ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Abdullatif ÖLÇÜLÜ

FARKLI BİTKİSEL YAĞLARIN TÜRK KEREVİTİ (*Astacus leptodactylus*)'NDE BÜYÜME PERFORMANSI, YAĞ ASİTLERİ VE SICAKLIK TOLERANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2016

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI BİTKİSEL YAĞ KAYNAKLARININ TÜRK KEREVİTİ *(Astacus leptodactylus)*'NİN BÜYÜME, YEM TÜKETİMİ, YAĞ ASİTLERİ VE TERMAL TOLERANS DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Abdullatif ÖLÇÜLÜ

DOKTORA TEZİ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 20/07/2016 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

…….....	.....	.....
Prof. Dr. Metin KUMLU	Prof. Dr. O.Tufan EROLDOĞAN	Prof. Dr. Mustafa YILDIZ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

...…….....	...……..
Prof. Dr. Mahmut YANAR	Doç. Dr. Kenan ENGİN
ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: SÜF2010D8

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

FARKLI BİTKİSEL YAĞLARIN TÜRK KEREVİTİ *(Astacus leptodactylus)*'NDE BÜYÜME PERFORMANSI, YAĞ ASİTLERİ VE SICAKLIK TOLERANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

Abdullatif ÖLÇÜLÜ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Metin KUMLU
Yıl: 2016, Sayfa: 89
Jüri : Prof. Dr. Metin KUMLU
: Prof. Dr. Orhan Tufan EROLDOĞAN
: Prof. Dr. Mustafa YILDIZ
: Prof. Dr. Mahmut YANAR
: Doç. Dr. Kenan ENGİN

Bu çalışma 2 ayrı denemeden oluşmuştur. I. Denemede, Türk kerevitinin *(Astacus leptodactylus)* (24 g) beslenmesinde balık yağına (BY) ikame olarak bitkisel yağ kaynaklarından yerfıstığı yağı (YFY), pamuk tohumu yağı (PTY), keten tohumu yağı (KTY) ve fındık yağının (FY) kullanımı, II. Denemede ise, farklı bitkisel yağ kaynaklarıyla beslemenin kerevitlerde termal tolerans değerleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu denemede ayrıca, üç farklı alıştırma su sıcaklığında (15, 20 ve 25°C) CTMin ve CTMax değerleri, alıştırma tepki oranı (ARR) ve termal tolerans poligonlarının belirlenmesi de hedeflenmiştir.

I. Denemede, hazırlanan 5 farklı yem ile 60 gün boyunca beslenen kerevitlerde final ağırlığı FY yemi ile beslenen grupta daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Bu grupta YYO 1.53 olarak hesaplanırken, bu değer diğer gruplarda 2.15 ile 2.50 arasında değişmiştir. Genel olarak, EPA (20:5n-3) ve DHA (22:6n-3) içerikleri çok düşük olmasına rağmen, bitkisel yağlarla beslenen kerevitlerde büyüme performansı, besin madde bileşenleri ve kabuk değişimi ile ilgili başarılı sonuçlar elde edilmiştir. FY içeren yem ile beslenen kerevitlerde elde edilen yüksek performansın MUFA'larla (özellikle de 18:1n-6 ile) ilişkili olduğu ve bu yağ asitlerinin enerji sağlamak amacıyla kerevitler tarafından etkin bir şekilde metabolize edildikleri anlaşılmıştır. MUFA'ların KTY (%35.51) ve FY (%35.02) gruplarında abdomen etinde yüksek miktarda birikim yaptığı, özellikle 18:1n-9'un FY grubunda yüksek oranda (%25.06) bulunduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Bu yağ aside seviyesinin YFY, KTY, BY, ve PTY gruplarında sırasıyla %22.30, %19.76, %19.57 ile %19.20 bulunduğu belirlenmiştir. Beklendiği gibi, EPA açısından en zengin grubun BY olduğu, ancak bitkisel yağlarla beslenen diğer gruplarda da EPA seviyelerinin kontrol grubuna yaklaştığı görülmüştür. DHA seviyesinin BY (%9.76) yemi ile beslenen kerevitlerde daha yüksek birikim yaptığı ($P<0.05$), bitkisel yağ gruplarında DHA seviyelerinin %6.84 ile %7.70 arasında değiştiği görülmüştür. PUFA açısından BY grubunun en zengin (%46.36, $P<0.05$) olduğu ve bu grubu da YFY ve PTY gruplarının izlediği (%44.56 ile %43.34), en düşük seviyelerin ise KTY ve FY gruplarında bulunduğu (%40.08 ile %42.40) belirlenmiştir. Yemlerin protein sindirilebilirliği %97.1 ile %98.4 arasında, kuru madde sindirilebilirliği ise %61.8 ile %72.9 arasında değişmiştir. Bulgularımız, MUFA açısından zengin YFY ve FY yemlerinin, %26 oranında balık ve kalamar unu kullanıldığında, kerevit beslemede rahatlıkla BY yerine ikame edilebileceklerini ortaya koymuştur.

