıl önce yaptıkları değerlendirmelerinde su ürünleri ihtiyacının doğal stoklardan uzun dönemde sürdürülebilir bir biçimde karşılanamayacağını bu nedenle yetiştiriciliğin etkin bir biçimde uygulamaya gireceğini ifade ederek su ürünleri yetiştiriciliğinde üretim miktarlarının artacağına dikkat çekmişlerdir.

Doğal alanlardaki su ürünlerinin avlanması stokların azalmasına neden olurken gereksinim duyulan talep de tam olarak karşılanamamaktadır. Bu nedenle su ürünleri kültür üretimi giderek önem kazanmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde izlenen darboğazlardan biri üretimin tür çeşitliliği bakımından sınırlı kalması bir başka ifade ile sadece belirli türler üzerine yoğunlaşılmasıdır. İkinci ve dikkati çeken önemli darboğaz ise yetiştiriciliğin sınırlı alanlarda gerçekleştiriliyor olması durumudur. Yetiştiriciliğin çevreyle etkileşimi göz önüne alındığında, yoğun üretim bölgelerinde su ürünleri yetiştiriciliğinin üretim oranlarına bağlı olarak çevresel etki yaratma potansiyeli önemli bir sorundur. Ayrıca iklim değişikliğinin getireceği değişen düzene uyum sağlama yeteneğinin kazanılması konusunda yol kat edilmesi ve planlamaların yapılarak etkin bir biçimde uygulamaya aktarılması konusu gündemdeki yerini korumaktadır.

Küresel düzeyde tarımsal alandaki Ar-Ge çalışmaları ile su ürünleri yetiştiriciliğinde tür çeşitliliğinin artırılması ve yetiştiriciliği yapılan türlerin üretim verimliliğinin yükseltilmesi yönündeki araştırmalara yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalarda birim alandan daha fazla ürün elde edilmesi ve pazara sunulma aşamasına kadar geçen zamanda kaliteli, düşük maliyetli ve az kayıplı ürün yetiştirilmesi önemli görülmektedir. Ayrıca bu çalışmalarda çevre dostu üretim tekniklerinin yanında sorumlu ve etik ilkelere uygun yetiştiriciliğin etkin bir biçimde hayata geçirilmesine çalışılmaktadır.

Su ürünleri yetiştiriciliğinin gelişmesi ile birlikte kayıpların azaltılması amacıyla yemlerde antibiyotik kullanılması; dokularıda birikim yapması, antibiyotiğe dayanıklı mikropların gelişmesi, bağışıklığın baskılanması, çevre ve insan sağlığı açısından potansiyel riskleri ortaya çıkartmıştır. Ülkemizde ve Avrupa Birliği'nde su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan yemlerdeki antibiyotiklerin varlığına ilişkin sınırlandırmalar ve yasaklamalar uygulamaya konulmuştur (Boix vd. 2014). Bu yasaklama kararları Avrupa Birliği üye ülkelerine canlı ve dondurulmuş et ve et ürünleri ihraç edenlerle birlikte su ürünleri yetiştiricilerini de etkilemiş ve su ürünleri yetiştiriciliğinde alternatif katkı maddeleri arayışına itmiştir. Yetiştiricilik verimini arttırmak üzere immünoitümulantlar arasında bazı organik asitler, probiyotik mikroorganizmalar, enzim ve türevleri ile prebiyotiklerin etkileri üzerine çalışmaların yoğunlaştığı anlaşılmaktadır (Barug vd. 2006).

Su ürünleri yetiştiriciliği protein ihtiyacının karşılanması için hızlı bir gelişim göstermektedir. Yakın gelecekte tür ve yetiştiricilik teknolojilerinin çeşitlenmesi sayesinde yüksek seviyede yetiştiricilik verimi elde edilmesi beklenmektedir. Ancak yetiştiriciliği sınırlayan en önemli problem hastalıklardan kaynaklı kayıplardır. Yetiştiricilere su ürünleri yetiştiriciliği sürecinde hastalık yönetimini başarıyla gerçekleştirmeleri için yem katkı maddeleri üzerine çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu katkı maddeleri arasında prebiyotiklerin kullanımı umut verici sonuçlar elde edilmesine olanak vermiştir. Prebiyotiklerin yem karması içerisinde stabilitesinin korunması ve yemin bozulmasına sebep olmamaları önemli bir avantaj olarak değerlendirilmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan yemde prebiyotik varlığının yetiştirilen türün sağlığına ve çevreye olumlu katkıları yanında antibiyotikten arı ve genel olarak kimyasal ajanlardan da arı bir ürünün elde edilmesine olanak verdiği de bilinmektedir (Wee vd. 2022).

Dünya su ürünleri yetiştiricilik üretimi son yıllarda önemli ölçüde artan bir ilerleme kaydetmiş, 2018 yılında toplam su ürünleri üretiminin %46'sının yetiştiricilikten geldiği rapor edilmiştir (FAO 2020). Toplam balıkçılık üretimi dikkate alındığında ilk sırada olan Asya kıtası, su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe de en fazla yapılan üretim kıta konumundadır. Çin ise bu kıta içerisindeki en yüksek üretim kapasitesindeki ülkeyi temsil etmektedir (Rohani vd. 2022). Çin eklembacaklı yetiştiriciliğinde de dünya üretiminde ilk sıradadır. Dünya çapında yetiştiriciliği en yüksek rekolte ile gerçekleştirilen ve kökeni Amerika kıtası olan iki kıymetli crustase türü de bu ülkede yetiştirilmektedir. Bunlardan ilki Pasifik beyaz karidesi (*Litopenaeus vannamei*), diğeri ise kırmızı bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*) olarak tanınan türdür.

Kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliği, üretim miktarı hızla artan dünya su ürünleri sektörü içinde tatlı su ıstakozudur. Dünya *Procambarus clarkii* üretimi 2010 yılında 596.300 ton olmuş, 2018 yılına gelindiğinde 1.711.300 tona ulaşarak dünyada en fazla üretimi yapılan ikinci crustase türü konumuna ulaşmıştır (FAO 2020). Bu tür genel olarak çok çeşitli çevresel koşullara, yüksek adaptasyon kapasitesine, yüksek büyüme hızına ve esnek beslenme davranışlarına iyi tolerans gösterir. Son dönemde renklerinden

dolayı akvaryum sektörü için tercih edilmekte ve ticareti yapılmaktadır (Hobbs vd. 1989).

Kırmızı bataklık kereviti, kuzeydoğu Meksika ve güney ABD'ye özgü bir tür olmasına karşın, yerel isim olarak Louisiana kereviti olarak isimlendirilmektedir. Sosyal, ekonomik ve ekolojik öneme sahip olan ve dünyada en çok hasat edilen tatlı su kereviti türü olan bu tür hem yetiştiricilik hem de akvaryum ticaretinde önemli bir konuma ulaşmıştır. Antarktika ve Okyanusya hariç tüm kıtalarda bulunması nedeniyle dünyanın en kozmopolit tatlı su ıstakozu olarak da kabul edilmektedir (Gherardi 2006, Hobbs 1988).

Ülkemizde henüz sadece akvaryum sektörü içinde tercih bulan kırmızı bataklık kereviti, küresel anlamda özellikle Amerika ve Çin başta olmak üzere gıda olarak tüketim talebi yüksek olduğu için sektörel anlamda yoğun yetiştiricilik çalışmaları gerçekleştirilen bir türdür. Küresel kerevit üretiminin %95'inden fazlasının bu türün üretimden geldiği rapor edilmiştir. Kırmızı bataklık kereviti için genellikle 20-25 gramlık hasat büyüklüğü tercih edilmektedir. Tür geleneksel olarak yaygın bir biçimde pirinç tarlalarında (omnivor beslenme davranışı dikkate alınarak) yetiştirilmektedir. Çin'de 2015 yılında yetiştirilen kerevit miktarının 720.000 tondan fazla olduğu, üretilen miktarın çoğunun da insan tüketimi amaçlı kullanıldığı bildirilmiştir (Wang vd. 2018).

Türkmen ve Karadal (2012) Türkiye'de akvaryum sektöründe balık dışında diğer canlı türlerine ilginin arttığını; akvaryum pazarında en çok karides, kerevit ve yengeç türlerinin tercih edildiğini bildirmişlerdir. Özellikle son dönemde kırmızı bataklık kerevitinin sektörde en çok talep edilen tür olduğunu da ifade etmişlerdir. Ülkemizde akvaryum sektöründe kabuklu canlılar arasında satışı yapılan dokuz kerevit türü içerisinde en yaygın türün yine *P. clarkii*, olduğu da çalışmaları kapsamında bildirilmiştir.

Dünyada ve ülkemizde su ürünlerinin artan üretim miktarları ile birlikte yetiştiricilikte ekonomik üretim yöntemleri ve kaliteli ürünlerin elde edilmesi için araştırma çalışmalarına ağırlık verilmesi önerilmektedir. Bu çalışmalar kapsamında yeni türler

için özellikle yem değerlendirme oranı, büyüme performansları ve yetiştiricilikteki optimum gelişim düzeylerinin ortaya konulmasının önemli olduğu bildirilmektedir (Korkut vd. 2007).

Su ürünleri yetiştiricilik yönetiminde verimi artırmak, mümkün olan en kısa zamanda ürünü pazar ağırlığına ulaştırmak en temel amaçtır. Bu amaca ulaşmak için yetiştirilen türe özgü koşulların sağlanması, yüksek yaşama ve büyüme oranı ile hastalıklara karşı direnç için yeterli ve kaliteli besin içeriğine sahip yemlerle beslenmesi gerekmektedir. Bu anlamda su ürünleri yetiştiriciliğinde uygun yemleme miktarı ile kısa sürede daha iyi canlı ağırlık kazancı sağlamak amaçlanmaktadır. Geçmiş dönemlerde yasal bir düzenleme olmadığı için sektörde büyümeyi arttırmak amaçlı yeme katılan sub-terapötik düzeydeki antibiyotiklerin, patojen mikroorganizmaların çoğalmasını engellediği bu sayede besin maddeleri ve enerjinin kas miktarı artışına neden olduğu ileri sürülmüştür. Diğer taraftan antibiyotiklerin yem katkısı olarak yakın zamana kadar sürekli kullanımları bu süreç içerisinde antibiyotiklere karşı yetiştiriciliği yapılan su ürünleri türlerinde direnç oluşması ve kalıntı bırakması gibi olumsuz etkilere yol açmaktadır. Bu nedenle gelişmiş birçok ülkeyle birlikte ülkemizde de 21.01.2006 yılında 26056 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan tebliğ ile antibiyotiklerin kullanılmasına sınırlama getirilmiştir. Bu yasaklamalar özellikle Avrupa Birliği’ne su ürünleri ihracatı yapan ülkeleri doğrudan etkilemiştir. Günümüzde su ürünleri yetiştiriciliği yapılacak türlerin gelişimini hızlandırmak ve daha kaliteli ürün elde etmek için, antibiyotik yerine tercih edilen, patojen mikroorganizmalara karşı etkili olan yetiştiriciliği yapılan türün sağlığına ve tüketici sağlığına zarar vermeyen, doğal çözümler tercih edilmektedir. Bu sebeple performans arttırıcı etkiye sahip, sindirim kanalındaki doğal mikrobiyotaya zarar vermeyen, doku ve hayvansal ürünlerde kalıntı bırakmayan; probiyotik, prebiyotik ve organik asit türevleri gibi alternatif katkıların kullanımı üzerine yoğunlaşmıştır (Parlat vd. 2002, Genç vd. 2011).

Yukarıda belirtilen gerekçeler doğrultusunda bu tez çalışmasının temel sorusu; farklı miktarda iki prebiyotiğin tek başına veya birlikte kullanımının kırmızı bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*) yetiştiriciliğinde istenen verimi sağlayıp sağlamayacağıdır. **Tez çalışmasının evrensel hipotezi ise** iki farklı prebiyotiğin kombine kullanımının kırmızı

bataklık kerevitinde büyüme parametreleri artışını test etmektir. **Bu özgün tez çalışması ile kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliğinde prebiyotiklerin kombine kullanımının avantajları ve dezavantajlarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Prebiyotiklerin kombine kullanımının kırmızı bataklık kereviti büyüme ve histolojik parametrelere etkilerinin değerlendirilmesi için farklı iki deneme planı oluşturulmuş ve prebiyotik yem katkılarının verimini ölçebilecek analizler gerçekleştirilmiştir.**

- **İlk denemede** üç farklı dozda mannanoligosakkarit (MOS) ve üç farklı dozda fruktooligosakkarit (FOS) ilave edilerek hazırlanmış yemlerin uygun su kalitesi koşullarında, 90 gün süre içerisinde **prebiyotiklerin kırmızı bataklık kereviti için en verimli düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır.**

- **İkinci denemede** ise kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliğinde bu iki prebiyotik yem katkı maddesinin **birlikte kullanımının etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.** Burada ilk denemeden elde edilen yem katkı maddesi miktarları kullanılarak prebiyotiklerin kombinasyonlarının etkileri değerlendirilmiştir. Deneme neticesinde kerevit için **en uygun orandaki kombine prebiyotik miktarları belirlenmiştir.**

Denemeler sonucunda su kalitesi parametreleri, büyüme parametreleri, besin madde bileşen miktarları, hepatopankreas histolomorfolojisi, sindirim kanalı bakteri sayıları ve toplam hemosit sayıları üzerinden karşılaştırma yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Kırmızı Bataklık Kereviti Biyolojisi

Kırmızı bataklık kerevitinin hem biyolojik yapısı hem de fizyolojisinin anlaşılması, yetiştiricilik ortamlarında gelişimlerinin izlenmesi, avcılığı ve akvaryum sektöründe de tercih edilmesinden dolayı akvaryum sektörü açısından da önemli bir tür olduğu bilinmektedir. Bu bölümde Cambaridae familyası türlerinden biri olan kırmızı bataklık kerevitinin biyolojik özellikleri açıklanmıştır.

2.1.1 Taksonomi

Kırmızı bataklık kereviti taksonomik sınıflandırmada hayvanlar âleminin en geniş şubesi olan Arthropoda içinde yer almaktadırlar. Arthropoda şubesi binlerce karasal türü kapsamakta ve alt şubesi Crustacea genellikle su ortamına adapte olmuş omurgasızları tanımlamaktadır. Bu tür Malacostraca sınıfında yer almaktadır. Decapoda takımı içerisinde ekonomik değeri yüksek olan türler içerisinde yer alır. Kırmızı bataklık kereviti Decapoda takımı içerisinde Cambaridae familyasında yer almaktadır. Bu familya 400'den fazla türe sahip en geniş tatlı su kerevit ailesidir. Kırmızı bataklık kereviti, Cambaridae familyasının uluslararası ticari değeri bakımından tanınan en önemli türüdür. Bu türe ait taksonomik sınıflandırma **Şekil 2.1**'de verilmiştir (Loureiro vd. 2015, Kumlu 2001).

Âlem: Animal

Şube: Arthropoda

Alt Şube: Crustacea

Sınıf: Malacostraca

Takım: Decapoda

Üst Familya: Astacoidea

Familya: Cambaridae

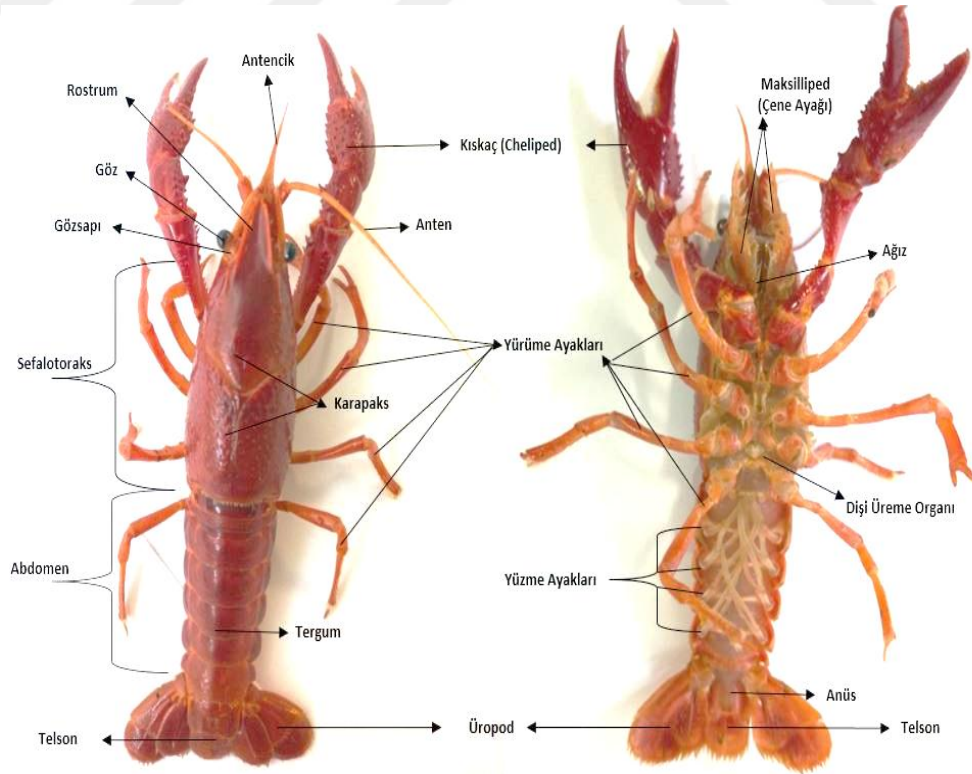
Cins: *Procambarus*

Tür: *Procambarus clarkii*

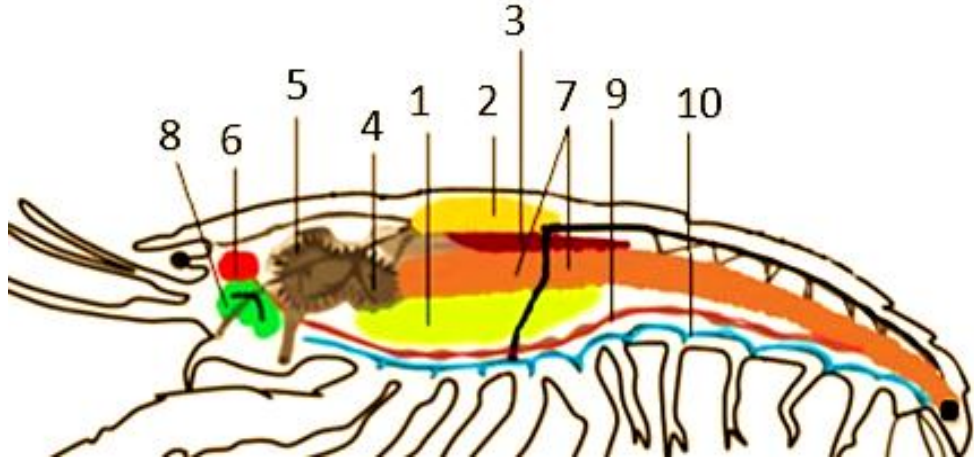
Şekil 2.1 Kırmızı bataklık kerevitinin taksonomik sınıflandırması

2.1.2 Morfoloji

Cambaridae kerevitlerinde morfolojik yapı tıpkı diğer dekapod krustaselerde olduğu gibi sefalotoraks ve abdomen olmak üzere iki ana vücut parçasından oluşmaktadır. Kırmızı Bataklık Kerevitinin sefalotoraksında sekiz çift ektremite bulunmaktadır. Bu ektremitelerin ilk üç çifti kerevitin ağız kenarında ve çenesinde yer alan gıdalırın ağıza alınmasında etkili olan maksilliped adı verilen ektremitelerdir. Sefalotorakta maksillipedleri 5 çift pereipod (yürüme bacakları) takip eder. Söz konusu bu 5 çift pereipodun ilk çiftine, diğer pereipodlardan daha büyük ve kısıkaçlı yapıya sahip olması nedeniyle çelliped adı verilmektedir. Kerevitler bu birinci yürüme bacağı, çellipedleri savunma ve yiyecek yakalamak için kullanmaktadırlar. Kerevitin bir diğer ana vücut parçası olan abdomeninde 6 adet segment yer almaktadır. Bu segmentlerin ilk beşinde pleopod adı verilen yüzme bacakları yer alır. Abdomeni, kerevitin kuyruk kısmını oluşturan iki çift üropod ve bir adet telson takip eder. Telson kerevitin geriye doğru hareket edebilmesine olanak tanır (Şekil 2.1). Kırmızı bataklık kerevitinin iç morfolojisinde dikkat çekici yapılardan biri ana sinir kanalının ventralde, kalp, sindirim kanalı ve gonadların dorsalde yer almasıdır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Kırmızı bataklık kerevitinin anteriyor ve posteriyor görünümü (Orijinal)



Şekil 2.3 Yetişkin kırmızı bataklık kerevitinin iç morfolojisinin lateral görünümü

1: hepatopankreas; 2: kalp; 3: gonad; 4: küçük mide bölümü; 5: ön mide bölümü; 6: beyin; 7: bağırsak; 8: yeşil salgı bezi; 9: sinir arteri; 10: ön göğüs arteri (Macri vd. 2013'den uyarlanmıştır)

2.1.3 Yaşam döngüsü

Tatlı su ekosistemlerinde kerevitler, larval dönemleri olmayan ve su tabanında (bentik) yaşayan eklembacıklılardır. Larval dönemlerini pelajikte planktonik olarak geçiren, sonrasında bentik yaşama geçen pek çok dekapod türlerinin aksine, kerevitler larval ve ergin dönemlerinde, yaşamlarının tamamını bentik bölgede geçirirler. Kerevitlerin, sucul ekosistemlerde olası sel ve kuraklık koşullarına yüksek adaptasyon kabiliyetinin olduğu bilinmektedir. Kerevitler bentik bölgenin kuru olduğu durumlarda yırtıcılardan kaçabilecekleri ve hayatta kalmak için yeterli nemi elde edebilecekleri yuvalar kazarak hayatta kalabilirler (Huner 1994).