II denemede, termal tolerans test verileri alıştırma su sıcaklığının (15, 20 ve 25°C) kerevitlerde CTMin ve CTMax değerleri üzerine önemli etkilerde bulunduğunu göstermiştir ($P<0.05$). Denemede kullanılan 0.3°C/dakika soğutma/ısıtma oranı ile üstte belirtilen sıcaklıklarda CTMin değerlerinin kerevitte 1.3 ile 2.0°C, CTMax değerlerinin ise 37.4 ile 38.7°C'ler arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Termal tolerans poligon alanı 364°C^2 olarak hesaplanmıştır. Üç farklı alıştırma su sıcaklıklarında (15, 20 ve 25°C) hesaplanan genel ARR değerlerinin 0.13 ile 0.23 arasında olduğu belirlenmiştir. Farklı bitkisel yağ kaynakları ile beslenen kerevitlerde CTMin 0.5°C'ye kadar inmiş ve CTMax ise 40.1°C'ye kadar yükselmiştir ($P<0.05$). Çalışmamız, KTY ve FY ile beslenen kerevitlerin düşük sıcaklıkları kesinlikle daha iyi tolere edebildiklerini, yüksek sıcaklıklara da toleranslarının kısmen arttığını ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Bitkisel yağlar, Yağ asidi, CTMin, CTMax, Termal Poligon ve Alıştırma Tepki Oranı.

ABSTRACT

PhD THESIS

EFFECTS OF DIFFERENT VEGETABLE OILS ON GROWTH PERFORMANCE, FATTY ACIDS AND THERMAL TOLERANCE OF THE TURKISH CRAYFISH *Astacus leptodactylus*

Abdullatif ÖLÇÜLÜ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AQUACULTURE

Supervisor : Prof. Dr. Metin KUMLU
Year: 2016, Pages: 89
Jury : Prof. Dr. Metin KUMLU
: Prof. Dr. Orhan Tufan EROLDOĞAN
: Prof. Dr. Mustafa YILDIZ
: Prof. Dr. Mahmut YANAR
: Assoc. Prof. Dr. Kenan ENGİN

This study is comprised of two experiments. In the 1st Experiment, Turkish crayfish *Astacus leptodactylus* (24 g) were fed with different vegetable oil sources [peanut oil (PO), cotton seed oil (CSO), linseed oil (LO) and hazelnut oil (HO)] as substitute for fish oil (FO: control) in the diet. In the 2nd Experiment, the effects of vegetable oil-based diets on thermal tolerance of the crayfish were examined, while furthermore, at three acclimation temperatures, CTMin and CTMax values, acclimation response ratio (ARR) and thermal tolerance polygon (15, 20 and 25°C) were also studied.

In the 1st Experiment, among five different diets that were fed to the juveniles for 60 days, HO sustained the highest final weight ($P<0.05$). While FCR was calculated as 1.53 in this group, this value ranged between 2.15 and 2.50 in other experimental groups. In general, in spite of their very low level of EPA (20:5n-3) and DHA (22:6n-3), vegetable oil sources promoted good growth, high nutritional contents and successful moultings throughout the study. The reason for this is attributed to high contents of MUFA's in the vegetable oils that can be more efficiently converted through β-oxidation to energy, as compared to n-6 PUFA's. Accumulation of MUFA's was highest in LO (35.51%) and HO (35.02%) in the abdominal tissue, especially 18:1n-9 in HO (25.06%) ($P<0.05$). This fatty acid was measured as 22.30, 19.76, 19.57 and 19.20% in PO, LO, FO and CSO, respectively. As expected, highest EPA was found in FO, but this fatty acid was also accumulated in the groups feeding on vegetable oil sources to a level close to the control group. DHA level was found to also be highest (9.76%) in the group feeding on FO ($P<0.05$), while this fatty acid ranged between 7.70 and 6.84% in the groups feeding on vegetable oil sources. The richest group in terms of PUFA's was found as FO (46.36%, $P<0.05$) followed by PO and CSO (44.56% and 43.34%), while poorest were LO and HO-groups (40.08 and 42.40%). Protein digestibility ranged from 97.1 to 98.4%, while dry matter ranged from 61.8 and 72.9% . Our results have shown that, PO and HO feeds, which contained high levels of MUFA's, can fully substitute FO in the feed of *A. leptodactylus*, on condition that fish and squid meals are used at 26% in the formulation.