Kırmızı bataklık kerevitinde üreme yılın herhangi bir zamanında meydana gelebilir. Tüm eklembacıklılarda olduğu gibi kerevitler de büyümek için kabuk değiştirir. Kerevitler bataklık koşullarında kazdıkları yuvaların içerisindeki yüksek nemli ortamlarda hayatta kalabilseler de üremeleri için su ortamında bulunmaları gereklidir. Dölllenmiş yumurtaların embriyonik gelişimi sıcaklığa bağlı olmakla birlikte, kuluçka süresi yaklaşık 3 haftalık zaman dilimi içerisinde tamamlanmaktadır. Yavru kerevitler ergin kerevitlerin minyatürü olarak yumurtadan çıkarlar. Kabuk değiştirme hormonal olarak kontrol edilir ve genç bireylerde yaşlı bireylerden daha sık görülür. Sıcaklık, su

kalitesi ve besinin uygun olduğu koşullarda kabuk değişimi sık görülür ve büyüme daha hızlı meydana gelir. Genellikle hasat büyüklüğüne kulućkadan sonra 3-5 ay arasında ulaştıkları bilinmektedir. Cinsel olgunluğun başlaması ve üremenin gerćekleřmesi sonrasında büyümenin yavaşlama evresine girdiği ifade edilmektedir (McClain and Romaine 2004). Oluoch (1990) Naivasha G l  (Kenya) kırmızı bataklık kereviti popülasyonunun yumurta verimini 433 ± 21 adet/diři olarak bildirmiştir. Çin'deki ticari kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliği çalışmalarında Jin vd (2019) yumurta miktarının 429 ± 9 adet/diři olduğunu bildirmişlerdir.

2.2 Prebiyotikler

Prebiyotik, ince bağırsakta enzimler tarafından sindirilmeden kalan ve canlı sağlığı için simbiyotik olarak bulunan bazı yararlı bakterilerin çoğalması ve aktivitelerini iyileştiren fermente olmuş besin bileşenleri tanımıyla ifade edilmektedir (Gibson ve Roberfroid 1995).

Prebiyotikler, Manning ve Gibson (2004) tarafından yüksek omurgalı gastrointestinal sisteminde *Salmonella*, *Listeria* ve *Escherichia coli* gibi potansiyel patojenik bakterileri sınırlandırırken, *Lactobacillus* ve *Bifidobacter* gibi az sayıdaki faydalı bakterilerin gelişimini teşvik etmesinin yanısıra bu faydalı bakterilerin aktivitesini de uyarak konak canlıya fayda sağlayan sindirilemeyen gıda bileşenleri olarak da tanımlanmıştır.

Sonraki dönemlerde gerćekleřtirilen araştırma bulguları ile kısa zincirli dirençli karbondhidratlar ifadesiyle anılan prebiyotikleri tüketen canlıların metabolizmasındaki sindirim enzimleri tarafından sindirilemedikleri ortaya konulmuştur (Li vd. 2007, Wang 2009). Prebiyotiklerin doğal bağırsak mikrobiyotasında bulunan mikroorganizmalar olmaksızın da bağışıklık sistemi güçlendiren veya zayıflatan etkileri ile görev yapabildikleri de kanıtlanmıştır (Kunov  vd. 2011).

Prebiyotikler genellikle %80'lik etanolde çözünebilir sindirilemeyen oligosakkaritler olarak da tanımlanmaktadır. Prebiyotikler aktif olmayan gıda bileşenleri olarak kolonda

fermante olup, bakteri florasına katkı sunarak konağa faydalı olurlar. Sindirilemeyen karbonhidrat türevleri (disakkaritler, oligosakkaritler ve polisakkaritler) dışında bazı nişastaların ve şekerlerin türevlerinin de prebiyotik nitelik taşıdığı bilinmektedir (Al-Sheraji vd. 2013).

Yapısındaki monosakkarit çeşitleri ve dizilimleri bakımından farklı olan birçok prebiyotik bulunmaktadır. Oligosakkaritler 3-10 aralığında sakkarit uzunluğuna sahip olan şekerlerdir (Andersson vd. 2001). Bir başka ifadeyle oligosakkaritler, polimerizasyon derecesi 3-10 aralığında değişim gösteren sakkaritlerden oluşan molekül ağırlığı düşük karbonhidratlardır (Weijers vd. 2008). Tanımlardan anlaşılacağı üzere prebiyotikler; sindirilemeyen kısa zincirli karbonhidratlar, dirençli kısa zincirli karbonhidratlar, sindirilemeyen gıda bileşenleri ve sindirilemeyen oligosakkaritler gibi farklı gruplar için kullanılan ortak bir terimdir. Oligosakkaritlerin ve polisakkaritlerin dışındaki karbonhidrat türevlerinin prebiyotik sınıflandırması dışında tutulduğu ifade edilmektedir.

Gulewicz vd. (2003) prebiyotik oligosakkaritlerin; bitkilerden, mikroorganizmalardan, enzimatik sentez ve polisakkaritlerin enzimatik hidrolizi gibi yöntemlerle üretilindiklerini bildirmiştir.

Prebiyotikler epitel hücrelerinin yüzeyinde bulunan benzer glukokonjugantlar için rekabet ederek sindirim kanalının pH düzeyini değiştirebilir. Ayrıca prebiyotiklerin intestinal epiteldeki patojen mikroorganizmaların tutunmasını ve çoğalmasını engelleyen spesifik kommensal bakteriler için bir geliştirme faktörü gibi görev yapabildikleri bilinmektedir (Akhter vd. 2015).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan prebiyotiklerin; β -glukan, inülin, arabinoksilan oligosakkarit (AXOS), mannan oligosakkarit (MOS), galaktooligosakkarit (GOS) fruktooligosakkarit (FOS), galaktoglukomannan (GGM), isomaltooligosakkarit (IMO) ve ksilooligosakkarit (XOS) olduğu bildirilmiştir (Wee vd. 2022).

2.2.1 Mannanoligosakkarit (MOS)

Mannanoligosakkarit ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) hücre duvarı türevi olan glukomannoprotein kompleksi olarak bilinir. Mannoz reseptörü bir endostik reseptördür ve makrofajlardan salınır. Bu sayede endotelial hücreler hem kendi glikoprotein ve mikrobiyal glikan ligantlarını tanıyabilirler. MOS katkılı yemlerin etkinlikleri karasal hayvanlarda çok sayıda çalışma sonucu detaylı olarak bildirilmiştir. Son zamanlarda ise MOS katkısının su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanım olanaklarına ilişkin bilimsel çalışma ve derlemelere ulaşmak mümkün olmuştur (Ringo vd. 2010, Ringo vd. 2014, Torrecillas vd. 2014, Song vd. 2014). Mannoz içeren ligantlar sisteme girdiğinde intraselüler sinyal düzeyi kademeli olarak artar. Ve mannoz reseptörleri ile dentritik hücreler proinflamasyon sitokinleri salgısını arttırırlar. Yemde MOS katkısının doğuştan gelen bağışıklığı arttırdığı hatta omurgalılarda aşının etkinliğini de olumlu yönde geliştirdiğini bildiren çalışmalar mevcuttur (Song vd. 2014). Maya hücre duvarının etkinliği yüksek bir immunostimulant özellik gösterdiği önceki çalışmalarla ortaya konulmuştur. MOS patojen bakterilerin hücre uzantılarına tutunarak bir yüzeye yapışmalarını engellemekte ve sindirim kanalı yoluyla dışarı atılmasını sağlamaktadır. Yem katkısı olarak MOS kullanımı çift yönlü bir avantaj getirmektedir. Bunlardan ilki immün tepkinin yükseltilmesi ve sağlıklı büyümenin teşvik edilmesidir (Genç vd. 2006).

MOS yem katkısı olarak kullanıldığında özellikle omurgalılarda sindirim kanalı epitelinde yer alan villi boylarının artışı yanında diğer tüm organizmalarda bazı hastalık yapıcı mikroorganizmaları inhibe etme ve yemden yararlanma ile büyüme parametrelerini pozitif yönde etkileme niteliğine sahiptir (Firon vd. 1983, Santin vd. 2001, Patterson ve Burkholder 2003, Song vd. 2014).

Patojen bakterilerin sahip olduğu protein yapıdaki lektin, lümen epitelindeki karbonhidrat türevlerine bağlanabilir. Ancak MOS da bir karbonhidrat türevi olduğundan hastalık yapıcı mikroorganizmalar için bir çeşit yanıltıcı bağlanma materyali olarak görev yapabilir. Bu sayede patojenlerin hem gastrointestinal mukoza epiteline hem de hepatopankreas tübüllerine ait mukozal epitele bağ yapmalarını

engelleyebilir. Bu sayede hastalık yapıcıların sınırlanması söz konusu olur ve probiyotik nitelikli mikroorganizmalar lehine bir mikrobiyota çeşitliliği şekillenebilir. Değişen mikrobiyota eksternal ürünleri pH seviyesinin azalmasına sebep olabilir. Bu durumda da hastalık yapıcıların gelişimi sınırlanabilir. MOS yem yapım teknolojisi esnasında uygulanan pişirme protokollerine de uygundur. Çünkü sıcaklık değişimlerine karşı dayanıklı olduğu ifade edilmektedir (İkizdoğan 2006).

2.2.2 Fruktooligosakkaritler (FOS)

FOS, 3-10 arasındaki monosakkaridin α -glikozidik (1-2) bağları oluşturmasıyla meydana gelir (De Oliveira vd. 2011). FOS, β -fruktofuranosidaz hidrolitik aktivitesi ile enzimatik bir reaksiyon sonrası inülden (*Inula helenium* türünden elde edilen karbonhidrat türü, Elecampane: ayçiçeğigiller familyası, Asteraceae) de sentezlenebilmektedir. Doğada soğan, sarımsak, enginar, muz, kuşkonmaz ve birçok diğer benzer bitki çeşidinde ve bal da bulunmaktadır. Kısa zincirli FOS türevleri ise buğday, arpa, çavdar ve tritikaleden (buğday-çavdar hibriti) elde edilebilmektedir (Fuller ve Gibson 1998, Kolida ve Gibson 2007). FOS, fruktosil ünitesinin β -(2-1) glikosidik bağları ile birleşmeleri sonucunda terminal glikoz ünitesine tutunmaları reaksiyonu ile şekillenir. Bu ürün sindirilemeyen oligosakkarit yapısı olan früktoz ve glukoz ünitelerini içerir. FOS karasal hayvan yetiştiriciliğinde ve insan gıda takviyelerinde yaygın olarak çalışılmış bir prebiyotiktir. Memeli sindirim sistemlerinde β -fruktosidaz enzimi eksikliği söz konusu olduğundan; β -(2-1) glikosidik bağları hidrolize edilmektedir. Ancak belli başlı bakteriler tarafından salgılanan (*Lactobacillus* ve *Bifidobacteria*) β -fruktosidaz enzimi ile fermente edilerek üretilirler. Bu sayede FOS etkinliği sindirim kanalında besinler ve bakteri faaliyeti varlığı ile şekillenebilir. Besinde FOS katkısının konağın sindirim kanalında bakteri çeşitliliği probiyotikler yönünde geliştirmesi ile besinden yararlanma ve yaşama oranının arttığına ilişkin bilimsel bulgular mevcuttur (Ringo vd 2010, Ringo vd 2014, Song vd. 2014).

Sukroz moleküllerinden sentezlenen ve farklı yöntemlerle üretilen FOS prebiyotiği kullanımıyla sağladığı faydalardan dolayı MOS'tan sonra insan, hayvan ve balıklarda en çok araştırmalara konu olan prebiyotik olarak ifade edilmektedir (Zhang vd. 2013,

Guerreiro vd. 2014). Ayrıca FOS, büyümede teşvik edici rol oynaması, bağışıklık sisteminde uyarıcı etki göstermesi, barsak morfolojisi ve antioksidan kapasitesini geliştirici özelliklerine sahip olması ve patojenlere karşı direnci artırmasından dolayı su ürünleri yem sektöründe karmanın içerisinde türe özgü düzeyde yer aldığı bildirilmiştir (Ringo vd. 2010, Zhang vd. 2013, Guerreiro vd. 2014, Guerreiro vd. 2016).

2.3 Prebiyotiklerin (MOS ve FOS) Yem Katkı Maddesi Olarak Kullanımı Üzerine Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde yaygın olarak eklem bacaklı yetiştiriciliğinde MOS ve FOS prebiyotiklerinin uygulanmasına ilişkin çalışmalar derlenmiştir.

Genç vd. (2007b), 48 günlük araştırmalarında MOS yem katkı maddeli diyetlerle beslenen *Penaeus semisulcatus* türünün büyüme parametreleri, vücut besin maddelerine ve hepatopankreas histomorfolojisine etkisini belirlemişlerdir. Karides yemine farklı oranlarda (0; 1,5; 3 ve 4,5 g/kg) MOS ilavesi yapmışlardır. Elde ettikleri veriler incelendiğinde bir kg yeme 3 g MOS ilavesi ile beslenmiş karideslerin büyüme performanslarının ve yemden yararlanma düzeylerinin istatistiki açıdan anlamlı olduğunu bildirmişlerdir ($p<0,05$). Histomorfolojik olarak yaptıkları incelemelerde tüm gruplara ilişkin yapılan değerlendirme neticesinde MOS katkısının karideslerin hepatopankreas morfolojisi üzerinde normalden uzaklaşmaya neden olmadığını kayıt etmişlerdir.

Mazlum vd. (2011), *Astacus leptodactylus* juvenilleri diyetlerinde prebiyotik yem katkı maddesi olarak kullanılan MOS'un büyüme parametrelerine etkilerini incelemişlerdir. Kerevitlere 60 gün süreyle ticari bir alabalık yemine değişik oranlarda (0; 1,5; 3 ve 4,5 g/kg) MOS katkısı yaparak beslemişlerdir. Araştırmalarının sonunda 3 g/kg MOS katkılı yem ile beslenmiş kerevitlerin büyüme parametreleri bakımından diğer gruplardan daha anlamlı ölçüde iyi gelişim gösterdiklerini rapor etmişlerdir ($p<0,05$).

Sang vd. (2014), *Penaeus monodon* juvenilleri (başlangıç ağırlıkları $0,4\pm0,6$ g) üzerine yaptıkları araştırmalarında farklı miktarlarda (0, 1, 2, 4 ve 8 g/kg) MOS ilaveli yem

kullanılarak 63 gün süreyle beslemişlerdir. Araştırmalarının sonucunda en iyi büyüme düzeyinin 1 g/kg MOS ilaveli yem ile beslenen gruptan elde edildiğini bildirmişlerdir. Bulgularını son ağırlıklar üzerinden deneme gruplarına göre sırasıyla 3,99; 4,95; 4,57; 4,35 ve 4,33 g olarak vermişler, yaşama oranlarının ise %54; 58,7; 54; 54,7 ve 56,7 olduğunu rapor etmişlerdir.

Zhou vd. (2007), *Litopenaeus vannamei* juvenilleri üzerine yaptıkları araştırmalarda yaşama oranı, büyüme parametreleri ve bağırsak mikrobiyotası üzerine kısa zincirli fruktooligosakkarit (scFOS) katkılarının etkinliğini araştırmışlardır. Başlangıç ağırlıkları 0,17 g olan karidesleri 8 hafta boyunca farklı oranlarda (0; 0,4; 0,8; 1,2 ve 1,6 g/kg) scFOS kullanmışlardır. Araştırmalarının neticesinde gruplarının canlı ağırlık kazancı (CAK) ve spesifik büyüme oranı (SBO) ve yem değerlendirme oranının (YDO) iyileştiğini rapor etmişlerdir. CAK ve SBO düzeylerinin 1,6 g/kg scFOS ilaveli diyetle beslenmiş gruptan elde edildiğini ve deney gruplarının hayatta kalma oranının kontrol grubuyla kıyaslandığında yüksek bulunduğunu, en yüksek yaşama oranının (YO) 1,2 g/kg scFOS ilaveli diyetle beslenmiş olan gruptan sağlandığını bildirmişlerdir.

Aktaş vd. (2014), araştırmalarında *Litopenaeus vannamei* ortalama başlangıç ağırlıkları $1,35 \pm 0,04$ g olan karidesleri 75 gün süreyle 3 g/kg MOS ilaveli katkılı yem ve serotonin 20 mg/kg ilaveli katkılı yem ile beslemişlerdir. Deneme sonunda final ağırlıkları bakımından 10,71 g (kontrol), 11,05 g (serotonin) ve 12,26 g (MOS) ilaveli yem ile beslenen gruplarda bulunmuş olduğunu belirtmişlerdir. YO en yüksek %86 ile MOS ile beslenen gruplarda görülmesine rağmen gruplar arasında istatistiksel ($p > 0,05$) bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Deneme sonunda 3 g/kg MOS ilaveli yem ile beslenen karideslerde kontrol grubuyla karşılaştırıldığında YO, kabuk değiştirme, CAK ve YDO düzeylerinin arttığını ve sonuç olarak 3 g/kg MOS'un *Litopenaeus vannamei* diyetlerinde büyüme arttırıcı olarak kullanabileceğini ifade etmişlerdir.

Zhang vd. (2012), *Litopenaeus vannamei* türü üzerinde gerçekleştirdikleri araştırmalarında beş farklı oranda (1, 2, 4, 6 ve 8 g/kg) MOS katkılı yem ile 8 hafta boyunca beslemişlerdir. Karideslerin büyüme parametrelerini değerlendirdikleri çalışmalarında 2, 4, 6 ve 8 g/kg MOS ilaveli yem diyetiyle beslenmiş olan grupların

CAK ve SBO değerlerinin daha yüksek olduğu ve tüm muamele grupları arasında YDO bakımından ise 2 g/kg MOS yem katkı maddesi ilaveli grubun ne çıkmış olduğunu bildirmişlerdir.

Sang vd. (2011), araştırmalarında Avustralya orijinli bir kerevit olan *Cherax destructor* türünü kullanarak bazal diyetle 4 g/kg MOS kaynağı olarak Bio-Mos ilave edilmiş yemle beslemişlerdir. Başlangıç ağırlıkları $35,14 \pm 0,48$ g olan kerevitleri 56 gün boyunca günde üç defa beslemişlerdir. CAK ve SBO bakımından Bio-Mos ile beslenen kerevitlerin yem ile beslenen kerevitlerden daha yüksek olduğunu ve Bio-Mos kullanımından ileri gelen MOS takviyesinin, kerevitlerin büyümesini ve immünolojik durumunu etkili bir şekilde iyileştirebileceğini bildirmişlerdir.

Li vd. (2018), araştırmalarında Pasifik beyaz karidesi (*Litopenaeus vannamei*) diyetlerinde tek veya kombine olarak farklı dozlarda inülin ve MOS kullanımının; büyüme ve bağışıklıkla ilgili genlerin ekspresyonu, beyaz benek sendrom virüsü (WSSV) ve *Vibrio alginolyticus* patojenine direnç üzerine etkileri araştırmışlardır. 28 günlük deneme süresi sonunda diyetle kombine prebiyotikler ile beslenen karidesler tek başına prebiyotikle beslenen gruplar ve kontrol grubuyla karşılaştırıldığında; inülin (5 mg/g) ve MOS (5 mg/g) kombinasyonunun karidesin doğuştan gelen bağışıklık tepkisini ve patojen direncini önemli ölçüde arttırdığını ve bağışıklık uyarıcı katkı maddesi olarak önerilebileceğini ifade etmişlerdir.

Safari vd. (2014), araştırmalarında *Astacus leptodactylus* jvenilleri diyetlerinde MOS ve FOS prebiyotiklerini üç farklı dozda (1,5; 3,0 ve 4,5 g/kg) tek diyetle ve 3 farklı dozda (0,75; 1,5 ve 2,25 g/kg) kombine olarak kullanmışlar ve söz konusu diyetlerle kerevitleri 126 gün süreyle beslemişlerdir. SBO, CAK, YO ve YDO bakımından 2,25 g/kg MOS ve 1,5 g/kg FOS içeren grubun daha iyi olduğunu ve amilaz, lipaz ve alkalın proteaz aktivitesinde önemli ölçüde diğer gruplara göre yüksek olduğunu ve test edilen gruplarda 2,25 g/kg MOS ve 1,5 g/kg FOS içeren uygulamanın daha sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Diyetlerdeki MOS ve FOS'un büyüme performansı, yem kullanımı ve deneysel enfeksiyona karşı kerevitlerin bağışıklık tepkilerini hızlandırmada olumlu etkileri olduğunu bildirmişlerdir.

Rungrassamee vd. (2014), Pasifik beyaz karidesi (*Litopenaeus vannamei*) ile ilgili çalışmalarında türün büyüme performansı, hastalık direnci ve bağışıklık gelişimi üzerine yem katkı maddesi olarak mannan oligosakkaritin etkilerini araştırmışlardır. Deneysel karidesler, büyüme performansları *Vibrio harveyi* patojenine karşı patojen direnci ve doğuştan gelen bağışıklık tepkilerinin değerlendirilmesinden önce 6 hafta boyunca 2, 3 ve 4 g/kg MOS ile takviye edilmiş diyetlerle beslemişlerdir. MOS destekli diyet gruplarında bakterisidal aktivitelerin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu, tüm diyet grupları ile MOS destekli diyetlerle beslenen grupların kontrol grubuna göre önemli ölçüde daha yüksek YO'nına sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, gen ekspresyonu analizi ile MOS destekli diyet gruplarının hepatopankreaslarında, MOS olmayan kontrol grubuna kıyasla bağışıklıkla ilgili genlerin (anti-lipopolisakarit faktörü, penaeidin ve lizozim) transkriptlerinin önemli ölçüde indüklendiğini tespit etmişlerdir. Pasifik beyaz karidesinin yaşama oranını ve bağışıklık sistemini iyileştirmeye yönelik olarak MOS'un faydalı olduğunu rapor etmişlerdir.

Meshram vd. (2020), üç farklı dozda (0,0; 1,5; 3,0; 4,5 g/kg) MOS yem katkısının tatlı su karidesi *Macrobrachium rosenbergii* juvenillerinde ($0,84 \pm 0,01g$) etkisini değerlendirmek üzere 60 gün süren besleme çalışmalarında, CAK ve YO'nın 1,5 g/kg MOS yem katkı takviyeli grupta diğer gruplara kıyasla daha iyi CAK, SBO, YO ve YDO belirlediklerini bildirmişlerdir.

Varela-Granados vd. (2021), FOS ve MOS yem katkılarının *Macrobrachium acanthurus* türünün büyüme performansı, bağışıklık tepkileri ve cinsel olgunlaşmaları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmanın konusu olan tatlı su kereviti yavrularını ($0,06 \pm 0,001 g$), 80 gün boyunca 3 g/kg ticari FOS ve MOS yem katkılı diyetlerle beslemişlerdir. Büyüme performansı, yaşama oranı ve yavruların protein içerikleri bakımından gruplar arasında önemli bir farklılık göstermediğini ve gruplar arasında süperoksit dismutaz ve lizozim aktivitelerinde herhangi bir farklılık tespit edilmediğini bildirmişlerdir. Araştırmaları sonucunda prebiyotiklerin cinsel olgunlaşmada etkili olabileceğini ifade etmişlerdir.

Genc ve Ebeoglu (2013), *Litopenaeus vannamei* türünü farklı tuzluluk ve farklı MOS yem katkısı (2 ve 4 g/kg) oranlarında büyüme parametreleri, yaşama oranları ve hepatopankreas histolojisi yönünden araştırmışlardır. Başlangıç ağırlıkları $0,43 \pm 0,44$ g olan karidesleri 80 gün sonunda en yüksek büyümenin $6,65 \pm 1,874$ g ile 4 g/kg MOS ve %38 tuzluluktaki grupta olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca MOS yem katkısının düşük tuzluluk oranlarında karideslerin büyümelerini teşvik etmediğini ifade etmişlerdir.

Dong ve Wang (2013), *Procambarus clarkii* türünün bağışıklık tepkisini ölçmeyi hedefleyen araştırmalarında kerevitleri farklı oranlarda (2,0; 5,0; 8,0; 10,0 g/kg) FOS yem katkısı ile 30 gün beslemişlerdir. *Aeromonas hydrophila* ile maruz bırakılan kerevitlerin yaşama oranının FOS yem katkısı ile beslenmesiyle iyileştiğini 8,0 ve 10,0 g/kg FOS yem katkısı ile beslenen gruplarda fagositik aktivite ve süperoksit dismutaz etkinliklerinin önemli ölçüde arttığını bildirilmişlerdir. Deneme sonunda FOS yem katkısının dozuna bağlı olarak kırmızı bataklik kerevitlerinin doğuştan gelen bağışıklık tepkilerini indüklediğini ve potansiyel immünostimulant olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Sang ve Fotadar (2010), MOS yem katkısının *Cherax tenuimanus* türünün bağırsak mikrobiyotası ve histolojisi üzerine etkiler araştırılmıştır. Kerevitler 112 gün boyunca farklı dozlarda (%0; %0,05; %0,1; %0,2; %0,4 ve %0,8) MOS yem katkısı ile beslenen grupların bağırsakta toplam bakteri sayısı bakımından %0,1 ve %0,4 MOS yem katkısı ile beslenen gruplarda en yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca MOS yem katkısı ile %0,2 ve %0,4 oranlarında beslenen gruplarda normal morfoloji, daha yüksek mikrovillus yoğunlukları ve diğer gruplara göre daha kalın bağırsak epitel tabakası olduğunu ve %0,2 ve %0,4 oranlarında MOS yem katkısının kerevitlerin sindirim sistemi sağlığını iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Felix vd (2020), MOS yem katkı maddesini başlangıç ağırlıkları 0,997 g olan Büyük Kaplan Karidesi (*Penaeus monodon*) diyetlerinde farklı dozlarda (1, 2 ve 3 g/kg) 45 gün süreyle uygulamışlardır. En iyi ağırlık artışını 2 g/kg ve 3 g/kg MOS ilaveli yemlerle beslenen deneme gruplarında sırasıyla 1,224 g ve 1,353 g olarak tespit etmişlerdir.

Çalışma sonunda 3 g/kg MOS yem katkılı yem ile beslenen karideslerin CAK ve YO düzeylerinin arttığını ifade etmişlerdir.

FOS'un tek başına yem katkısı olarak kullanıldığında sazanda (*Cyprinus carpio*) stresi azalttığı (Hoseinifar vd. 2014), çipurada (*Sparus aurata*) büyüme oranının 18°C sıcaklık seviyelerinde artırdığı fakat 25°C'de büyümenin yavaşladığı, benzer bir biçimde Avrupa levreğinde (*Dicentrarchus labrax*) de 18°C su sıcaklığında büyümenin daha etkili olduğu bildirilmektedir (Guerreiro vd. 2015). Soleimani vd. (2012 FOS' un) kızılğöz balığının (*Rutilus rutilus*) bağışıklık, sindirim enzim aktivitesi, stres dayanımı ve büyüme performansı üzerinde pozitif etkileri olduğunu rapor etmişlerdir. Akrami vd. (2013) mersin balığında (*Acipenser stellatus*) büyüme performansı, yaşama oranı, bağışıklık parametleri ve sindirim kanalı bakteri popülasyonuna olumlu etkileri olduğunu bildirmişlerdir.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Canlı materyal

Bu doktora tez çalışmasının deneme organizması olan kırmızı bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*) yavruları; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü'ndeki Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Ünitesi'nde bulunan 4 dişi ve 4 erkek anaç kerevitin üremeleri neticesinde elde edilmiştir.

200 L hacimli havalandırma ve sirkülasyon uygulanan berrak su koşullarında, saklanma alanı olarak 5 cm çaplı PVC boruların bulunduğu ortamda yem olarak alabalık anaç pelet yemi (%45 protein), sıcak suya daldırılmış ıspanak yaprağı ve bezelye ile iki hafta süreyle yapılan besleme neticesinde çiftleşme davranışları izlenmiştir. Çiftleşen kerevitlerin bir ay içerisinde pleopodal yumurta yaptıkları gözlenmiştir. Yumurtlayan ve pleopodal (abdomen bölgesinde yüzme bacaklarında) yumurtalarını taşıyan kerevitler inkübasyon tankına (24°C) alınmışlardır. Burada yaklaşık 22 günde yavruların yumurtadan çıkışı gerçekleşmiştir.



Şekil 3.1 A: Kerevitlerin çiftleşmesi, B: Yumurtalı dişi kerevit (Orijinal)

Yumurtalardan çıkan kırmızı bataklık kerevitleri (*Procambarus clarkii*) 5 gün süreyle anne kerevit ile bir arada kalmaları sağlanmıştır. Anne bakımına maruz bırakılan kerevitler bu aşamadan sonra 15 gün süreyle deneme öncesi deneme için hazırlanan kontrol yemi ile beslenmişlerdir.

3.1.2 Araştırma yeri

Bu tez çalışması Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü'ndeki Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Ünitesinde bulunan 60x40x19 cm boyutlarındaki, 0,24 m² taban alanlı 40 L su hacmi 30 adet tanklar kullanılarak iki ayrı deneme olarak gerçekleştirilmiştir.

3.1.3 Denemelerde kullanılan yem

Deneme I ve Deneme II süresince kullanılan yem Yalova Üniversitesi laboratuvarında üretilmiş olup, uygun formülasyon ile hazırlanmıştır. Deneme yemi eklembacaklılar için literatürce önerilen besin maddelerinin karışımıyla yürütülen projeler kapsamında formüle edilmiştir. Rasyona ilişkin detaylar **Çizelge 3.1** ve **Çizelge 3.2**'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Deneme I ve II'de kullanılan yemlerin formülasyonu (%)

Ham madde	K	1M1F	1M2F	1M3F	2M1F	2M2F	2M3 F	3M1F	3M2F	3M3F
Balık unu ^a	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Soya küspesi unu ^b	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mısır Glütenu ^c	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Buğday unu ^d	36,5	34,3	33,3	32,3	33,1	32,1	31,1	31,9	30,9	29,9
Balık yağı ^e	2,4	2,6	2,6	2,6	2,8	2,8	2,8	3	3	3
Soya lesitini ^f	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Vitamin premiksleri ^g	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Mineral premiksleri ^g	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Vitamin C ^g	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Bağlayıcı madde (guar gam) ^h	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
MOS (‰)	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3
FOS (‰)	0	1	2	3	1	2	3	1	2	3

^aBalık unu (hamsi) Sürsan Su ürünleri San. Tic. A.Ş. Samsun, Türkiye

^bKırcı Soya Mamulleri, Balıkesir, Türkiye

^cKargil, İstanbul, Türkiye

^dİpek Buğday Fabrikası, Nevşehir, Türkiye

^eHamsi yağı. Sürsan Su ürünleri San. Tic. A.Ş. Samsun, Türkiye

^fSigma Aldrich Chemicals, St. Louis, MO, ABD

^gDSM Gıda Ürünleri, Türkiye

^hGuar sakızı, Kartal Kimyasal Ürünler Ltd, İstanbul, Türkiye

Deneme yemlerinin hazırlanması sürecinde seçilen hammaddeler değirmende öğütüldükten sonra bir peletleme cihazı ile (Pasfil Makina, İstanbul) pelet (1,2 mm çapta 3-4 mm boyunda) haline getirilmişlerdir. Peletler buhar basıncı kullanılan pişirme cihazında yaklaşık 20 dakika süre ile tutulmuşlar (1 atm) ve jeletinize olmaları sağlanmıştır.

Çizelge 3.2 Deneme yemlerinin besin içeriği

Besin içeriği	(%)
Kuru madde	90,50
Kül	6,05
Protein	38,14
Lipit	9,13
Selüloz (Ham)	1,53

3.1.4 Diğer materyaller

Tez çalışmasının deneme aşamaları boyunca haftalık düzende; toplam amonyak, nitrit ve nitrat azotu düzeyleri fotometrik yöntemle (Hanna, Iris Visible Spectrophotometer, ABD) belirlenmiştir. Sudaki oksijen miktarını yüksek düzeyde tutmak üzere hava motoru (Resun marka LP-60 model) ile havalandırma gerçekleştirilmiştir. Su sirkülasyonu Hailea marka su pompası ile tanklara suyun dağıtılıp denge tankında tekrar toplanmasına olanak verecek şekilde dakikada yaklaşık olarak dört litre debi ile uygulanmıştır. Denge tankında su sıcaklığını olabildiğince sabit tutabilmek için termostatl ısıtıcıdan (Hopar marka H-2001 model, 300 W) yararlanılmıştır. Su kalitesi parametrelerinin takibi için günlük olarak YSI Pro20 marka oksijenmetre ile çözünmüş oksijen ve sıcaklık, YSI EcoSense marka pH metre ile pH düzeyleri belirlenmiştir. Radwag marka PS 360.R2 model (0,001 g) hassas terazi kullanılarak canlı ağırlıkları ölçülmüştür. Histolojik çalışmada ise mikrotom (Shandon marka rotary tip AS325 model), su banyosu (Denmak 0325R), inkübatör (Protech 50L), besin madde bileşen analizleri için standart Kjeldal, soksalet, kül fırını, mikroskobik incelemeler için ise Leica

marka (CM40 trinokular) mikroskop ve MicroCam görüntüleme sisteminden yararlanılmıştır. Bunun dışında her analize uygun sarflardan da yararlanılmıştır. Kerevit yavrularının saklanabilmesi için her tanka kerevit sayısı kadar PVC boru yerleştirilmiştir (çap 3 cm, boy 10 cm).

3.2 Yöntem

Bu tez çalışmasında iki ayrı deneme (Deneme I ve Deneme II) gerçekleştirilmiştir. Deneme planları ve farklı dozlarda prebiyotik katkılı yem uygulamaları ve denemelerin sonunda yapılan analizler ilişkin bilgiler aşağıda sunulmuştur.

3.2.1 Deneme I: Yemdeki farklı MOS ve FOS katkılarının kırmızı bataklık kereviti yetiştiricilik performansı üzerine etkilerinin belirlenmesi

Günlük %3 su değişimi, havalandırma ve fotoperiyot (12 saat aydınlık 12 saat karanlık) şartlarında (40 L su hacimli tanklar, 15 adet kerevit/0,24 m²) yedi farklı düzeyde MOS ve FOS prebiyotik katkılı yemlerle 90 gün süreyle besleme uygulanmıştır. Bu amaçla kontrol grubu dahil üçer tekerrürlü yedi grup oluşturulmuş, başlangıç canlı ağırlıkları 0,084-0,085 g olan juvenil kerevitler tanklara rastgele yerleştirilerek tesadüf parselleri deneme planına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (**Çizelge 3.3**). Kerevitlerin saklanmaları için doğal ortamı taklit etmek üzere aynı boyutlarda sert ağ ve plastik borular kullanılmıştır. Deneme süresince oksijen, pH ve sıcaklık günlük, diğer su parametreleri ise haftalık olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.3 Deneme I deneme planı ve kerevit sayıları

Grup	Tekerrür 1	Tekerrür 2	Tekerrür 3	Toplam	Genel Toplam
K	15	15	15	45	
1M	15	15	15	45	
2M	15	15	15	45	
3M	15	15	15	45	315
1F	15	15	15	45	
2F	15	15	15	45	
3F	15	15	15	45	

90 gün süreyle yapılan Deneme I sonunda elde edilen yetiştiricilik verimlerinin belirlenmesi sonrası Deneme II için kullanılacak ideal yem katkı oranları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile Deneme II planı oluşturulmuştur. Prebiyotik yem katkı maddelerinin etkinliği besin madde bileşen analizleri yapılarak desteklenmiştir. Deneme I'ın sonuna kadar 15 günde bir canlı ağırlığın %8'inden başlanarak %4,2 düzeyine kadar azaltılan oranlarda yemleme uygulaması yapılmıştır (**Çizelge 3.4**). Kullanılacak yem miktarı ikişer haftalık olmak üzere canlı ağırlık ölçümlerine göre belirlenmiştir (Croll ve Watts 2004).

Çizelge 3.4 Denemelerde uygulanan yemleme oranları

Günler	Yemleme oranı (%)
0-15	8,0
15-30	7,2
30-45	6,6
45-60	5,8
60-75	5,0
75-90	4,2

3.2.2 Deneme II: Yemdeki farklı MOS ve FOS kombinasyonlarının kırmızı bataklık kerevitinin yetiştiricilik performansı üzerine etkilerinin belirlenmesi

Deneme I sonucunda elde edilen en iyi yem katkı maddesi miktarları kullanılarak bu katkıların beraberce uygulanmasının etkilerinin test edildiği ikinci deneme düzeni oluşturulmuştur. Bu amaçla dokuz farklı prebiyotik kombinasyonu uygulanmıştır. Sabit stok koşullarında (%3 su değişimi, havalandırma ve fotoperiyot (12 saat aydınlık 12 saat karanlık), 40 L su hacimli, 15 adet kerevit/0,24 m²), canlı ağırlıkları 0,087-0,089 g olan kerevitler, 15 günde bir canlı ağırlıklarının %8'inden %4,2'sine kadar azalan oranlarda 90 süreyle prebiyotik kombinasyonlarının etkilerini belirlemek üzere beslenmişlerdir. Tesadüf parselleri deneme planına göre üç tekerrürlü 10 grup (30 adet tank) oluşturulmuştur (**Çizelge 3.4**). Deneme sonunda kerevitlerde en iyi yetiştiricilik

performansının elde edildiği prebiyotik kombinasyonun etkileri ortaya konulmuştur. Ortam ve su kalitesi ölçümleri Deneme I’de uygulandığı şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2 Denemelerde kullanılan juvenil kerevitler (Orijinal)

Çizelge 3.5 Deneme planı ve kullanılacak kerevit sayıları

Grup	Tekerrür 1	Tekerrür 2	Tekerrür 3	Toplam	Genel Toplam
Kontrol	15	15	15	45	450
1M1F	15	15	15	45	
1M2F	15	15	15	45	
1M3F	15	15	15	45	
2M1F	15	15	15	45	
2M2F	15	15	15	45	
2M3F	15	15	15	45	
3M1F	15	15	15	45	
3M2F	15	15	15	45	
3M3F	15	15	15	45	

3.2.3 Su kalite parametrelerinin izlenmesi

Deneme I ve Deneme II tanklardaki su kalitesi parametrelerinin (sıcaklık, çözünmüş oksijen ve pH) günlük olarak takibi yapılmıştır. Ayrıca denemeler süresince bu parametrelere ilave haftalık su örneği alınarak toplam amonyak, nitrat, nitrit azotu ve fosfat seviyeleri fotometrik yöntemle kit kullanılarak (Hanna, HI801-01 iris Visible

Spectrophotometer, ABD) protokolü uygun bir biçimde belirlenmiştir. Yetiştiricilik ortamının canlının yaşamasına elverişli olduğunu gösteren bir diğer parametre olarak da ORP (Oksidasyon redüksiyon potansiyeli, Pinpoint Orp Monitor, Amerikan Marine Inc, ABD) ölçümü gerçekleştirilmiştir.