In the 2nd Experiment, thermal tolerance tests were shown that acclimation temperatures (15, 20 and 25°C) had significant effects on CTMin ve CTMax values of *A. leptodactylus* juveniles ($P<0.05$). At a heating/cooling rate of 0.3°C/min the CTMin values ranged between 1.3 and 2.0°C, while the CTMax values ranged between 37.4 and 38.7°C. Thermal tolerance polygon area was calculated as 364°C^2. At three acclimation temperatures (15, 20 and 25°C), the ARR values ranged from 0.13 to 0.23. The CTMin and CTMax values dropped down to 0.5°C or went up to 40.1°C when the juveniles were fed vegetable oil-based diets ($P<0.05$). Our study has demonstrated that, when the crayfish were fed on LO or HO for 60 days, their tolerance to extreme temperatures could significantly be enhanced, while increaser of tolerance to low temperatures was more evident in this respect.

Key Words: Vegetable Oils, Fatty Acids, CTMin, CTMax, Thermal Polygon, Acclimation Response Ratio

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimimin her aşamasında sonsuz destek ve yardımlarını esirgemeyen, denemenin planlaması ve kurgulanmasında sonsuz katkılarda bulunan danışmanım sayın Prof. Dr. Metin KUMLU'ya, yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren Prof. Dr. O. Tufan EROLDOĞAN'a deneme boyunca ve laboratuar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen, Arş.Gör. Dr. H. Asuman YILMAZ'a ve Uzm. Dr. İbrahim DEMİRKALE'ye ayrıca, öğrenim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen saygıdeğer aileme ve tez yazımı sırasında bana gösterdiği sabır ve desteğinden dolayı sevgili eşime sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırmalar ve Projeler Birimi tarafından SÜF2010D8 proje koduyla desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER ..... …IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
SİMGELER VE KISALTMALAR XII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 7
2.1. Krustase Yemlerinde Bitkisel Yağların Kullanımı 7
2.1.1. Doymuş Yağ Asitlerince Zengin Bitkisel Yağların Kullanımı 8
2.1.2. n-3 Çoklu Doymamış Yağ Asitlerince Zengin Bitkisel Yağların Kullanımı 9
2.1.3. n-6 Çoklu Doymamış Yağ Asitlerince Zengin Bitkisel Yağların Kullanımı 10
2.1.4. Tekli Doymamış Yağ Asitlerince Zengin Bitkisel Yağların Kullanımı 12
2.1.5. Yemlerde Balık Yağı Değişiminin Lipit Metabolizmasına Etkisi ... 13
2.2. Krustaselerde CTMax ve CTMin Çalışmaları 14
2.2.1. Kerevitler İle Yapılan Çalışmalar 14
2.2.2. Diğer Krustaseler İle Yapılan Çalışmalar 15
2.2.3. Farklı Bitkisel Yağların Termal Tolerans Üzerine Etkileri İle İlgili Çalışmalar 17
3. MATERYAL VE METOT 19
3.1. I. Deneme-Kerevitlerde Faklı Bitkisel Yağların Büyüme Performansı, Yağ Asitleri ve Hepatopankreas Dokularına Etkileri 19
3.1.1. Büyüme Performansına ve Yağ Asitlerine Etkilerinin Belirlenmesi 19
3.1.2. Deneme Materyali 19
3.1.3. Deneme Dizaynı ve Yönetimi 19

3.1.4. Deneme Yemlerinin Hazırlanması 21
3.1.5. Büyüme Ölçümleri ve Alınan Parametreler 23
3.1.6. Besin Maddeleri İçeriği Analizi 24
3.1.6.1. Kuru Madde ve Kül Analizi 24
3.1.6.2. Protein Analizi 24
3.1.6.3. Lipit Analizi ve Yağ Asidi Analizleri 25
3.1.6.4. Sindirebilirlik Analizi 26
3.1.7. Histolojik İncelemeler 27
3.2. II. Deneme- Kerevitlerde Termal Tolerans Değerlerinin Belirlenmesi ve Farklı Bitkisel Yağlar İle Beslemenin Bu Parametre Üzerine Etkileri 29
3.2.1. Kerevitlerde Termal Tolerans Değerlerinin Belirlenmesi 29
3.2.1.1 Denemede Dizaynı ve Yönetimi 29
3.2.1.2. CTMin ve CTMax Testleri 30
3.2.2. Farklı Bitkisel Yağlar İle Beslemenin CTM Üzerine Etkileri 32
3.2.2.1. Denemede Kullanılan Materyaller 32
3.2.2.2. Deneme Dizaynı ve Yönetimi 32
3.2.2.3. CTMin ve CTMax Testleri 32
3.3. Çevresel Parametreler 33
3.4. İstatistiksel Hesaplamalar 33
4. BULGULAR 35
4.1. I. Deneme- Kerevitlerde Farklı Bitkisel Yağların Kerevitlerde Büyüme Performansı, Yağ Asitleri ve Hepatopankreas Dokularına Etkileri 35
4.1.1 Çevresel Parametreler 35
4.1.2. Deneme Yemleri 35
4.1.3. Büyüme Parametreleri 37
4.1.4. Besin Maddeleri İçeriği 39
4.1.4.1. Kuru Madde,Ham Kül, Et Verimliliği ve HP İndeksi 39
4.1.4.2. Protein İçerikleri 41
4.1.4.3. Lipit ve Yağ Asidi İçerikleri 41
4.1.5. Kabuk Değişimi 48
4.1.6. Sindirebilirlik 49

4.1.7. Histolojik İncelemeler 50
4.2. II. Deneme- Kerevitlerde Termal Tolerans Değerlerinin Belirlenmesi ve Farklı Bitkisel Yağlar İle Beslemenin Bu Parametre Üzerine Etkileri 52
4.2.1 Çevresel Parametreler 52
4.2.2. Termal Tolerans 52
4.2.3. CTMin ve CTMax Uygulamalarının Kerevit Davranışlarına Etkisi. 54
4.3. Farklı Bitkisel Yağlar İle Beslemenin Kerevitlerde CTM Değerleri Üzerine Etkisi 56
5. TARTIŞMA 58
5.1. I. Deneme- Kerevitlerde Farklı Bitkisel Yağların Büyüme Performansı, Yağ Asitleri ve Hepatopankreas Dokularına Etkileri 58
5.2. II. Deneme- Kerevitlerde Termal Tolerans Değerlerinin Belirlenmesi ve Farklı Bitkisel Yağlar İle Beslemenin Bu Parametre Üzerine Etkileri 67
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 71
KAYNAKLAR 73
ÖZGEÇMİŞ 89

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Deneme yemlerinin formülasyonu (g kg^{-1}) 22
Çizelge 3.2. Doku takibinde kullanılan kimyasallar ve süreler 28
Çizelge 4.1. I. Deneme yemlerinin analiz edilen kimyasal ve yağ asidi kompozisyonları. 36
Çizelge 4.2. 60 gün boyunca beş farklı lipit kaynağı ile beslenen kerevit (*Astacus leptodactylus*) bireylerinde büyüme parametreleri. 38
Çizelge 4.3. Deneme boyunca (60 gün) beş farklı yağ kaynağı içeren yemler ile beslenen kerevit (*Astacus leptodactylus*) abdomen eti ve hepatopankreasının besin madde içerikleri.. 40
Çizelge 4.4. Deneme süresince beş farklı lipit kaynağı ile beslenen kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) abdomen eti yağ asidi komposizyonu..... 43
Çizelge 4.5. Deneme yemleriyle 60 gün süreyle beslenen kerevit (*Astacus leptodactylus*) bireylerinin abdomen etindeki ve yemlerdeki yağ asidi miktarının farklılıklarını içeren Δ-değeri 45
Çizelge 4.6. Deneme süresince beş farklı lipit kaynağı ile beslenen kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) hepatopankreaslarının yağ asidi komposizyonu 47
Çizelge 4.7. Deneme süresince farklı lipit kaynakları ile beslenen kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) kabuk değiştirme sıklığı ve sayıları 49
Çizelge 4.8. Farklı lipit kaynakları ile beslenen kerevitlerde (*Astacus leptodactylus*) protein ve kuru madde sindirebilirliği (%) 49
Çizelge 4.9. Üç farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) koşullarına alıştırılan kerevitlerde (*Astacus leptodactylus*) belirlenen CTMin ve CTMax değerleri. 52
Çizelge 4.10. Üç farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) koşullarına alıştırılan kerevitlerde (*Astacus leptodactylus*) alıştırma tepki oranı (ARR) değerleri. 53

Çizelge 4.11. Farklı bitkisel yağ kaynakları içeren yemlerle beslenen kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) CTMin ve CTMax değerleri. 56

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3.1. Deneme Ünitesinin Dizaynı (Kapalı Devre Sistem) 20
Şekil 3.2. Doku Takip Cihazı 29
Şekil 3.3. Termal poligon noktalarının X ve Y koordinat düzleminde gösterilmesi 32
Şekil 4.1. Deneme yemlerinin bulunan bazı yağ asitlerinin yüzde olarak seviyeleri 37
Şekil 4.2. Farklı yağ kaynaklarıyla beslenen ve 60 gün süren deneme sonunda kerevitlerin abdomen etinde belirlenen yağ asidi miktarları (%). 44
Şekil 4.3. Farklı yağ kaynaklarıyla beslenen ve 60 gün süren deneme sonunda kerevitlerin hepatopankreaslarında belirlenen yağ asidi oranları (%) 48
Şekil 4.4. BY, YFY, PTY, KTY ve FY ile beslenen kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) hepatopankreasının histolojik kesitleri 50
Şekil 4.5. Üç farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) koşullarına alıştırılan kerevitler (*Astacus leptodactylus*) için hesaplanan termal tolerans poligon alanı 54
Şekil 4.6. Üç farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) koşullarına alıştırılan kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) CTMin ve CTMax uygulamalarına gösterdiği davranışlar 55