3.2.4 Büyüme parametrelerinin belirlenmesi

Denemenin başlangıcında ve 15 günlük aralıklarla deneme sonuna kadar canlı ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Ara ölçümler yemleme oranını belirlemede kullanılırken, deneme başı ve sonu verileri ise nihai büyüme parametrelerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Yetiştiricilik verimini ifade eden yaşama oranı (YO), canlı ağırlık kazancı (CAK), spesifik büyüme oranı (SBO) ve yem değerlendirme oranı (YDO) parametrelerine ilişkin hesaplamalar için aşağıdaki sunulan formüller kullanılmıştır.

$$YO (\%) = \frac{\text{deneme başı kerevit sayısı} - \text{deneme sonu kerevit sayısı}}{\text{deneme başı kerevit sayısı}} \times 100$$

$$CAK (g) = \text{Deneme sonu canlı ağırlık} - \text{Deneme başlangıcı canlı ağırlık}$$

$$SBO (\%/gün) = 100 \times \frac{\ln \text{deneme sonu canlı ağırlığı} - \ln \text{deneme başlangıcı canlı ağırlığı}}{\text{deneme süresi (gün)}}$$

$$YDO = \frac{\text{deneme süresince toplam yem tüketimi}}{\text{canlı ağırlık kazancı}}$$

3.2.5 Besin madde bileşen analizleri

Denemelerin sonunda kerevit örneklerinin besin madde analizleri AOAC (2000) protokolüne göre belirlenmiştir. Kerevit örneklerinin ağırlıklar sabitlenene kadar 105,0±0,5°C sıcaklığa ayarlanmış fırında sabit ağırlık düzeyine kadar kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Tüm vücut kuru madde üzerinden besin madde bileşenlerinden protein düzeyi Kjeldahl yöntemi ile saptanmıştır. Ham yağ düzeyi ise Sokslet metoduna uygun protokol kullanılarak hesaplanmıştır. Kül düzeyi ise ham kül olarak

yakma fırını (8 saat, 525°C) protokolü neticesinde belirlenmiştir. Hesaplamalarda aşağıda sunulan formüllerden yararlanmıştır.

$$\%Nem\ düzeyi = (kuru\ örneğin\ ağırlığı - yaş\ örneğin\ ağırlığı) / (yaş\ örnek\ ağırlığı) \times 100$$

$$\%Protein\ (ham\ protein) = [(titrasyon\ miktarı - boş\ örnek \times 0,1 \times 14,007 \times 6,25) / örnek\ miktarı] \times 100$$

$$\%Yağ\ (ham\ yağ) = (soksalet\ jojesindeki\ yağ\ miktarı / örnek\ miktarı) \times 100$$

$$\%Kül\ (ham\ kül) = [(ilk\ porselen\ kap\ ağırlığı - son\ porselen\ kap\ ağırlığı) / örnek\ miktarı] \times 100$$

3.2.6 Hepatopankreas histomorfolojisi

Deneme gruplarından ikişer adet kerevit buzlu su içerisinde sakınleştirildikten sonra karapaksın posteriyö-lateralinden diseksiyon ile dorsale kadar açılan bölgeden 0,5 g kadar hepatopankeas dokusu alınarak 10 ml tamponlu formaldehit solüsyonu içerisinde alınarak sabitlenmiştir. Bütün örnekler histolojik takip kasetlerine kurşun kalem ile etiketlenerek alınmıştır. Sabitleme işlemini takip eden iki günün bitiminde hepatopankreas doku örnekleri histomorfolojik inceleme için standart elle takip protokolüne uygun olarak önce hidrasyon (distile su) sonra dehidrasyon (artan etil alkol serisi), şeffaflaştırma (ksilen soğuk-sıcak) ve parafinizasyon (sıcak sıvı parafin serisi) aşamalarından geçirilerek doku gömme kapları içerisinde parafin bloklar haline getirilmiştir. Bloklar 5-6 µm kalınlığında kesitlerin alınacağı mikrotom (rotary tip, Shandon) cihazına yerleştirilmiştir. Parafin içerisindeki doku 45°C sıcaklıkta suyun bulunduğu kaba yayılmış buradan da etiketlenmiş lamlara alınmıştır. Kesitlerin bulunduğu lamlar 3-4 saat kadar 58°C etüvde tutulduktan sonra, deparafinizasyon (parafin uzaklaştırma), dehidrasyon, hidrasyon aşamalarından sonra hematoksilin ve eosin protokolü ile boyanmıştır. Boyanmış preparatlar kamera bulunan ışık mikroskobu (CM40 Leica) altında incelenmiş mikrofotograflar kayıt edilmiştir (Vogt vd. 1985, Genç vd. 2005, Genç vd. 2007, Kaya vd. 2019).

3.2.7 Toplam bakteri sayısı

Sindirim kanalı içeriğinin toplam bakteri sayısı hesabı için, her tekerrürden ikişer adet kerevitin anal porusundan hafif bir dorso-venral baskı ile bağırsak içeriği (yaklaşık 0,3 g gaita x 3 örnek) aseptik koşullarda toplanarak steril tüplere alınmıştır. Örnekler her grubu temsil edecek bir biçimde içinde steril fizyolojik tuzlusu (NaCl %0,85: ~1 g numune için 9 mL) bulunan tüplere konularak dilüsyonlar oluşturulmuştur (10^{-1} ile 10^{-7} aralığında seri olarak seyreltilmiştir). Her grubu temsilen üç tekerrürlü olacak şekilde petrilerdeki besi yeri (plate agar, Difco™) üzerine yama yöntemiyle ekim yapılmıştır. Petriler toplam aerobik bakteri sayısı (TBS) hesabı için $36\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat süreyle inkübe edilmiştir (Okpala vd. 2014). Bakteri sayımı sonuçları (üç petrinin ortalaması), koloni oluşturan birimler (CFU/g) olarak verilmiştir.

3.2.8 Toplam hemosit sayısı

Kırmızı bataklik kerevitlerinin hemolenf örnekleri antikoagülanlı bir enjektör (3 ml, BDMicroFine, antikoagülan: 26 mM $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, 100 mM glikoz, 450 mM NaCl, 30 mM $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$, 10 mM $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$, pH 4.6) yardımıyla (örnek sayısı her tekerrür için 2 adet) ventral sinüsünden toplanmıştır. Toplam hemosit sayısı, mikroskopta sayma kamerası (Neubauer lamı) kullanılarak belirlenmiştir (Söderhäll ve Smith 1983).

3.2.9 İstatistikî analizler

Denemeler sonucunda elde edilen veri setleri grupları temsil eden tekerrürlerin varyans analizini takiben tek yönlü varyans analizi (ANOVA) Duncan'ın karşılaştırma testi (ortalama $\pm$ standart sapma) uygulandıktan sonra değerlendirilmiştir. Burada alfa anlamlılık düzeyi 0,05 olarak alınmıştır. Analizler SPSS programında (SPSS 17.0, Chicago, IL, ABD) gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 Deneme I: Yemdeki farklı MOS ve FOS katkılarının kırmızı bataklık kereviti yetiştiricilik performansı üzerine etkilerinin belirlenmesi

Kırmızı bataklık kereviti için ayrı ayrı 3 farklı miktarda (1, 2 ve 3 g/kg) MOS ve FOS prebiyotiklerinin ilave edildiği yemlerle beslenen kerevitlerin en iyi yetiştiricilik parametrelerine sahip gruplar belirlenmiştir. Deneme I'e ait sonuçlar bu bölümde detaylı olarak sunulmuştur.

4.1.1 Deneme I: Su kalitesi

Deneme I süresince çözülmüş oksijen düzeyi 6,46-6,53 mg/L aralığında değişim göstermiş, pH düzeyi ise 6,59-6,74 arasında değişim göstermiştir. Haftalık yapılan diğer su kalitesi parametrelerine göre nitrit düzeyi 0,16-0,21 mg/L aralığında, nitrat 0,95-1,00 mg/L aralığında ve fosfat ise 1,17-1,20 mg/L arasında değişim göstermiştir. **Çizelge 4.1**'de sunulduğu üzere günlük ölçülen su kalitesi parametrelerinden su sıcaklığı, çözülmüş oksijen ve pH değerleri açısından istatistiki olarak farklılık izlenmediği saptanmıştır ($p>0,05$). Oksidasyon redüksiyon potansiyeli ve toplam amonyak değerleri karşılaştırıldığında istatistiki olarak farklılık gözlenmiştir ($p>0,05$). Bu farklılığa göre 0,49-0,69 mg/L aralığında değişim gösteren toplam amonyak miktarı en düşük 2M grubunda iken, 0,69 mg/L ile en yüksek 3M grubunda gözlenmiştir. ORP değerlerinde ise 3M grubunda $117\pm9,0$ mV ile en düşük iken, en yüksek değer 153 ± 13 mV ile 3F grubunda gözlenmiştir.

Çizelge 4.1 Deneme I: Ölçülen su kalitesi parametreleri

	pH	Çözülmüş Oksijen (mg/L)	Sıcaklık (°C)	Nitrit (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Toplam Amonyak (mg/L)	Fosfat (mg/L)	ORP (mV)
Kontrol	6,74±0,21 ^a	6,51±0,05 ^a	20,95±0,02 ^a	0,21±0,03 ^a	1,00±0,12 ^a	0,57±0,07 ^{ab}	1,17±0,04 ^a	123±10 ^{ab}
1M	6,65±0,19 ^a	6,51±0,05 ^a	20,91±0,03 ^a	0,19±0,04 ^a	0,98±0,05 ^a	0,58±0,09 ^{ab}	1,18±0,07 ^a	139±13 ^{bc}
2M	6,60±0,25 ^a	6,46±0,04 ^a	20,96±0,08 ^a	0,16±0,05 ^a	0,95±0,10 ^a	0,49±0,04 ^a	1,19±0,08 ^a	146±19 ^c
3M	6,59±0,27 ^a	6,54±0,04 ^a	20,93±0,06 ^a	0,20±0,03 ^a	0,98±0,18 ^a	0,69±0,13 ^b	1,18±0,06 ^a	117±9,0 ^a
1F	6,63±0,15 ^a	6,53±0,02 ^a	20,92±0,09 ^a	0,16±0,04 ^a	0,98±0,08 ^a	0,54±0,09 ^{ab}	1,19±0,05 ^a	147±9,0 ^c
2F	6,66±0,28 ^a	6,49±0,08 ^a	20,97±0,01 ^a	0,20±0,03 ^a	0,95±0,14 ^a	0,56±0,07 ^{ab}	1,19±0,08 ^a	146±5,0 ^c
3F	6,60±0,19 ^a	6,50±0,09 ^a	20,93±0,06 ^a	0,16±0,04 ^a	0,99±0,12 ^a	0,61±0,04 ^{ab}	1,18±0,06 ^a	153±13 ^c

M: MOS, F: FOS, p: önem düzeyi (p<0,05) (ortalama±standart sapma)

4.1.2 Deneme I: Büyüme parametreleri

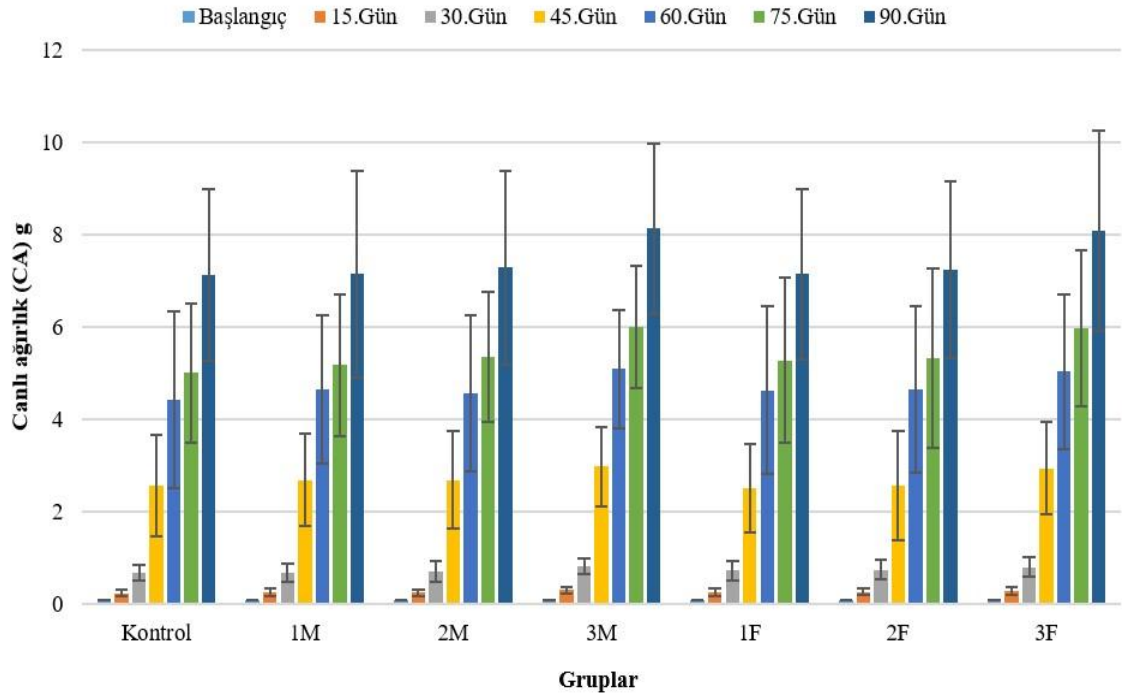
Başlangıç canlı ağırlıkları 0,084-0,085 g aralığında olan kırmızı bataklık kereviti juvenilleri yeme farklı düzeyde ilave edilen MOS ve FOS katkılı yemlerle 90 gün süre beslenmişlerdir. Deneme I sonunda elde edilen yetiştiricilik parametrelerine ilişkin hesaplamalar **Çizelge 4.2**'de sunulmuştur. Son canlı ağırlıkları bakımından yapılan istatistiki değerlendirmede, 3M (3 g/kg MOS) grubu (8,14±0,22 g) ile 3F (3 g/kg FOS) grubunun (8,08±0,61 g) diğer gruplara göre önemli ölçüde iyi bir ağırlık kazancı sergilediği belirlenmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.2 Deneme I: Farklı prebiyotik düzeylerinin *P. clarkii* türünün yetiştiricilik performansına etkileri

	BA (g)*	FA (g)	CAK (g)	SBO	YDO	YO
Kontrol	0,084±0,001 ^a	7,128±0,505 ^a	7,04±0,51 ^a	4,93±0,08 ^a	1,47±0,10 ^b	84,45±3,85 ^{ab}
1M	0,085±0,001 ^a	7,147±0,196 ^a	7,06±0,20 ^a	4,93±0,03 ^a	1,45±0,04 ^b	82,22±3,85 ^a
2M	0,085±0,001 ^a	7,287±0,446 ^a	7,20±0,45 ^a	4,95±0,07 ^{ab}	1,43±0,09 ^b	88,89±3,85 ^{abc}
3M	0,085±0,001 ^a	8,139±0,219 ^b	8,05±0,22 ^b	5,07±0,04 ^b	1,28±0,04 ^a	93,33±0,00 ^c
1F	0,085±0,000 ^a	7,157±0,505 ^a	7,07±0,51 ^a	4,92±0,08 ^a	1,46±0,10 ^b	86,67±6,67 ^{abc}
2F	0,085±0,000 ^a	7,243±0,241 ^a	7,16±0,24 ^a	4,94±0,04 ^a	1,44±0,05 ^b	86,67±0,00 ^{abc}
3F	0,085±0,001 ^a	8,084±0,612 ^b	8,00±0,61 ^b	5,06±0,09 ^b	1,29±0,10 ^a	91,11±3,85 ^b

*BA (g): Başlangıç canlı ağırlık, FA (g): Son canlı ağırlık, CAK (g): Canlı ağırlık kazancı, SBO (%/gün): Spesifik büyüme oranı, YDO: Yem değerlendirme oranı, YO: Yaşama oranı. Sütunlardaki farklı simgeler istatistiki farklılığı göstermektedir (p<0,05)

En yüksek CAK; 3M grubundan ($8,05 \pm 0,22$ g) elde edilmiştir ($p < 0,05$). 3M grubu yapılan istatistiki karşılaştırmada 3F ($8,00 \pm 0,61$ g) grubuna benzer bulunmuştur ($p > 0,05$). Sonuçlar 3M ve 3F gruplarının canlı ağırlık kazancı bakımından diğer gruplardan önemli ölçüde ayrıştığını göstermiştir. Benzer sonuçlara spesifik büyüme oranı bakımından yapılan karşılaştırmada da rastlanılmıştır. Bu anlamda 3M (SBO: $5,07 \pm 0,04$) ve 3F (SBO: $5,06 \pm 0,09$) grupları diğer gruplardan farklı ve yüksek SBO değerine sahip olmuşlardır ($p < 0,05$). Yem değerlendirme oranları (YDO) bakımından yapılan karşılaştırmada en iyi ve dolayısıyla en düşük yem değerlendirme oranı 3M ($1,28 \pm 0,04$ g) ve 3F ($1,29 \pm 0,10$ g) katkılı yemlerle beslenen gruplara ait kerevitlerde saptanmıştır. 3M ve 3F gruplarının diğer gruplarla kıyaslandığında anlamlı bir farklılık gösterdiği anlaşılmıştır ($p < 0,05$). Yaşama oranları (YO) sonuçları karşılaştırıldığında en yüksek yaşama oranının 3M grubundan %93,33 ile elde edildiği bu grubu %91,11 ile 3F grubunun izlediği diğer grupların kendi aralarında benzerlik gösterdiği ($p > 0,05$) diğer yandan en düşük yaşama oranı düzeyinin 1M grubundan %82,22 ile elde edildiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.1 Deneme I: Canlı ağırlık grafiği

4.1.3 Deneme I: Kerevitlerin tüm vücut besin madde bileşen analizleri

Kırmızı bataklık kerevitinin farklı oranlarda prebiyotik katkıli yemlerle beslenmesinden kaynaklı tüm vücut besin madde bileşen analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Buna göre ham protein düzeyi en yüksek $40,07 \pm 0,25$ ile 3M grubunda saptanmıştır. En düşük ham protein düzeyi ise $37,73 \pm 0,15$ değeriyle kontrol grubunda saptanmıştır ($p < 0,05$). Ham yağ düzeyleri bakımından yapılan karşılaştırmada en yüksek ham yağ miktarının $7,5 \pm 0,2$ ile kontrol grubundan ve en düşük ham yağ miktarı ise $6,3 \pm 0,4$ 3M grubundan saptanmıştır ($p < 0,05$). Kuru madde miktarları gruplar arasında benzerlik göstermiştir. 3F ve 1F grupları $23,70 \pm 0,60$ ile en yüksek kuru madde düzeyine sahip olup kontrol grubu ise $22,43 \pm 0,90$ ile en düşük değer göstermiştir. Kül miktarları bakımından yapılan karşılaştırmada ise kontrol grubu $32,77 \pm 0,83$ ile en yüksek düzeyde ham kül oranına sahip olmuştur ve 3M grubunda ise $31,03 \pm 0,38$ ile en düşük ham kül değeri elde edilmiştir. Bu anlamda Deneme I grupları istatistiki olarak farklılık göstermemişlerdir ($p > 0,05$). Deneme I sonu analizlerine ilişkin sonuçlar **Çizelge 4.3**'te verilmiştir.

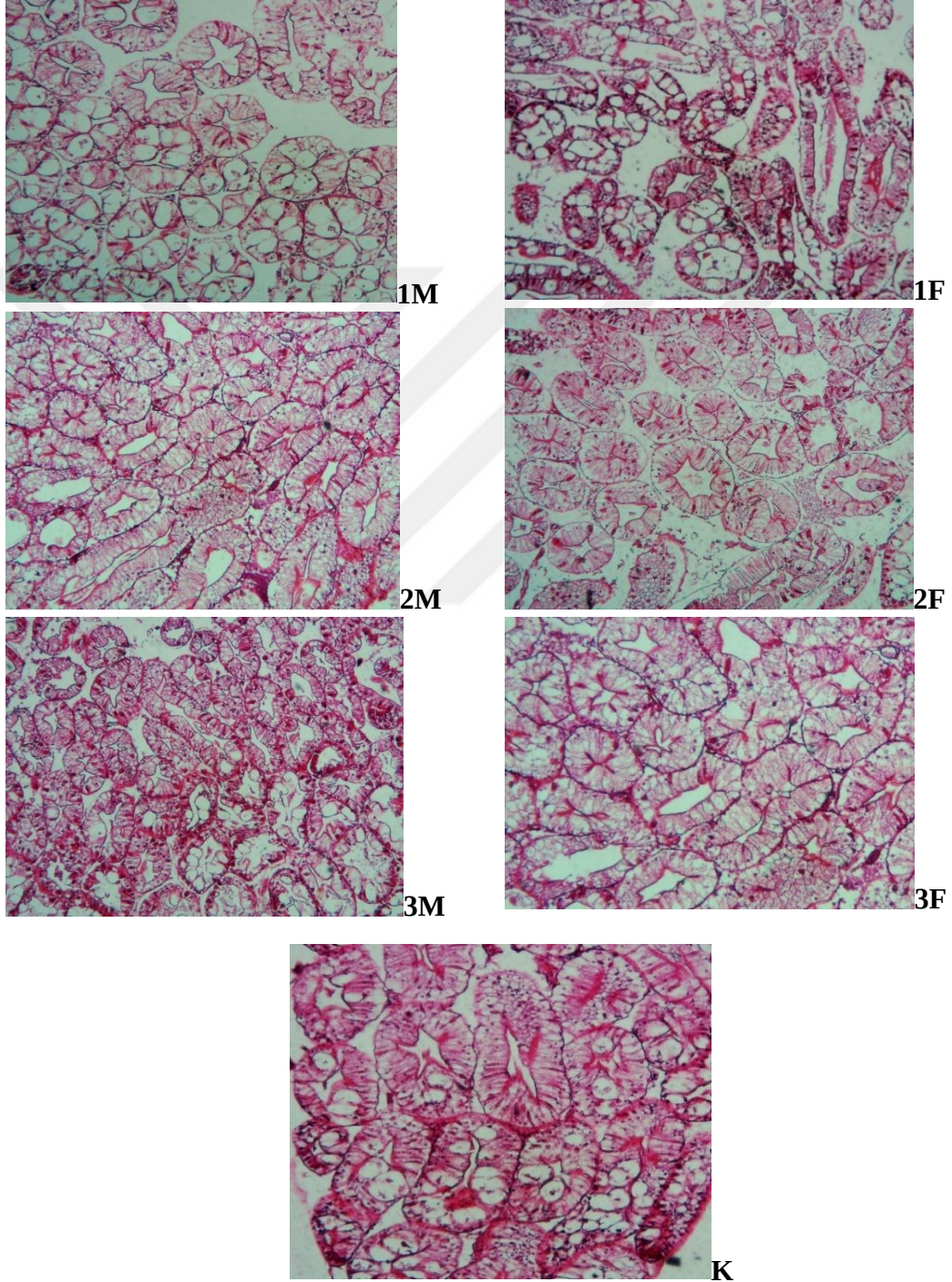
Çizelge 4.3 Deneme I: Kerevit tüm besin madde vücut bileşen analizi (% kuru madde)

	Protein (Ham)	Yağ (Ham)	Kül (Ham)	Kuru madde
Kontrol	$37,73 \pm 0,21^a$	$7,50 \pm 0,20^c$	$32,77 \pm 0,83^a$	$22,43 \pm 0,90^a$
1M	$38,50 \pm 0,52^{ab}$	$6,9 \pm 0,3^{abc}$	$32,03 \pm 1,02^a$	$22,93 \pm 0,47^a$
2M	$39,10 \pm 0,62^{bc}$	$6,8 \pm 0,1^{ab}$	$31,60 \pm 1,20^a$	$23,23 \pm 0,50^a$
3M	$40,07 \pm 0,25^c$	$6,3 \pm 0,4^a$	$31,03 \pm 0,38^a$	$23,10 \pm 0,85^a$
1F	$38,07 \pm 0,65^{ab}$	$7,3 \pm 0,5^{bc}$	$31,93 \pm 1,02^a$	$23,27 \pm 0,55^a$
2F	$38,33 \pm 0,71^{ab}$	$7,4 \pm 0,5^{bc}$	$32,17 \pm 1,35^a$	$22,83 \pm 0,95^a$
3F	$38,03 \pm 0,81^{ab}$	$7,1 \pm 0,4^{bc}$	$32,00 \pm 1,23^a$	$23,27 \pm 0,60^a$

Sütunlardaki farklı simgeler istatistiki farklılığı belirtmektedir ($p < 0,05$)

4.1.4 Deneme I: Hepatopankreas histomorfolojisi

Deneme I gruplarını temsilen alınan hepatopankreas kesitleri arasında yapılan karşılaştırmada gruplar arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir.



Şekil 4.2 Deneme I: Grupların hepatopankreas histolojisi (x10, H ve E, Orijinal)

Karaciğer dokunun tekstürü lümenli yapısı ve tipik olarak izlenen yıldız şeklindeki tübular yapı normal bulunmuştur. Tübular epitel içerisinde vakuoller de normal bulunmuştur (Şekil 4.2). Genel hatlarıyla kullanılan prebiyotiklerin sağlık koşullarından uzaklaşmaya neden olmadığı anlaşılmıştır.

4.1.5 Deneme I: Toplam bakteri sayıları

Deneme I sindirim kanalı toplam bakteri yükü değerlerine göre gruplardan en yüksek bakteri sayısı $4,60 \pm 0,26 \times 10^5$ CFU/g 2F grubunda bulunurken, en düşük $3,88 \pm 0,13 \times 10^5$ CFU/g ile kontrol grubundan elde edilmiştir ($p < 0,05$). Gruplar arasında 2F grubu ile 2M ($4,55 \pm 0,40 \times 10^5$) ile 3M grubu ($4,43 \pm 0,29 \times 10^5$) benzerlik göstermiştir ($p > 0,05$). Araştırma sonucuna göre prebiyotiklerin yem katkı maddesi olarak diyetlere ilavesinin bakteri sayısında artış sağlayabileceği görüşüne varılmıştır. Kerevit dışkısı toplam bakteri yükü analizine göre gruplar arasında yapılan karşılaştırmada bakteri sayısı bakımından yüksek ve farklı olan grupların 2M, 3M ve 2F olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 Deneme I: Farklı prebiyotik katkılı yemlerin kırmızı bataklık kereviti sindirim kanalı toplam bakteri sayısı (CFU/g)

Toplam aerobik bakteri sayısı, ($\times 10^5$ CFU/g)	
Kontrol	$3,88 \pm 0,13^a$
1M	$4,23 \pm 0,24^{ab}$
2M	$4,55 \pm 0,40^b$
3M	$4,43 \pm 0,29^b$
1F	$4,00 \pm 0,14^a$
2F	$4,60 \pm 0,26^b$
3F	$4,28 \pm 0,29^{ab}$

Toplam aerobik bakteri sayımı CFU/g. Sütunlardaki farklı simgeler istatistiki farklılığı göstermektedir ($p < 0,05$) (n=4)

4.1.6 Deneme I: Hemolenf parametreleri

Prebiyotik katkılı yemlerin kırmızı bataklık kereviti toplam hemosit sayısı üzerine etkileri değerlendirildiğinde; deneme sonu en yüksek toplam hemosit sayısına $81,67 \pm 2,75 \times 10^6$ ile 3M grubunda ulaşıldığı, en düşük toplam hemosit sayısına ise $38,17 \pm 2,75 \times 10^6$ ile kontrol grubundan elde edildiği gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Prebiyotik katkılı yemlerle beslenmiş kerevitlerin hemosit sayıları arasında anlamlı farklılıkların şekillendiği anlaşılmıştır ($p < 0,05$). Grupların toplam hemosit sayıları **Çizelge 4.5**'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 Deneme I: Kırmızı bataklık kereviti hemosit sayıları

Total hemosit sayısı (THS) ($\times 10^6$ hücre/ml)	
Kontrol	$38,17 \pm 2,75^a$
1M	$61,33 \pm 1,04^c$
2M	$69,17 \pm 1,53^d$
3M	$81,67 \pm 2,75^e$
1F	$51,33 \pm 2,75^b$
2F	$61,00 \pm 0,50^c$
3F	$57,67 \pm 2,52^c$

Sütundaki farklı simgeler istatistiki farklılığı ifade etmektedir ($p < 0,05$)

4.2 Deneme II: Yemdeki farklı MOS ve FOS kombinasyonlarının kırmızı bataklık kerevitinin yetiştiricilik performansı üzerine etkileri

4.2.1 Deneme II: Su kalitesi parametreleri

90 gün süre ile gerçekleştirilen Deneme II kapsamında belirlenen su kalitesi parametreleri (çözünmüş oksijen, pH ve su sıcaklığı) ve haftalık olarak ölçülen su kalitesi parametreleriyle (nitrit, nitrat, fosfat, toplam amonyak ve ORP) deneme ortamının su kalitesi yönünden takibi gerçekleştirilmiştir. Buna göre günlük ölçüm ile takibi yapılan çözünmüş oksijen düzeyi 5,94-6,10 mg/L, pH düzeyi 6,25-6,32, sıcaklık düzeyi ise 20,9-21°C aralığında değişim göstermiştir. Haftalık yapılan ölçümler

sonucunda nitrit 0,14-0,16 mg/L, nitrat 1,27-1,52 mg/L, toplam amonyak ise 0,85- 0,97 mg/L aralığında değişim göstermiştir. Çizelge 4.6’da sunulduğu üzere su kalitesi parametreleri sonuçlarına göre gruplar arasında istatistiki bakımdan bir farklılık izlenmemiştir ($p>0,05$). Oksidasyon redüksiyon potansiyeli ve fosfat değerlerinde istatistiki olarak farklılık gözlenmiştir ($p<0,05$). Sudaki fosfat miktarı bakımından kontrol grubu ve 2M3F grubu arasında istatistiki farklılık belirlenemezken ($p>0,05$) bu iki grup dışındaki 1M3F, 2M1F, 3M2F ve 3M3F gruplarıyla yapılan karşılaştırmada ise istatistiki anlamda önemli bir farklılığın olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Oksidatif redüksiyon potansiyeli değerleri bakımından ise yapılan karşılaştırmada 1M1F grubu ile 1M2F, 2M2F, 2M3F, 3M2F ve 3M3F gruplarına ait değerlerin istatistiki olarak önemli farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.6 Deneme II: Ölçülen su kalitesi parametreleri

	pH	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Sıcaklık (°C)	Nitrit (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Toplam Amonyak (mg/L)	Fosfat (mg/L)	ORP (mV)
Kontrol	6,28±0,01 ^a	6,05±0,52 ^a	21,0±0,05 ^a	0,16±0,05 ^a	1,33±0,21 ^a	0,93±0,06 ^a	1,18±0,11 ^a	162±2,6 ^{abc}
1M1F	6,32±0,07 ^a	6,08±0,49 ^a	20,9±0,03 ^a	0,15±0,03 ^a	1,32±0,24 ^a	0,85±0,08 ^a	1,29±0,10 ^{abc}	159±1,00 ^a
1M2F	6,28±0,06 ^a	6,05±0,55 ^a	21,0±0,08 ^a	0,15±0,03 ^a	1,46±0,18 ^a	0,86±0,09 ^a	1,32±0,10 ^{abc}	165±1,5 ^c
1M3F	6,31±0,05 ^a	5,94±0,50 ^a	21,0±0,11 ^a	0,15±0,03 ^a	1,47±0,15 ^a	0,91±0,08 ^a	1,37±0,04 ^{bc}	163±2,1 ^{abc}
2M1F	6,27±0,03 ^a	6,01±0,49 ^a	21,0±0,15 ^a	0,15±0,04 ^a	1,30±0,40 ^a	0,86±0,07 ^a	1,38±0,07 ^{bc}	162±1,7 ^{abc}
2M2F	6,26±0,02 ^a	6,10±0,50 ^a	21,0±0,02 ^a	0,14±0,04 ^a	1,52±0,14 ^a	0,92±0,02 ^a	1,33±0,03 ^{abc}	163±2,1 ^{bc}
2M3F	6,26±0,05 ^a	5,99±0,52 ^a	20,9±0,06 ^a	0,15±0,04 ^a	1,49±0,08 ^a	0,90±0,06 ^a	1,17±0,10 ^a	164±1,5 ^{bc}
3M1F	6,29±0,07 ^a	6,09±0,52 ^a	20,9±0,17 ^a	0,16±0,04 ^a	1,27±0,36 ^a	0,91±0,06 ^a	1,26±0,14 ^{ab}	160±1,0 ^{ab}
3M2F	6,32±0,05 ^a	6,04±0,49 ^a	21,0±0,10 ^a	0,16±0,04 ^a	1,35±0,22 ^a	0,92±0,03 ^a	1,46±0,05 ^c	164±2,5 ^{bc}
3M3F	6,25±0,06 ^a	6,02±0,47 ^a	20,9±0,13 ^a	0,16±0,04 ^a	1,45±0,22 ^a	0,94±0,03 ^a	1,39±0,07 ^{bc}	165±3,1 ^c

Sütunlardaki farklı simgeler istatistiki farklılığı göstermektedir ($p<0,05$), M: MOS, F: FOS

4.2.2 Deneme II: Büyüme parametreleri

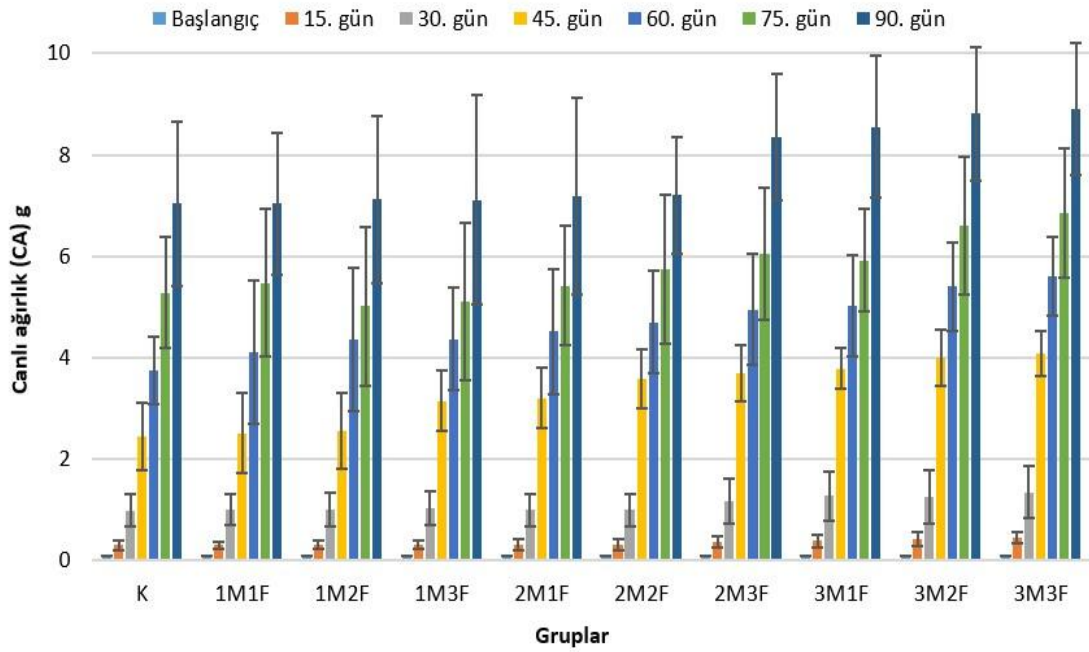
Deneme II ile MOS ve FOS prebiyotiklerinin beraber uygulandığı kombinasyonları yeme ilave edilerek kontrol grubu dahil 10 grup olarak beslenmiştir. Deneme II sonunda elde edilen yetiştiricilik parametrelerine ilişkin hesaplamalar Çizelge 4.7’de gösterilmektedir. Son canlı ağırlıkları bakımından yapılan karşılaştırmada, 3M3F (3

g/kg MOS ve 3 g/kg FOS kombinasyonu) grubu $8,905 \pm 0,267$ g ile diğer gruplara göre önemli ölçüde daha iyi bir ağırlık kazancı sergilediği belirlenmiştir ($p < 0,05$). Bu anlamda en yüksek canlı ağırlık kazancı da 3M3F grubundan $8,82 \pm 0,27$ g ile elde edilmiştir ($p < 0,05$). Kontrol grubu ($6,95 \pm 0,98$ g) ile yapılan karşılaştırmada 3M2F ($8,72 \pm 0,34$ g) ve 3M1F ($8,46 \pm 0,30$ g) grubu arasında farklılığın anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Spesifik büyüme oranı bakımından yapılan karşılaştırmada 3M2F ($5,13 \pm 0,02$) ve 3M3F ($5,12 \pm 0,03$) grupları diğer gruplardan farklı ve yüksek SBO değerine sahip olmuşlardır ($p < 0,05$). Ancak 3M1F ($5,08 \pm 0,03$) ve 2M3F grubu ($5,06 \pm 0,03$) diğer gruplardan büyük olmalarına rağmen ve 3M2F ve 3M3F gruplarına benzerlik gösterdikleri sonucuna varılmıştır ($p > 0,05$).