SİMGELER VE KISALTMALAR

BA	**:** Başlangıç Ağırlığı
SA	**:** Son Ağırlık
CAK	**:** Canlı Ağırlık Kazancı
SBO	**:** Spesifik Büyüme Oranı
YYO	**:** Yemden Yararlanma Oranı
YO	**:** Yaşama Oranı
GYA	**:** Günlük Yem Alımı
SFA	: Doymuş Yağ asidi
MUFA	: Tekli Doymamış Yağ Asitleri
PUFA	: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
HUFA	: Yüksek Doymamış Yağ Asitleri
LC-PUFA	: Uzun Zincirli Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
FAO	: Food and Agriculture Organisation
KMS	: Karboksi Metil Selüloz
KM	: Kuru Madde
HK	: Ham Kül
GC	: Gaz Kromatografisi
BY	: Balık Yağı
YFY	: Yer Fıstığı Yağı
PTY	: Pamuk Tohumu Yağı
KTY	: Keten Tohumu Yağı
FY	: Fındık Yağı
EYA	: Esansiyel Yağ Asitleri
EPA	: Eikosapentaenoik Asit
DHA	: Dokosaheksaenoik Asit
CTMin	: Kritik Termal Minima
CTMax	: Kritik Termal Maksima
ARR	: Alıştırma Tepki Oranı

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılında tahminen 9.6 milyara ulaşmasıyla birlikte insanların beslenme sorunu had safhaya ulaşacaktır (Kobayashi ve ark., 2015). Bilindiği gibi, yetişkin bir insanın dengeli olarak beslenebilmesi için günlük olarak 2800-3000 kalori enerji ve 75-80 g proteine ihtiyacı bulunmaktadır. Tüketilen bu proteinin de 30-35 gramının hayvansal kökenli olması önerilmektedir. Bu nedenle, hayvansal protein açığını kapatmak için karasal hayvanların üretiminin arttırılmasının yanı sıra, su ürünleri yetiştiriciliğinin (akvakültür) de yaygınlaştırarak sucul canlıların üretiminin arttırılması zorunluluk haline gelmiştir.

Küresel ölçekte doğal stokların azalmasına paralel olarak avcılık üretiminin azalması, su ürünleri yetiştiriciliğine olan ilgiyi daha da arttırmıştır. Genel olarak, tüm hayvansal protein alımının % 16.6'sını su ürünleri temsil etmekte olup, bu oran her geçen gün artmaya devam etmektedir (FAO, 2012). Su ürünleri endüstrisi dünyada ve ülkemizde en hızlı büyüyen hayvansal gıda sektörleri arasında yer almaktadır. Dünya Bankası'nın raporuna göre; 2011 yılında toplam su ürünleri arzı 154 milyon ton iken, 2030 yılında bu değerin 186.8 milyon tona yükseleceği tahmin edilmektedir (Anonim, 2013).

Akvakültür en büyük balık yağı tüketicisi olan sektör konumundadır. Üretilen küresel balık unu ve balık yağının, sırasıyla, %40 ve %60'ından fazlasını tüketen akvakültür endüstrisinin gelecek 10 yılda, bu gereksiniminin karşılanması zor gözükmektedir (Tacon ve Metian, 2008). Dünya çapında balık unu ve balık yağı üretiminin azalması bu ürünlerin fiyatlarında artışlara neden olmaktadır. 2014 yılında denizel balık yağının ortalama fiyatının 2.300 $/ton olduğu bildirilmiştir (Marine Harvest, 2015). Dünya Bankası'nın akvakültür ve balıkçılık sektörü için yaptığı 2030 yılı beklenti raporunda, balık unu fiyatlarında %90, balık yağı fiyatlarında ise %70 oranında artışın gerçekleşebileceği tahmin edilmektedir.