Çizelge 4.7 Deneme II: Prebiyotik kombinasyonlarının kırmızı bataklık kerevitinin yetiştiricilik performansına etkileri

	BA (g)	FA (g)	CAK (g)	SBO	YDO	YO
Kontrol	$0,087 \pm 0,001^{ab}$	$7,039 \pm 0,098^a$	$6,95 \pm 0,98^a$	$4,87 \pm 0,02^a$	$1,64 \pm 0,02^b$	$86,67 \pm 0,00^{ab}$
1M1F	$0,088 \pm 0,001^{ab}$	$7,031 \pm 0,114^a$	$6,94 \pm 0,11^a$	$4,86 \pm 0,03^a$	$1,64 \pm 0,03^b$	$82,22 \pm 3,85^a$
1M2F	$0,087 \pm 0,001^a$	$7,123 \pm 0,146^a$	$7,04 \pm 0,15^a$	$4,89 \pm 0,03^a$	$1,62 \pm 0,04^b$	$88,89 \pm 3,85^{ab}$
1M3F	$0,088 \pm 0,001^{ab}$	$7,111 \pm 0,438^a$	$7,02 \pm 0,44^a$	$4,88 \pm 0,06^a$	$1,62 \pm 0,09^b$	$91,11 \pm 3,85^{ab}$
2M1F	$0,088 \pm 0,001^{ab}$	$7,194 \pm 0,379^a$	$7,11 \pm 0,38^a$	$4,89 \pm 0,05^a$	$1,60 \pm 0,09^b$	$86,67 \pm 6,67^{ab}$
2M2F	$0,087 \pm 0,000^a$	$7,200 \pm 0,043^a$	$7,11 \pm 0,04^a$	$4,91 \pm 0,01^a$	$1,60 \pm 0,01^b$	$91,11 \pm 7,70^{ab}$
2M3F	$0,088 \pm 0,002^{ab}$	$8,343 \pm 0,263^b$	$8,25 \pm 0,26^b$	$5,06 \pm 0,03^b$	$1,38 \pm 0,05^a$	$84,45 \pm 3,85^{ab}$
3M1F	$0,088 \pm 0,001^{ab}$	$8,548 \pm 0,300^{bc}$	$8,46 \pm 0,30^{bc}$	$5,08 \pm 0,03^{bc}$	$1,35 \pm 0,05^a$	$91,11 \pm 3,85^{ab}$
3M2F	$0,087 \pm 0,002^a$	$8,809 \pm 0,339^{bc}$	$8,72 \pm 0,34^{bc}$	$5,13 \pm 0,02^c$	$1,31 \pm 0,05^a$	$91,11 \pm 7,70^{ab}$
3M3F	$0,089 \pm 0,001^b$	$8,905 \pm 0,267^c$	$8,82 \pm 0,27^c$	$5,12 \pm 0,03^c$	$1,29 \pm 0,04^a$	$93,33 \pm 0,00^b$

BA (g): Başlangıç canlı ağırlık, FA (g): Son canlı ağırlık, CAK (g): Canlı ağırlık kazancı, SBO (%gün⁻¹): Spesifik büyüme oranı, YDO: Yem değerlendirme oranı, YO: Yaşama oranı. Sütunlardaki farklı simgeler istatistiki farklılığı göstermektedir ($p < 0,05$)



Şekil 4.3 Deneme II canlı ağırlık grafiği

Su ürünleri yetiştiricilik çalışmalarında yetiştiricilik verimi ortaya koyan parametrelerinden biri olan yem değerlendirme oranları (YDO) kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliğinin gerçekleştirildiği Deneme II sonunda karşılaştırılmıştır. En düşük, dolayısıyla en iyi YDO değerleri sırasıyla 3M3F ($1,29 \pm 0,04$), 3M2F ($1,31 \pm 0,05$), 3M1F ($1,35 \pm 0,05$) ve 2M3F ($1,38 \pm 0,05$) gruplarından elde edilmiştir. Bu gruplar diğer gruplarla kıyaslandığında anlamlı bir farklılık olduğu anlaşılmıştır ($p < 0,05$). Bu çerçevede en düşük YDO değerinin 3M3F prebiyotik kombinasyonundan elde edildiği rapor edilmiştir. Yaşama oranları (YO) için yapılan değerlendirilmede en yüksek yaşama oranının 3M3F grubundan %93,33 ile elde edildiği ve 1M1F grubu en düşük yaşama oranı %82,22 ile aralarında anlamlı farklılık gözlemlenmiştir. Diğer gruplar arasında ise farklılık gözlemlenmemiştir ($p > 0,05$). Kırmızı bataklık kereviti kanibalistik özellik göstermektedir. Bu nedenle yetiştiricilik ortamında bireylerin saklanabilecekleri yeterli metaryelin bulunması yaşama oranını arttıran en önemli unsurlardan biridir. Deneme II süresince 15 gün ara ile yapılan ölçümlere ilişkin elde edilen büyüme değerleri grafiği ve ağırlık ölçümlerine ilişkin bilgiler Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de görülmektedir.



Şekil 4.4 Deneme süresince her 15 günde canlı ağırlık ölçümü yapılan kerevitler

4.2.3 Deneme II: Kerevitlerin vücut besin madde bileşen analizi

Deneme II neticesinde yapılan tüm vücut besin madde bileşen analizlerine ilişkin bulgularımız; prebiyotik kombinasyonlarının yem katkı maddesi olarak kullanımında 3M2F grubunun $41,23 \pm 0,74$ protein miktarı ile en yüksek, kontrol grubunun ise $38,33 \pm 1,02$ ile en düşük değere ulaştığını göstermiştir ($p < 0,05$). Ham yağ miktarı bakımından kontrol grubunun ($7,37 \pm 0,12$) diğer gruplardan yüksek bulunmuştur. Yağ oranı yüksekliği bakımından ayrılan grupların sırasıyla kontrol, 1M1F, 1M2F ve 2M1F olduğu saptanmıştır. En düşük ham yağ değeri $5,97 \pm 0,81$ ile 3M2F grubundan elde edilmiştir ($p < 0,05$). Kül oranları bakımından kontrol grubunun ($31,23 \pm 1,06$) en yüksek orana sahip olduğu 3M2F grubunun ise $28,53 \pm 0,87$ ile en düşük düzeyde kaldığı saptanmıştır ($p < 0,05$). Kuru madde değeri yönünden tüm deneme gruplarının benzer olduğu belirlenmiştir ($p > 0,05$). Tüm vücut bileşen analizi hesaplamalarına ilişkin sonuçlar **Çizelge 4.8**'de verilmiştir.

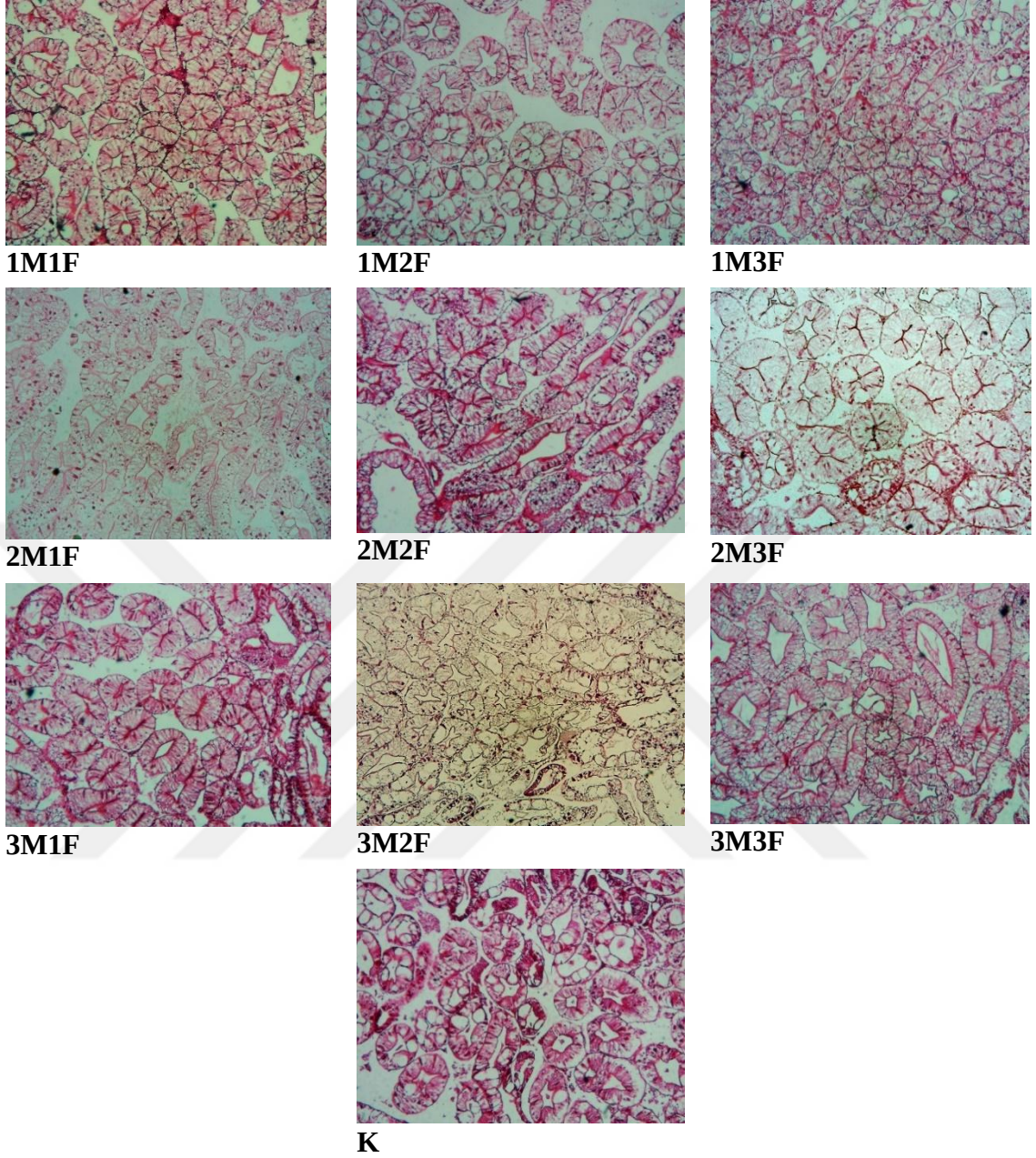
Çizelge 4.8 Deneme II: Kerevit tüm vücut bileşen analizi değerleri (% kuru madde)

	Protein (Ham)	Yağ (Ham)	Kül (Ham)	Kuru madde
K	38,33±1,02 ^a	7,37±0,12 ^c	31,23±1,06 ^c	23,53±1,21 ^a
1M1F	39,10±1,37 ^a	7,10±0,20 ^c	30,20±0,26 ^{bc}	23,93±0,67 ^a
1M2F	39,30±1,04 ^{ab}	7,13±0,49 ^c	30,03±0,67 ^{bc}	24,27±1,42 ^a
1M3F	38,73±1,53 ^a	6,87±0,06 ^{bc}	30,33±0,64 ^{bc}	24,63±0,96 ^a
2M1F	38,87±0,06 ^a	7,30±0,46 ^c	30,27±0,40 ^{bc}	24,07±0,72 ^a
2M2F	40,30±0,95 ^{ab}	6,17±0,32 ^{ab}	29,63±0,74 ^{ab}	24,43±1,18 ^a
2M3F	39,27±0,40 ^{ab}	6,73±0,60 ^{bc}	30,20±0,98 ^{bc}	24,23±0,74 ^a
3M1F	39,43±1,46 ^{ab}	6,83±0,12 ^{bc}	29,87±0,38 ^b	24,30±0,66 ^a
3M2F	41,23±0,74 ^b	5,97±0,81 ^a	28,53±0,87 ^a	24,77±1,01 ^a
3M3F	39,03±1,31 ^a	6,87±0,40 ^{bc}	29,80±0,26 ^b	24,87±0,95 ^a

Sütunlardaki farklı simgeler istatistiki farklılığı ifade etmektedir (p<0,05)

4.2.4 Deneme II: Grupların hepatopankreas histolojisi

Kerevit hepatopankreas histomorfolojik analiz sonuçları; farklı dozlarda uygulanmış olan iki farklı prebiyotik katkısının kombinasyonunun kerevitlerde hepatopankreas dokuda normalden bir uzaklaşma olgusu yaratmadığını ortaya koymuştur. Hepatopankreatik tübular epitele ait vakuoller, tübular epiteldeki sindirim ve emilim fonksiyonlarında görevli hücrelerin de normal olarak ayırt edildiği değerlendirilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Deneme II: Grupların hepatopankreas histolojisi mikroskopik görüntüsü (x10, H ve E, Orijinal)

4.2.5 Deneme II: Toplam Bakteri Sayıları

En yüksek bakteri sayısı $5,03 \pm 0,51 \times 10^5$ CFU/g ile 3M2F grubunda bulunurken, en düşük değer kontrol grubundan $4,05 \pm 0,21 \times 10^5$ CFU/g ile hesaplanmıştır (Çizelge 4.9). Prebiyotik kombinasyonlarının yem katkı maddesi olarak kullanımı sonucunda büyüme yaşama oranı ve diğer yetiştiricilik parametreleri yanında sindirim kanalı içeriğinin bakteri sayısı bakımından da artış gösterdiği anlaşılmıştır.

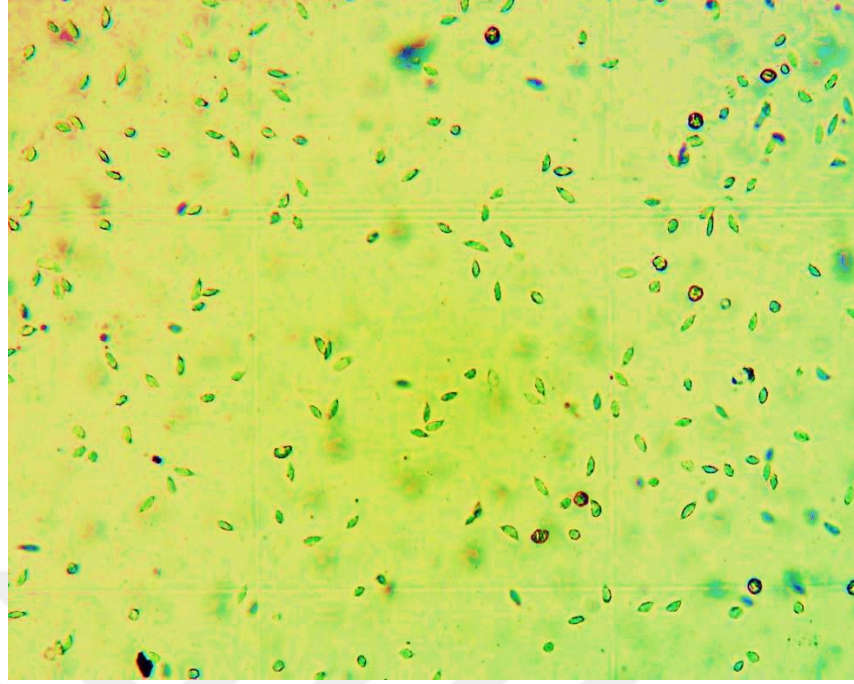
Çizelge 4.9 Deneme II: Kontrol ve prebiyotik yem katkılı grupların toplam aerobik bakteri sayıları

TABS, CFU ($\times 10^5 \text{ g}^{-1}$)	Grup ort.
K	4,05 $\pm$ 0,21 ^a
1M1F	4,58 $\pm$ 0,70 ^{ab}
1M2F	4,50 $\pm$ 0,42 ^{ab}
1M3F	4,68 $\pm$ 0,52 ^{ab}
2M1F	4,83 $\pm$ 0,73 ^{ab}
2M2F	4,85 $\pm$ 0,72 ^{ab}
2M3F	4,90 $\pm$ 0,43 ^{ab}
3M1F	4,80 $\pm$ 0,34 ^{ab}
3M2F	5,03 $\pm$ 0,51 ^b
3M3F	4,60 $\pm$ 0,45 ^{ab}

Toplam aerobik bakteri sayısı (TABS), (CFU/g) Sütunlardaki farklı simgeler istatistiki farklılığı ifade etmektedir (p<0,05)

4.2.6 Deneme II: Hemolenf parametreleri

Deneme gruplarına ilişkin hemosit sayıları incelendiğinde en yüksek toplam hemosit sayısının (THS) 92,00 $\pm$ 5,57 $\times 10^6$ ile 3M2F grubundan elde edildiği kaydedilmiştir. En düşük THS miktarının ise kontrol grubundan (48,33 $\pm$ 1,61) elde edildiği görülmektedir. Sonuçlar prebiyotik katkılı yemlerin mevcutta bağışıklık hücrelerini içeren hemositlerin sayıca artmasını dolayısıyla bağışıklığın indüklenmesini sağladığı ortaya konulmuştur.



Şekil 4.6 Deneme II: Hemolenf sıvısı içerisindeki hemositlerin görüntüsü (x10, Orijinal)

Çizelge 4.10 Deneme II: Kırmızı bataklık kereviti hemolenf parametreleri

Total hemosit sayısı (THS) ($\times 10^6$ hücre/ml)	
Kontrol	48,33 $\pm$ 1,61 ^a
1M1F	58,83 $\pm$ 7,01 ^b
1M2F	65,17 $\pm$ 2,25 ^{bc}
1M3F	68,50 $\pm$ 2,65 ^{cd}
2M1F	77,50 $\pm$ 2,29 ^{ef}
2M2F	79,00 $\pm$ 4,77 ^{ef}
2M3F	74,67 $\pm$ 4,54 ^{de}
3M1F	83,17 $\pm$ 3,55 ^f
3M2F	92,00 $\pm$ 5,57 ^g
3M3F	83,50 $\pm$ 4,77 ^f

Sütunlardaki farklı simgeler istatistiki farklılığı göstermektedir (p<0,05)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında kırmızı bataklık kereviti yetiştiriciliğinde prebiyotik yem katkı maddelerinden MOS ve FOS'un tek başına farklı dozlarda ve yine beraberce farklı dozlarda kullanımına ilişkin iki ayrı deneme gerçekleştirilmiştir.

Deneme I kapsamında MOS ve FOS prebiyotikleri kontrol grubu hariç 1, 2 ve 3 g/kg olacak şekilde kırmızı bataklık kerevitlerinin yemlerine ilave edilerek 90 gün süreyle besleme yapılmıştır. Prebiyotik katkılarının yetiştiricilik verimini pozitif yönde etkilediği ortaya konulmuştur. Deneme II için ise yine 90 gün süreyle bu prebiyotiklerin kombinasyonları test edilmiştir. Son kombinasyon uygulamaları değerlendirildiğinde yetiştiricilik verimini önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir.

5.1 Su Kalitesi Bulgularının Değerlendirilmesi

Deneme I ve Deneme II süresince (90'ar gün) su kalitesi parametrelerinin ideal seviyede tutulması için çözülmüş oksijen, pH ve su sıcaklığı parametreleri günlük olarak takip edilmiştir. Günlük olarak ölçülen bu parametreler her iki denemede de muamele grupları arasında farklılıklar göstermemiştir ($p>0,05$). Haftalık gerçekleştirilen nitrit ve nitrat azotunun da her iki denemede gruplar arasında anlamlı farklılık yaratmamış olduğu da belirlenmiştir ($p<0,05$). Denemelerde toplam amonyak, ORP ve fosfat düzeylerinin arasında gruplar arasında değişkenlik gösterdiği anlaşılmıştır ($p<0,05$). Bu farklılıkların denemelerin büyüme, besin madde bileşeni, hemolemf ve heteropankreas bulgularına etki etmediği sonucuna varılmıştır.

Huner ve Barr (1991) araştırmalarında kırmızı bataklık kereviti için ideal sıcaklık değerlerinin 22 °C civarında olduğunu, 12 °C üzerindeki sıcaklıklarda aktif olarak beslenebildikleri ve kabuk değiştirebildiklerini fakat 32 °C üzerindeki sıcaklıklarda büyümenin durduğu sonucuna varmışlardır. Kırmızı bataklık kereviti için çözülmüş oksijen konsantrasyonunun 3 mg/L üzerindeki değerlerin uygun olduğunu, çözülmüş oksijen miktarı 2 mg/L altına düştüğünde kerevitler için ölümcül olabileceğini bu seviyenin altına düştüğü durumlarda yüzeye tırmanarak atmosferik oksijenden

yararlandıklarını bildirmişlerdir. Kerevitler için çok alkali sular ve asitli sularda gelişme gösterdiklerini ve en uygun pH aralığının 5,8-10 pH değerleri arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Jin vd. (2019) farklı sıcaklık değerlerinin (17, 21,25,29 ve 33 °C) kırmızı bataklık kerevitinin üreme performansı ve embriyonik gelişimleri üzerine yaptıkları iki farklı denemede 5 farklı sıcaklık değerinin etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen bulgular neticesinde 21 °C ve 25 °C sıcaklıktaki gruplarda önemli ölçüde yüksek beslenme oranına ulaştıklarını bildirmişlerdir.

Feng vd. (2021) kırmızı bataklık kereviti toplam üretiminin yaklaşık yarısının üretiminin yapıldığı geleneksel yöntemlerin uygulandığı toprak havuz üretiminin yoğun olduğu Çin'in Hubei eyaletinde su ortamındaki meteorolojik eğilimlerin kerevit yetiştiriciliğine potansiyel etkilerini araştırmışlardır. Araştırmalarında su kalitesi parametreleri bakımından çözülmüş oksijen (3,02-7,96 mg/L), su sıcaklığı (27,2-29,1 °C) ve pH (6,8-7,72) değerlerinin meteorolojik değişikliklere oldukça duyarlı olduğunu bildirmişlerdir. Aynı bölgede yapılan bir diğer araştırma olan Yu vd. (2018) pirinç-kerevit entegre yetiştiriciliğinde su kalitesi parametrelerini belirlemek için aylık olarak yaptıkları araştırmalarında nitrit (0-0,052 mg/L), pH (7,47-8,67) ve çözülmüş oksijen (1,48-6,28 mg/L) parametrelerinde yakın bulgular elde etmişlerdir.

Denemeler sonunda su kalitesi parametrelerinin kırmızı bataklık kereviti için literatür verileriyle karşılaştırıldığında da uygun düzeyde olduğu, su kalitesi parametrelerinin kerevitlerin beslenme, üreme davranışları ve kabuk değişimleri gibi biyolojik aktivitelerini olumlu ya da olumsuz etkileyebileceği sonucuna varılmıştır.

5.2 Büyüme parametreleri değerlendirilmesi

Deneme I için test edilen uygun dozların belirlenmesinde literatürde mevcut olumlu sonuçlar elde edilen araştırmalardan faydalanılmıştır (Genc vd. 2007; Mazlum vd. 2011; Aktas vd. 2014; Sang vd. 2014; Genc ve Ebeoglu 2013; Felix vd 2020; Sang ve Fotedar 2010; Dang ve Wang 2013). Neticede yetiştiricilik parametrelerinde olumlu bir gelişim

izlenmiştir. Örneğin Genc vd. (2007) tarafından *Penaeus semisulcatus* yetiştiriciliğinde ve özellikle Mazlum vd. (2020) tarafından da *Astacus leptodactylus* yetiştiriciliğinde yemdeki yetiştiricilik parametrelerini olumlu yönde etkileyen MOS miktarının 3 g/kg olduğu bildirilmiştir. Deneme I yetiştiricilik verimi sonuçlarımız incelendiğinde anılan önceki çalışma sonuçları ile uyumlu bulunmuştur.

Deneme II'nin planlanmasında ise prebiyotik yem katkı maddelerinin hem tek hem de birlikte uygulanmasının balıklar ve eklembacıklılar için anlamlı sonuçlar verdiği önceki araştırmalarda ifade edilmiştir (Wee vd. 2022; Zhou vd. 2010; Oktaviana ve Yuhana 2014; Safari vd. 2014; Huynh vd. 2018; Selim ve Reda 2015 ve Li vd. 2018; Liu vd. 2020). Tez kurgumuza yakın olan araştırmalardan biri 2014 yılında gerçekleştirilmiştir. Buna göre Safari vd. (2014), 126 gün süreyle *Astacus leptodactylus* türü kerevite MOS ve FOS prebiyotiklerini farklı dozlarda hem tek başına (1,5; 3 ve 4,5 g/kg) ve hem de beraberce (0,75; 1,5 ve 2,25 g/kg) yem katkısı olarak uygulamışlardır. Araştırmalarının sonucunda 2,25MOS+1,5FOS oranlarında prebiyotik yem katkı maddelerinin kombine olarak verildiği grupta CAK, YDO, SBO ve YO bakımından en yüksek grup olduğunu bildirmişlerdir. Li vd. (2018) 28 gün süreyle *Litopenaeus vannamei* türüne MOS ve İnülin prebiyotiklerini yem katkı maddesi olarak ayrı ayrı ve kombinasyon olarak uygulamışlardır. Araştırmalarının sonunda MOS (5g/kg) + İnülin (5g/kg) kombine prebiyotik katkı maddesi uygulanan grubun prebiyotik katkı maddelerinin ayrı ayrı denendiği diğer gruplara göre CAK ve YDO bakımından daha yüksek değerler göstermiş olduğunu kayıdetmişlerdir. Li vd. (2021) ise 8 hafta süreyle *Litopenaeus vannamei* türüne arabinoxylan oligosakkarit (AXOS) ve inilün prebiyotiklerini farklı dozlarda (2, 4 ve 8 g/kg) kombine yem katkı maddesi diyetleriyle karideslere etkisini araştırmışlardır. Denemelerinin sonucunda 4 g/kg prebiyotik kombinasyonu uygulanmış yem katkı maddesi ile beslenen gruptaki karideslerin büyüme parametrelerinde önemli bir artış tesbit ettiklerini bildirmişlerdir.

Mevcut doktora tezi çalışmaları kapsamında test edilen MOS ve FOS prebiyotiklerinin tek başına uygulanması neticesinde elde edilen verimin bunların beraberce farklı kombinasyonda uygulanmalarıyla daha da arttırdığı sonucuna varılmıştır. Önceki araştırmalarda *Procambarus clarkii* üzerinde bu prebiyotikleri deneyen bir yayına

rastlanmadığı için çalışılan türe yakın bir tatlısu ve bir de denizel eklembacaklı ile yapılmış olan çalışmalar üzerinden genel bir değerlendirme yapılması uygun bulunmuştur. Bu araştırmaların sonuçları da kombinasyon halindeki farklı prebiyotiklerin verimi arttırdığına işaret etmektedirler. Bir başka ifade ile kırmızı bataklık kerevitine kombine prebiyotik yem katkı maddesi ilavesiyle beslenmesine yönelik karşılaştırma yapılabilecek literatür bilgisine rastlanılamamıştır. Ancak özellikle yetiştiriciliğe konu olan farklı balık türlerinde farklı prebiyotik katkı maddelerinin tek başına ve beraberce yem katkı maddesi olarak uygulandığı çalışmaların son yıllarda artış gösterdiği dikkati çekmiştir (Rohani vd. 2022, Wee vd. 2022, Ye vd. 2011, Talpur vd. 2014 ve El-Nobi vd. 2021). Önceki çalışmalar incelendiğinde su ürünleri yetiştiriciliğinde prebiyotik yem katkı maddelerinin birlikte uygulanmasının sindirim kanalındaki yararlı bakterilerin teşvik edilmesine yol açtığı bunun da yetiştiricilik verimi için avantaj sağladığı ifade edilebilir. Başka bir açıdan yaptığımız değerlendirmeye göre de prebiyotik yem katkı maddelerinin çeşitleri ve dozları türlere göre değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle prebiyotik yem katkı maddelerinin su ürünleri yetiştiriciliğinde türe özgü dozlarda uygulanmasının avantaj yaratacağı sonucuna varılmıştır.

Mevcut çalışmamız kapsamında gerçekleştirilen denemeler sonucunda; büyüme parametreleri bakımından 3 g/kg MOS hem tek başına hem de kombinasyonlar halinde FOS ile uygulanmasının verimi arttırdığı belirlenmiştir. Fakat literatüre göre benzer durum FOS prebiyotik yem katkı maddesi oranlarının türe ve uygulama dozuna bağlı olarak değiştiğini de göstermektedir. Tez çalışmasının **ana sorusu** prebiyotik yem katkı maddelerinin kombine olarak diyetlerde verilmesinin *Procambarus clarkii* yetiştiriciliğinde büyüme parametrelerinde ve yaşama oranında iyileşe sağlayıp sağlayamayacağı üzerineydi. Yapılan deneme ve testler sonrası 3MOS (3 g/kg) ve 3FOS (3 g/kg) prebiyotik yem katkı maddelerinin birlikte uygulanmasının hedeflenen çıktılara ulaşılmamızı sağladığı görülmüştür.

5.3 Tüm vücut bileşen analizinin değerlendirilmesi

Mevcut çalışmada Deneme I ve Deneme II için elde edilen tüm vücut besin madde bileşen analizi sonuçları protein değerleri bakımından karşılaştırıldığında Deneme I için en yüksek değer 3M %40,07±0,02 grubunun gösterdiği ve istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Deneme II sonuçları 3M2F grubu %41,23±0,74 protein miktarının gruplar arasında olduğunu buna karşın kontrol grubunun ise %38,33±1,02 ile en düşük değeri gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu sonuçlar prebiyotik yem katkıları ile ilgili önceki çalışmaların bulguları ile uyumlu bulunmuştur (Salem vd. 2016, Xu vd. 2022, Syed Raffic Ali vd. 2017). Ham yağ, ham kül ve kuru madde düzeyleri bakımından da iki denemeye ait sonuçların önceki çalışmalar ile benzerlik taşıdığı değerlendirilmiştir (Mazlum vd. 2011, Akbary ve Jahanbakhshi 2018). Besin madde bileşen analizi sonuçları prebiyotik kombinasyonlarının tüm vücut protein miktarını arttırdığını ortaya çıkartmıştır.

5.4 Hepatopankreas histolojisinin değerlendirilmesi

Kerevitlerde hepatopankreas, tübüler sütrüktürü ile tipiktir. Hepatopankreas yapısındaki tübüller sistemde sindirim enzimlerinin üretimi ile sindirim, emilim, glikojen ve yağ gibi besinlerin depolanması işlevleri de gerçekleştirilmektedir (Loizzi 1971). Sindirim kanalında prebiyotiklerin yem katkı maddesi olarak kullanılması probiyotik mikroorganizmaları indüklemektedir. Farklı prebiyotik bileşiklerinin kullanılması ise hastalıklara neden olan patojen mikroorganizmaların baskılanmasına bir başka ifade ile yararlı mikroorganizmaların sayısındaki artışla beraber hastalık yapma güçlerinin azalmasına bu sayede konak organizmanın sağlık koşullarının iyileşmesine katkı getirdiği bildirilmektedir (Li vd. 2007, Bosscher vd. 2009, Safari vd. 2014).

Hepatopankreas tübüllerindeki hücreler ksenobiyotiklerin detoksifikasyonundan da sorumludurlar. Hepatopankreas epitelinde üç farklı hücre tipi ayırt edilmektedir. Bunlardan birincisi temel olarak sindirimden sorumlu olan ve besinlerin hemolenfle tüm vücuda taşınmasını, emilimi, glikojenin ve yağların depolanmasında görev alan R-hücreleridir. İkincisi olan F-hücreleri sindirimin gerçekleşmesi için enzim üretimini

yanında yine depolama görevi üstlenmektedirler. Üçüncü grupta yer alan B-hücreleri de özellikle enzimlerin bulunduğu vakuollerini içerir. Hepatopankreas histolojisi kerevitin fizyolojik durumunu ortaya koyan belirteçlere sahiptir. Örneğin kabuk değiştirme, üreme durumu, beslenmesi, sindirim faaliyetleri yanında su kalitesine yanıtlar için de yararlı bilgiler sunduğu bildirilmektedir (Vogt vd. 1985, Al Mohanna ve Nott 1989, Vogt 1994, Sousa ve Petriella 2001).

Prebiyotik yem katkı maddelerinin kerevit diyetlerine ilavesinin tek başına ve beraberce test edildiği tez çalışmasının tüm deneme gruplarında hepatopankreas histolojisi bulgularımız prebiyotik yem katkı maddelerinin herhangi bir yapısal olumsuzluğa farklılığa neden olmadığını göstermiştir. Çalışmamız bulguları prebiyotik yem katkıları ile ilgili önceki çalışmaların histomorfolojik bulguları ile uyumludur (Chen vd. 2017, Genc vd. 2007, Lu vd. 2019)

5.5 Hemolenf parametreleri değerlendirilmesi

Eklembacaklıların genelinde potansiyel patojenlere karşı geliştirilen doğuştan gelen bir bağışıklık sistemi mevcuttur. Hemositler; fagositoz, kapsülleme, nodül oluşumu ve sitotoksikite 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 denemelerimizde prebiyotik 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 ve diğer yem katkıları uygulamalarıyla elde edilen THS sayılarının artışına işaret eden önceki çalışmalar ile önemli ölçüde benzerlik göstermektedir (Nedaei vd. 2019, Song vd. 2014, Safari vd. 2014).

5.6 Toplam Bakteri Sayısının Değerlendirilmesi

Eklem bacaklıların bağırsak yapısında birbirine fayda sağlayan çok çeşitli mikroflora bulunmaktadır. Bu bakteriler sindirim ve salgı faaliyetleriyle kerevitlerin beslenmesine ve sağlığına olumlu katkılar sağlayabilir (Holdich, 2002). Özellikle Bifidobakterilerin gelişimi için önemli bir besin kaynağı olan prebiyotikler, bakteri sayısında artışa etki ederek; sindirim enzim aktivitelerine de doğrudan faydalı olabilmektedirler (Hoseinifar vd. 2017). Bu tez çalışmasında sindirim kanalı içeriğinde bulunan toplam bakteri sayısı diğer ölçülen bulgularla birlikte değerlendirildiğinde bakteri sayısındaki artışın önemli olduğu düşünülmüştür. Sindirim kanalı toplam bakteri sayısı bulgularımız benzer organizmaların yetiştiriciliğinden elde edilmiş sonuçlar ile uyumlu bulunmuştur (Hoseinifar vd. 2011, Zhang vd. 2010, Akrami vd. 2013, Nedaei vd. 2019).

Sonuç olarak,

Su ürünleri yetiştiricilik faaliyetlerinde en temel beklenti birim zamandan birim alandan en yüksek ve kaliteli verimin elde edilmesi konusudur. Bu beklentiye karşılık vermek üzere büyüme ve yaşama oranını arttıran yem katkıları üzerinde durulmaya başlanmıştır. Bu katkılar arasında prebiyotiklerin kullanımı; antibiyotik kullanımının sınırlandırılması ve engellenmesini takiben artan bir ivme kazanmıştır. Özellikle eklem bacaklılarda sonradan kazanılan bağışıklığın oluşmadığı bilindiğinden, bu canlıların aşılansması ya da patojenlere karşı aktif ve uzun dönemde bağışıklık geliştirmeleri söz konusu değildir. Bu noktada başarılı bir yetiştiricilik verimi için mevcut bağışıklığın indüklenmesini sağlamak önemlidir. Mevcut bağışıklık güçlendirilirken kalıntı bırakmayacak, ilaç ve kimyasal içermeyen bir yem katkı maddesinin beslenmede kullanımı ile sorumlu yetiştiricilik uygulamalarının yaygınlaşması hayvan ve insan tüketimi için zararlı olmayan, güvenilir besin elde etmek için de büyük önem taşımaktadır.

Bu doktora tezi kapsamında bağışıklığın uyarılması ve direnç geliştirmede güvenle kullanıldığı bilinen prebiyotiklerden MOS ve FOS'un kırmızı bataklık kerevitinin (*Procambarus clarkii*) yetiştiricilik verimi üzerine olan etkileri ilk kez test edilmiştir. Çalışmada ülkemizde bulunmayan bir tür olmasına rağmen küresel anlamda üretim

miktarında son yıllarda hızlı bir ivme yakalamış olduğu izlenen kırmızı bataklık kerevitinin yetiştiriciliğinde prebiyotik kombinasyonunun avantajları açıklanmıştır. Prebiyotik yem katkı maddelerinin kombine olarak verilmesinin; tüm vücut besin madde bileşen oranlarına, büyüme parametrelerine, hemosit sayısına, hepatopankreas histomorfolojine ve sindirim kanalı içeriğindeki bakteri sayısına etkileri yorumlanmıştır. Kırmızı bataklık kerevitinin dünyada en çok yetiştirilen eklembacaklılar grubunda ikinci sırada yer aldığı bilinmektedir. Bu tür ülkemizde şimdilik sadece akvaryum sektörünün ilgisini çekmektedir. Bu doktora tezi ile akvaryum hobisi amaçlı ve hatta gerekirse de besin amaçlı üretim yapabilecek özel sektörün gereksinim duyacağı sağlıklı büyümeyi temin bilgisine ulaşılmasına konusunda da katkıda bulunulmuştur. Ayrıca bu tez çalışması ile su ürünleri sektörünün ulusal strateji belgelerinde hedeflendiği üzere ülkemiz su ürünleri yetiştiricilik alanına aday yetiştiricilik türlerinin kazandırılması konusundaki araştırmalara da katkı getirilmeye çalışıldığı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbary, P. ve Jahanbakhshi, A. 2018. Growth yield, survival, carcass quality, haematological, biochemical parameters and innate immune responses in the grey mullet (*Mugil cephalus* Linneaus, 1758) fingerling induced by Immunogen® prebiotic. Journal of Applied Animal Research, 46(1), 10-16.
- Akhter, N., Wu, B., Memon, A.M. ve Mohsin, M. 2015. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: a review. Fish ve Shellfish Immunology, 45(2), 733-741.
- Akrami, R., Iri, Y., Rostami, H. K. ve Mansour, M. R. 2013. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hemato-immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. Fish and Shellfish Immunology, 35(4), 1235-1239.
- Aktaş, M., Cığır, O., Ercüment, G. E. N. Ç., Genç, M. A. ve Çavdar, N. 2014. Effects of mannan oligosaccharide and serotonin on molting, growth, body composition and hepatopancreas histology of white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 14(1), 205-211.
- Al Mohanna, S. Y. ve Nott, J. A. 1989. Functional cytology of the hepatopancreas of *Penaeus semisulcatus* (Crustacea: Decapoda) during the moult cycle. Marine Biology, 101(4), 535-544.
- Al-Sheraji, S. H., Ismail, A., Manap, M. Y., Mustafa, S., Yusof, R. M. ve Hassan, F. A. 2013. Prebiotics as functional foods: A review. Journal of Functional Foods, 5(4), 1542-1553.
- Andersson, H., Asp, N. G., Bruce, Å., Roos, S., Wadström, T. ve Wold, A. E. 2001. Health effects of probiotics and prebiotics a literature review on human studies. Food and Nutrition Research, 45, 58-75.
- Barug, D., Jong, J., Kies, A.K. ve Verstegen, M.W.A. 2006. Antimicrobial growth promoters. Where do we go from here? Wageningen Academic Publishers, 422 p.
- Boix, C., Ibáñez, M., Sancho, J.V., León, N., Yusá, V. ve Hernández, F. 2014. Qualitative screening of 116 veterinary drugs in feed by liquid

chromatography–high resolution mass spectrometry: Potential application to quantitative analysis, *Food Chemistry*, 160, 313–320.

Bosscher, D., Breynaert, A., Pieters, L. ve Hermans, N. 2009. Food-based strategies to modulate the composition of the microbiota and their associated health effects. *Journal of physiology and pharmacology/Polish Physiological Society.- Kraków*, 1991, currens, 60(6), 5-11.

Chen, W. W., Romano, N., Ebrahimi, M., ve Natrah, I. 2017. The effects of dietary fructooligosaccharide on growth, intestinal short chain fatty acids level and hepatopancreatic condition of the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) post-larvae. *Aquaculture*, 469, 95-101.

Croll, S. L. ve Watts, S. A. 2004. The effect of temperature on feed consumption and nutrient absorption in *Procambarus clarkii* and *Procambarus zonangulus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 35(4), 478-488.

De Oliveira, A. J. B., Gonçalves, R. A. C., Chierrito, T. P. C., Dos Santos, M. M., de Souza, L. M., Gorin, P. A. J., ... ve Iacomini, M. 2011. Structure and degree of polymerisation of fructooligosaccharides present in roots and leaves of *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni. *Food Chemistry*, 129(2), 305-311.

Dong, C. ve Wang, J. 2013. Immunostimulatory effects of dietary fructooligosaccharides on red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard). *Aquaculture Research*, 44(9), 1416-1424.