Besleme ve beslenme stratejisinin hedefi mümkün olan en düşük maliyet ile sağlıklı ve hızlı büyüyen ürünler elde etmektir. Ticari yemler en düşük üretim maliyetiyle arzu edilen kalite ve miktarda ürün üretebilmek için formüle edilmektedir. Su ürünleri yemlerinin en önemli iki temel bileşenini balık unu ve balık yağı oluşturmaktadır. Yem üretiminde bu iki denizel hammaddenin kullanımının soya, ayçiçeği, buğday, mısır, fasulye, bezelye, kanatlı yan ürünleri ve kanola yağı gibi tarım ürünleri ile azaltılması konusu, son zamanlarda üzerinde en fazla araştırma yapılan alanların başında gelmektedir. Küresel su ürünleri yetiştiricilik

endüstrisinin sürekli ve hızla büyümesi su ürünleri sektöründe balık yağına alternatif yağların değerlendirilmesini zorunluluk haline getirmiştir (New ve Wijkstrom, 2002; Tacon, 2002). Ancak kullanılacak karasal bitki ve hayvansal orijinli lipit kaynaklarının hem sürdürebilir hem de ekonomik açıdan uygun olması gereklidir (Huang ve ark. 2008). Çalışmamızda da kullandığımız bazı bitkisel yağlardan fındık yağının fiyatının 2000 $/ton, yer fıstığı yağının 1700 $/ton, pamuk tohumu yağı ve keten tohumu yağının ise 900 $/ton olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2016).

Su ürünleri içerisinde ekonomik öneme sahip krustase gruplarından birisi de kerevitlerdir. Omnivor beslenme özelliğine sahip olan kerevitlerin besin kaynaklarının temelini mikrobial açıdan zengin olan detrituslar oluşturur. Besinlerin bir kısmı hayvansal (kurtlar, böcekler, mollusklar ve zooplankton) veya bitkisel kaynaklı da olabilmektedir. Ticari açıdan önemli kerevit türleri Astacidae (*Astacus sp.* ve *Pacifastacus sp.*), Cambaridae (*Procambarus sp.* ve *Orconectes sp.*) ve Parastacidae (*Cherax sp.*) familyaları altında toplanmışlardır (Kumlu, 2001). Dünyada 2014 yılında üretilen toplam kerevit miktarı 723.639 ton olarak bildirilmiştir (FAO, 2016). Piyasaların kerevit ihtiyacı daha önceleri sadece doğal stoklardan avcılık yöntemleriyle karşılanırken, son yıllarda çiftliklerde yapılan yetiştiricilikle de desteklenmektedir. Türkiye 1984 yılına kadar Avrupa kerevit piyasasında söz hakkına sahip ülkelerden birisi konumunda iken, sularımıza kerevit veba (*Aphanomyces astaci*) hastalığının girişi doğal kerevit stoklarımızdan elde edilen üretimin çok düşük seviyelere inmesine neden olmuştur. Avcılıktan elde edilen üretimdeki bu düşüşe rağmen ülkemizde yetiştiricilik çalışmalarına girişilmemiş ve ticari ölçekte kerevit yetiştiriciliği halen günümüze kadar geliştirilememiştir.

Sucul canlılar tarafından lipitlerin enerji kaynağı olarak kullanıldığı ve önemli bazı besinsel fonksiyonlarda (esansiyel yağ asidi kaynaklarının, sterollerin, fosfolipitlerin, yağda çözünebilen vitaminlerin, hormon bileşenlerinin, prostaglandinlerin ve diğer eikosanoidlerin ön maddesi olmasından dolayı) ve hücre membranın yapısında önemli rol oynadıkları bilinmektedir (Deering ve ark., 1997; Lim ve ark., 1997; Sheen ve Wu, 1999). Balık yağı özellikle n-3 çoklu doymamış yağ asitlerinden (HUFA) eikosapentaenoik asit (EPA; 20:5n-3) ve dokosahekzaenoik asit (DHA; 22:6n-3) açısından zengindir. Esansiyel olmalarından dolayı bu yağ asitleri de balıkların ve krustaselerin beslenmesinde önemli bir yer tutar. Karnivor türlerin yemlerinde enerji kaynağı olarak kullanılan balık yağı yerine bitkisel yağ

kaynaklarından soya, ayçiçeği, kanola, keten, mısır ve yerfistığı gibi yağlar beslemede kullanılabilmektedir (Amerio ve ark., 1989). Bitkisel kaynaklı yağlar, çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) n-6 serisi açısından zengindir ve belirli oranlarda n-3 serisi yağ asitlerini de içermektedir (Pigot ve Tucker, 1990). Ancak yine de bir çok krustase türünün bitkisel ve hayvansal yağlara kıyasla balık yağından daha iyi yararlandığı belirtilmiştir (Catacutan 1991; Deering ve ark., 1997; Lim ve ark., 1997).

Bugüne kadar kerevitlerin beslenmeleri ile ilgili yapılan çalışmaların çok önemli bir kısmı optimum protein oranın belirlenmesi ve alternatif protein kaynaklarının kullanımı üzerine yoğunlaşmıştır (Muzinic ve ark., 2004; Thompson ve ark., 2004; Thompson ve ark., 2005; Cortes-Jacinto ve ark., 2005; Saoud ve ark., 2008). Ancak krustaselerin rasyonlarında lipit kaynağı olarak birçok bitkisel yağ kaynağının (soya, kanola, keten tohumu yağı vb.) kullanıldığı bilimsel çalışmalar da yapılmıştır. Deering ve ark. (1997) kanola, keten tohumu yağı, soya yağı ve bazı hayvansal (balık yağı ve domuz yağı) yağlarla hazırladıkları yemlerin siyah kaplan karidesi (*Penaeus monodon*) jüvenillerinde büyüme ve yağ asidi kompozisyonu üzerine etkilerini araştırmışlar ve test ettikleri bitkisel yağ kaynaklarını içeren yemlerle beslenen karideslerde büyüme oranlarının, hayvansal yağ içeren yemlerle beslenenlere göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Kerevit yemlerinde balık yağına alternatif bitkisel yağ kaynaklarının kullanımıyla ilgili sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Örneğin; yüksek oranda oleik asit (OA; 18:1n-9), linoleik asit (LA; 18:2n-6) ve linolenik asit (LNA; 18:3n-3) içeren bitkisel yağlar (kanola, keten tohumu, mısır yağı) ile ucuz hayvansal yağ (iç yağ) kullanımının kırmızı kıskaçlı kerevitin (*Cherax quadricarinatus*) esansiyel yağ asidi gereksinimini giderdiği ve böylece denizel balık yağı kullanımını azaltmaya yardımcı olduğu bildirilmiştir (Thompson ve ark., 2009). Hernandez-Vergara ve ark., (2003)'ı ise, mısır yağı ve balık yağının farklı lipit seviyelerinin *C. quadricarinatus*'un büyümesi üzerine etkilerini yarı-entansif kültür koşullarında incelemişler ve deneme sonunda balık yağı yerine rasyona %8 oranında ilave edilen mısır yağı ile beslenen grupta elde edilen büyüme, yaşama oranı ve yemden yararlanma oranının olumsuz etkilenmediğini belirlemişlerdir.

Yer fıstığı, ülkemizin güneyinde özellikle de Çukurova (Adana ve Osmaniye) bölgesinde yoğun olarak yetiştirilmektedir. Bu bölgede üretilen fıstık ülkemizdeki toplam üretimin %70'ni oluşturmaktadır. Üretilen yer fıstığı, yağ endüstrisinde ve çerez yapımında başta olmak üzere, sapı kuru ot ve silaj şeklinde büyük ve küçük baş hayvan beslenmesinde

kullanılmaktadır. Yer fıstığı; %45-60 yağ, %40-50 oranında protein, %18 oranında karbonhidrat, 590 kcal (100 g) enerji, vitaminler (B1, B2, B3 ve E) ve mineral maddeler içermektedir. Yer fıstığı yağındaki (YFY) temel yağ asitlerini palmitik (PA; 16:0), OA ve LA oluştururken, diğer kısmını %6-8 oranında araşidonik asit (AA; 20:4n-6), behenik asit (BA; 22:0) ve diğer yağ asitleri oluşturmaktadır. Genel olarak YFY %51'i tekli doymamış yağlar (MUFA), %30'u çoklu doymamış yağlar (PUFA) ile %19'u doymuş yağlar (SFA) içermektedir (Aderolu ve ark., 2009). YFY'nin krustaselerin beslenmesinde kullanımıyla ilgili çok az sayıda çalışma mevcuttur (Mitra ve ark., 2005; Zhou ve ark., 2007).

Yüksek oranda n-3 serisi yağ asidi (%54-56) içeren keten tohumu yağı (KTY) birçok balık ve krustase yemlerinde alternatif yağ kaynağı olarak denenmiş olup, Thompson ve ark. (2009), KTY'nin kırmızı kıskaçlı kerevitin yemlerinde balık yağı (BY) yerine başarıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Fındık yağı (FY) diğer bitkisel yağlarla karşılaştırıldığında yüksek oranda OA (%66-85) ve düşük oranda (<%10) doymuş yağ (SFA) içermesinden dolayı besinsel açıdan değerli bir yağ kaynağıdır. Dünyanın en büyük fındık üreticisi konumunda olan ülkemizde, son yıllarda bolca üretilen bu bitkisel yağın krustase yemlerinde kullanımıyla ilgili herhangi bir bilimsel çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, FY'nin kullanıldığı az sayıda araştırma mevcuttur ve bunların tamamı balıklarla ilgilidir (Engin, 2008; Arslan ve ark., 2012; Taşbozan ve ark., 2015).

Yine, ülkemizde yaygın olarak üretilen diğer bir bitkisel yağ kaynağı olan pamuktan elde edilen yağ çok uzun yıllardır insan tüketimi amacıyla kullanılmaktadır. Pamuk tohumu yağı (PTY) %27'si SFA, %19'i MUFA ve %54'i PUFA'ları içermektedir (PYCO, 2016). PTY'nin balık yağına ikamesi ile ilgili çalışmalar da yetersizdir ve balık besleme denemeleri ile sınırlı kalmıştır (Wassef ve ark., 2008; Engin, 2008; Güler ve Yıldız, 2011; Eroldoğan ve ark., 2012; Eroldoğan ve ark., 2013; Yıldız ve ark., 2013; Yılmaz, 2014; Yılmaz ve Eroldoğan 2015).