El-Nobi, G., Hassanin, M., Khalil, A. A., Mohammed, A. Y., Amer, S. A., Montaser, M. M., ve El-Sharnouby, M. E. 2021. Synbiotic Effects of *Saccharomyces cerevisiae*, Mannan Oligosaccharides, and β -Glucan on Innate Immunity, Antioxidant Status, and Disease Resistance of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Antibiotics*, 10(5), 567.

FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. In brief. Sustainability in action. Rome.

Felix, N., Arasi, P.K. ve Manikandan, K. 2020. Dietary mannan oligosaccharide enhances growth and survival of juvenile tiger shrimp *Penaeus monodon* against experimental challenge with *Vibrio harveyi* and white spot syndrome virus. *Indian J. Fish*, 67(4), 97-104.

Feng, Y., Liu, S., Li, L., Zhong, L., Yang, S., Ouyang, P., ve Huang, X. 2021. Time series analysis reveals the environmental variability of *Procambarus clarkii*

cultures under changing meteorological parameters and its potential effect on an important cultivating area in China. *Aquaculture*, 540, 736688.

Fuller, R. ve Gibson, G. R. 1998. Probiotics and prebiotics: microflora management for improved gut health. *Clinical microbiology and infection*, 4(9), 477-480.

Genc, E., Genc, M. A., Cengizler, I., ve Can, M. F. 2005. Seasonal variation and pathology associated with Helminthes infecting two serranids (Teleostei) of Iskenderun Bay (Northeast Mediterranean Sea), Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 5(1).

Genç, M. A., Yılmaz, E. ve Genç, E. 2006. Yeme eklenen mannan-oligosakkarit'in karabalıkların (*Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)) gelişimine, barsak ve karaciğer histolojisine etkileri.

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.

Genc, M. A. ve Ebeoglu, B. 2013. The effects of different salinity and supplemented mannan oligosaccharides (MOS) on growth of *Litopenaeus vannamei* (Penaeus: Decapoda). *J. Anim. Veterin. Adv*, 12(9), 942-947.

Genc, E., Genç, M. A., Aktaş, M., Bircan-Yıldırım, Y. ve İkizdoğan, A. T. 2011. Su ürünleri yetiştiriciliğinde mannan-oligosakkarit (MOS) kullanımı üzerine Türkiye’de farkındalık yaratma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 7(1), 18-24.

Gherardi, F. 2006. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 39(3), 175-191.

Gibson, G. R., ve Roberfroid, M. B. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125(6), 1401-1412.

Guerreiro, I., Pérez-Jiménez, A., Costas, B. ve Oliva-Teles, A. 2014. Effect of temperature and short chain fructooligosaccharides supplementation on the hepatic oxidative status and immune response of turbot (*Scophthalmus maximus*). *Fish and Shellfish Immunology*, 40(2), 570-576.

- Guerreiro, I., Oliva-Teles, A. ve Enes, P. 2015. Improved glucose and lipid metabolism in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed short-chain fructooligosaccharides and xylooligosaccharides. *Aquaculture*, 441, 57-63.
- Guerreiro, I., Couto, A., Machado, M., Castro, C., Pousão-Ferreira, P., Oliva-Teles, A. ve Enes, P. 2016. Prebiotics effect on immune and hepatic oxidative status and gut morphology of white sea bream (*Diplodus sargus*). *Fish and Shellfish Immunology*, 50, 168-174.
- Gulewicz, P., Ciesiolka, D., Frias, J., Vidal-Valverde, C., Frejnagel, S., Trojanowska, K. ve Gulewicz, K. 2003. Simple method of isolation and purification of α -galactosides from legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3120–3123.
- Hobbs Jr, H. H. 1974. A checklist of the North and Middle American crayfishes (Decapoda: Astacidae and Cambaridae). *Smithsonian Contributions to Zoology*.
- Hobbs Jr, H. H., Jass, J. P. ve Huner, J. V. 1989. A review of global crayfish introductions with particular emphasis on two North American species (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, 299-316.
- Hobbs, H. H. Jr., 1988. Crayfish distribution, adaptive radiation and evolution. In: D. M. Holdich, and R.S. Lowery (eds), *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*. Timber Press, Portland: 52–82.
- Holdich, D. M. (Ed.). 2002. *Biology of freshwater crayfish*. Oxford: Blackwell Science, 702, 125-138 pp.
- Hoseinifar, S. H., Mirvaghefi, A., Mojazi Amiri, B., Rostami, H. K., ve Merrifield, D. L. 2011. The effects of oligofructose on growth performance, survival and autochthonous intestinal microbiota of beluga (*Huso huso*) juveniles. *Aquaculture Nutrition*, 17(5), 498-504.
- Hoseinifar, S. H., Soleimani, N., ve Ringø, E. 2014. Effects of dietary fructooligosaccharide supplementation on the growth performance, haemato-immunological parameters, gut microbiota and stress resistance of common carp (*Cyprinus carpio*) fry. *British Journal of Nutrition*, 112(8), 1296-1302.
- Hoseinifar, S. H., Dadar, M. ve Ringø, E. 2017. Modulation of nutrient digestibility and digestive enzyme activities in aquatic animals: the functional feed additives scenario. *Aquaculture Research*, 48(8), 3987-4000.

- Hoşsu, B., Korkut, A.Y. ve Fırat, A. 2001. Balık besleme ve yem teknolojisi : Balık besleme fizyolojisi ve biyokimyası. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, (50). İzmir. 276 sayfa.
- Huner, J.V. 1994. Freshwater crayfish culture. In: J.V. Huner (ed), Freshwater Crayfish Aquaculture in North America, Europe and Australia. Food Products Press, Binghamton, NY: 5-89.
- Huner, J. V., and Barr, J. E. 1991. Red swamp crawfish: biology and exploitation.
- Huynh, T. G., Cheng, A. C., Chi, C. C., Chiu, K. H., ve Liu, C. H. 2018. A synbiotic improves the immunity of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Metabolomic analysis reveal compelling evidence. Fish and Shellfish Immunology, 79, 284-293.
- İkizdoğan, A.T. 2006. Farklı yem katkılarının karabalık (*Clarias gariepinus*) larvalarının büyüme performansı ile hepatopankreas ve barsak histolojisi üzerine etkileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 82 s.
- Jin, S., Jacquin, L., Huang, F., Xiong, M., Li, R., Lek, S., ve Zhang, T. 2019. Optimizing reproductive performance and embryonic development of red swamp crayfish *Procambarus clarkii* by manipulating water temperature. Aquaculture, 510, 32-42.
- Kaya, D., Genc, M. A., Aktas, M., Yavuzcan, H., Ozmen, O., ve Genc, E. 2019. Effect of biofloc technology on growth of speckled shrimp, *Metapenaeus monoceros* (Fabricus) in different feeding regimes. Aquaculture Research, 50(10), 2760-2768.
- Kolida, S. ve Gibson, G. R. 2007. Prebiotic capacity of inulin-type fructans. The Journal of nutrition, 137(11), 2503-2506.
- Korkut, A.Y., Kop, A. ve Demir, P. 2007. Balık yemlerinde kullanılan balık yağı ve özellikleri. Su Ürünleri Dergisi, 24(1), 195-199.
- Kumlu, M. 2001. Karides, istakoz ve midye yetiştiriciliği. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Adana, 395 s.
- Kunová, G., Rada, V., Lisova, I., Ročková, S. ve Vlková, E. 2011. In vitro fermentability of prebiotic oligosaccharides by lactobacilli. Czech J Food Sci, 29(1), 49-54.

- Li, J., Han, F., Lu, X., Fu, X., Ma, C., Chu, Y. ve Yu, W. 2007. A simple method of preparing diverse neoagaro-oligosaccharides with β -agarase. *Carbohydrate Research*, 342(8), 1030-1033.
- Li, Y., Liu, H., Dai, X., Li, J., ve Ding, F. 2018. Effects of dietary inulin and mannan oligosaccharide on immune related genes expression and disease resistance of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish and Shellfish Immunology*, 76, 78-92.
- Li, Y., Yuan, W., Zhang, Y., Liu, H., ve Dai, X. 2021. Single or combined effects of dietary arabinoxylan-oligosaccharide and inulin on growth performance, gut microbiota, and immune response in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Oceanology and Limnology*, 39(2), 741-754.
- 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.
- Loizzi, R. F. 1971. Interpretation of crayfish hepatopancreatic function based on fine structural analysis of epithelial cell lines and muscle network. *Zeitschrift für Zellforschung und mikroskopische Anatomie*, 113(3), 420-440.
- Loureiro, T. G., Anastácio, P. M., Bueno, S. L. D. S., ve Araujo, P. B. 2018. Management of invasive populations of the freshwater crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda, Cambaridae): test of a population-control method and proposal of a standard monitoring approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(9), 1-11.
- Lu, J., Qi, C., Limbu, S. M., Han, F., Yang, L., Wang, X., ve Chen, L. 2019. Dietary mannan oligosaccharide (MOS) improves growth performance, antioxidant capacity, non-specific immunity and intestinal histology of juvenile Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*). *Aquaculture*, 510, 337-346.
- Macrì, F., Di Pietro, S., Bonfiglio, R., De Stefano, C., Giorgianni, P. ve Bottari, T. 2013. Anatomical evaluation of the organs in the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, by diagnostic ultrasound examination. *Journal of Crustacean Biology*, 33(4), 586-589.
- Manning, T.S. ve Gibson, G.R. 2004. Prebiotics. *Best Practice ve Research Clinical Gastroenterology*, 18(2), 287-298.
- Mazlum, Y., Yılmaz, E., Genç, M. A. ve Guner, O. 2011. A preliminary study on the use of mannan oligosaccharides (MOS) in freshwater crayfish, *Astacus*

- leptodactylus* Eschscholtz, 1823 juvenile diets. *Aquaculture International*, 19(1), 111-119.
- McClain, W. R. ve Romaine, R. P. 2004. Crawfish culture: a Louisiana aquaculture success story. *World Aquaculture*, 35(4), 31-35.
- Meshram, S. J., Dhamagaye, H. B., Swain, H.S., Murthy, H. S., Ali, A., Gitte, M. J. ve Sadawarte, R.K. 2020. Effect of dietary supplementation of mannan oligosaccharide on growth and survival of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Experimental Zoology, India*, 23(1), 869-871.
- Okpala, C. O. R., Choo, W. S., ve Dykes, G. A. 2014. Quality and shelf-life assessment of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) freshly harvested and stored on ice. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 110-116.
- Oktaviana, A. D. N. I. ve Yuhana, M. 2014. The use of synbiotics to prevent IMNV and *Vibrio harveyi* co-infection in *Litopenaeus vannamei*. *HAYATI Journal of Biosciences*, 21(3), 127-134.
- Oluoch, A. O. 1990. Breeding biology of the Louisiana red swamp crayfish *Procambarus clarkii* Girard in Lake Naivasha, Kenya. *Hydrobiologia*, 208(1), 85-92.
- Parlat, S. S., Yıldız, A. Ö., Yazgan, O. ve Bahtiyarca, Y. 2002. Düşük protein içerikli rasyonlara prebiyotik veya antibiyotik katkısının japon bıldırcınlarının (*Coturnix coturnix japonica*) besi performansına etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 16(30), 38-42.
- Patterson, J. A. ve Burkholder, K. M. 2003. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry science*, 82(4), 627-631.
- Ringø, E., Olsen, R. E., Gifstad, T. Ø., Dalmo, R. A., Amlund, H., Hemre, G. I. ve Bakke, A. M. 2010. Prebiotics in aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition*, 16(2), 117-136.
- Ringø, E., Dimitroglou, A., Hoseinifar, S. H. ve Davies, S. J. 2014. Prebiotics in finfish: an update. *Aquaculture nutrition: gut health, probiotics and prebiotics*, 360-400.
- Rohani, M. F., Islam, S. M., Hossain, M. K., Ferdous, Z., Siddik, M. A., Nuruzzaman, M. ve Shahjahan, M. 2022. Probiotics, prebiotics and synbiotics improved the

functionality of aquafeed: Upgrading growth, reproduction, immunity and disease resistance in fish. *Fish and Shellfish Immunology*, 120, 569-589.

Rungrassamee, W., Kingcha, Y., Srimarut, Y., Maibunkaew, S., Karoonuthaisiri, N. ve Visessanguan, W. 2014. Mannooligosaccharides from copra meal improves survival of the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) after exposure to *Vibrio harveyi*. *Aquaculture*, 434, 403-410.

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.

Salem, M., Gaber, M. M., Zaki, M. A. D., ve Nour, A. A. 2016. Effects of dietary mannan oligosaccharides on growth, body composition and intestine of the sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture Research*, 47(11), 3516-3525.

Sang, H. M. ve Fotedar, R. 2010. Prebiotic mannan oligosaccharide diet improves health status of the digestive system of marron, *Cherax tenuimanus* (Smith 1912). *Journal of Applied Aquaculture*, 22(3), 240-250.

Sang, H. M., Fotedar, R. ve Filer, K. 2011. Effects of dietary mannan oligosaccharide on the survival, growth, immunity and digestive enzyme activity of freshwater crayfish, *Cherax destructor* Clark (1936). *Aquaculture Nutrition*, 17(2), e629-e635.

Sang, H. M., Kien, N.T. ve Thanh Thuy, N.T. 2014. Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth, survival, physiological, immunological and gut morphological conditions of black tiger prawn (*Penaeus monodon* Fabricius 1798). *Aquaculture Nutrition*, 20(3), 341-348.

Santin, E., Maiorka, A., Macari, M., Grecco, M., Sanchez, J. C., Okada, T. M., ve Myasaka, A. M. 2001. Performance and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diets containing *Saccharomyces cerevisiae* cell wall. *Journal of Applied Poultry Research*, 10(3), 236-244.

Selim, K. M. ve Reda, R. M. 2015. Beta-glucans and mannan oligosaccharides enhance growth and immunity in Nile tilapia. *North American Journal of Aquaculture*, 77(1), 22-30.

- Soleimani, N., Hoseinifar, S. H., Merrifield, D. L., Barati, M. ve Abadi, Z.H. 2012. Dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) improves the innate immune response, stress resistance, digestive enzyme activities and growth performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. *Fish and Shellfish Immunology*, 32(2), 316-321.
- Song, S. K., Beck, B. R., Kim, D., Park, J., Kim, J., Kim, H. D. ve Ringø, E. 2014. Prebiotics as immunostimulants in aquaculture: a review. *Fish and shellfish immunology*, 40(1), 40-48.
- Sousa, L. G. ve Petriella, A. M. 2001. Changes in the hepatopancreas histology of *Palaemonetes argentinus* (Crustacea, Caridea) during moult. *Biocell: Official Journal of the Sociedades Latinoamericanas de Microscopia Electronica...* et. al, 25(3), 275-281.
- Sousa, L. G., Cuartas, E. I. ve Petriella, A.M. 2005. Fine structural analysis of the epithelial cells in the hepatopancreas of *Palaemonetes argentinus* (Crustacea, Decapoda, Caridea) in intermoult. *Biocell*, 29(1), 25-31.
- Söderhäll, K. ve Smith, V.J. 1983. Separation of the haemocyte populations of *Carcinus maenas* and other marine decapods, and prophenoloxidase distribution. *Developmental and Comparative Immunology*, 7(2), 229-239.
- Syed Raffic Ali, S., Ambasankar, K., Ezhil Praveena, P., Nandakumar, S., ve Syamadaya, J. 2017. Effect of dietary fructooligosaccharide supplementation on growth, body composition, hematological and immunological parameters of Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture international*, 25(2), 837-848.
- Talpur, A. D., Munir, M. B., Mary, A., ve Hashim, R. 2014. Dietary probiotics and prebiotics improved food acceptability, growth performance, haematology and immunological parameters and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in snakehead (*Channa striata*) fingerlings. *Aquaculture*, 426, 14-20.
- Torrecillas, S., Montero, D. ve Izquierdo, M. 2014. Improved health and growth of fish fed mannan oligosaccharides: potential mode of action. *Fish and shellfish immunology*, 36(2), 525-544.
- Türkmen, G. ve Karadal, O. 2012. The survey of the imported freshwater decapod species via the ornamental aquarium trade in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11(15):2824-2827. doi:10.3923/javaa.2012.2824.2827
- Varela-Granados, Y., Frías-Gómez, S. A., Hernández-Hernández, L. H., Powell, M. S. ve Vega-Villasante, F. 2021. Effects of mannan oligosaccharides and

- fructooligosaccharides on the growth and nonspecific immune responses of juvenile freshwater prawn *Macrobrachium acanthurus*. Latin american Journal of Aquatic Research, 49(2), 299-306.
- Vogt, G. 1994. Life-cycle and functional cytology of the hepatopancreas cells of *Astacus astacus* (Crustacea, Decapoda). Zoomorphology, 114: 83-101.
- Vogt, G., Storch, V., Quinitio, E. T. ve Pascual, F. P. 1985. Midgut gland as monitor organ for the nutritional value of diets in *Penaeus monodon* (Decapoda). Aquaculture, 48(1), 1-12.
- Wang, Q., Ding, H., Tao, Z. ve Ma, D. 2018. Crayfish (*Procambarus clarkii*) cultivation in China: a decade of unprecedented development. Aquaculture in China: success stories and modern trends, 363-377.
- Wang, Y. 2009. Prebiotics: Present and future in food science and technology. Food Research International, 42(1), 8-12.
- Wee, W., Hamid, N.K.A., Mat, K., Khalif, R.I.A.R., Rusli, N.D., Rahman, M.M. ve Wei, L.S. 2022. The effects of mixed prebiotics in aquaculture: A review. Aquaculture and Fisheries. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.02.005>.
- Weijers, C. A., Franssen, M.C. and Visser, G.M. 2008. Glycosyltransferase-catalyzed synthesis of bioactive oligosaccharides. Biotechnology Advances, 26(5), 436-456.
- Xu, H., Su, Y., Zhang, L., Tian, T., Xu, R., Sun, H., ve Yu, D. 2022. Effects of dietary galactooligosaccharide on growth, antioxidants, immunity, intestinal morphology and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in juvenile hybrid sturgeon (*Acipenser baerii*♀ × *A. schrenckii*♂). Aquaculture Reports, 23, 101097.
- Ye, J. D., Wang, K., Li, F. D., ve Sun, Y. Z. 2011. Single or combined effects of fructo- and mannan oligosaccharide supplements and *Bacillus clausii* on the growth, feed utilization, body composition, digestive enzyme activity, innate immune response and lipid metabolism of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture nutrition, 17(4), e902-e911.
- Yu, J., Ren, Y., Xu, T., Li, W., Xiong, M., Zhang, T., ve Liu, J. 2018. Physicochemical water quality parameters in typical rice-crayfish integrated systems (RCIS) in China. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 11(3), 54-60.

- Zhang, Q., Ma, H., Mai, K., Zhang, W., Liufu, Z., ve Xu, W. 2010. Interaction of dietary *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide on the growth performance, non-specific immunity of sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. Fish & Shellfish Immunology, 29(2), 204-211.
- Zhang, J., Liu, Y., Tian, L., Yang, H., Liang, G. ve Xu, D. 2012. Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth performance, gut morphology and stress tolerance of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Fish ve Shellfish Immunology, 33(4), 1027-1032.
- Zhang, S. P., Li, J. F., Wu, X. C., Zhong, W. J., Xian, J. A., Liao, S. A. ve Wang, A. L. 2013. Effects of different dietary lipid level on the growth, survival and immune-relating genes expression in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Fish and shellfish immunology, 34(5), 1131-1138.
- Zhou, Z., Ding, Z. ve Huiyuan, L. V. 2007. Effects of dietary short- chain fructooligosaccharides on intestinal microflora, survival, and growth performance of juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of the World Aquaculture Society, 38(2), 296-301.
- Zhou, Q. C., Buentello, J. A. ve Gatlin III, D. M. 2010. Effects of dietary prebiotics on growth performance, immune response and intestinal morphology of red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture, 309(1-4), 253-257.