Sıcaklık poikiloterm organizmaların metabolizmalarını etkileyen en önemli çevresel faktörlerden birisidir. Bu parametre organizmaların coğrafik ve yerel dağılımını, büyüme, üreme ve yaşam döngülerini belirgin bir şekilde etkilemektedir (Prosser, 1991; Pörtner, 2002; Bozinovic ve ark., 2011). Organizma tarafından tolere edilebilen termal limitler genetik olarak kodlanmıştır ve bir türün coğrafik dağılımını belirlemede kullanılmaktadır (Simčic ve ark.,

2013). Termal alışma, organizmanın yaşamı süresince meydana gelen sıcaklılara yanıt olarak verdiği uyum değişikliğidir (Claussen, 1980). Bu uyumsal değişiklikler, geniş bir organizma topluluğunda (omurgalı ve omurgasız) gözlenmiştir. Termal limit anlayışı, küresel iklim değişikliğinin biyo-çeşitlilik üzerine etkilerinden dolayı, biyologlar arasında giderek daha fazla ilgilenilen bir konu haline gelmiştir (Vorhees ve Bradly, 2012). Son zamanlarda gittikçe artan küresel ısınma nedeniyle, artan sıcaklıklara canlıların uyum sağlamada gösterdikleri fizyolojik değişiklikleri anlamak ve bu özelliklerin tür içinde ne gibi etkiler yapabileceğini öğrenmek amacıyla daha yoğun araştırmalar yürütülmeye başlanmıştır (Somero, 2010).

Sucul canlılarda alt ve üst kritik sıcaklık tolerans değerlerinin laboratuar ortamında farklı yaklaşımlarla belirlenebilmesi mümkündür. Standart metotlardan birisi, kritik termal metodoloji (CTM) olarak bilinen yöntemdir (Cowles ve Bogert, 1944). Bu metodoloji yoğun olarak karidesler, kerevitler ve diğer birçok omurgasız gruplarda uygulanmıştır. CTM yönteminde, alt sıcaklık tolerans değeri (kritik termal minimum; CTMin) ve üst sıcaklık tolerans değeri (kritik termal maksimum; CTMax), canlıların sürekli ve düzenli olarak belli oranlarda azalan veya artan sıcaklıklara maruz bırakılarak, dengelerini yitirdikleri ve ölmek üzere oldukları sıcaklık değerleri olarak tanımlanır (Díaz-Herrera ve ark., 1998; Dülger, 2011). Clausen (1977) alıştırma tepki oranını (ARR), alıştırma sıcaklıklarına canlının nasıl uyum sağlayabildiğinin bir ölçüsü olarak tanımlamıştır. ARR, alışabildikleri bir sıcaklık aralığında, canlıların uyumsal kapasite ölçüsü olarak kabul edilmektedir (Regil ve ark., 2015). Genellikle, ılıman veya soğuk habitatlardaki türler, tropikal türlerden daha düşük ARR değerlerine sahiptir (Díaz-Herrera ve ark., 1998; Díaz ve ark., 2002; Re ve ark., 2005; 2006; 2012). Kısa periyotlarda ekstrem sıcaklıkları yaşayan yarı-tropik ve tropik türlerin, su sıcaklığındaki hızlı değişimlere uyum sağlayarak hayatta kalabilmeleri için termal tolerans aralıklarının geniş olması gereklidir (Johnson ve Kelsch, 1998). Termal tolerans poligonları, sıcaklık değişimlerine hayvanların gösterdiği toleransların görselleştirmesine yardımcı olmaktadır (Fry, 1947 ve Brett, 1956). Poligon alanı ($°C^2$ olarak) türler arasında karşılaştırmalı sıcaklık toleransları hakkında yararlı ve kullanışlı indeksler de sağlar (Eme ve Bennett, 2009).

Sıcaklık gibi çevresel koşullar su ürünleri yetiştiriciliğinde, büyümeyi, üremeyi, bağışıklık sistemini, yem tüketimi ve dolayısıyla işletmenin verimliliğini büyük oranda etkilemektedir (Stewart ve Allen, 2014). Bu nedenle, yetiştiriciliği yapılacak türün optimal büyümesini sağlayacak biotik ve abiotik faktörlerin bilinmesinin yanı sıra termal

toleranslarının (CTMin, CTMax) da belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu tip çalışmalardan elde edilen veriler sucul canlıların, sıcaklık kontrolü yapılabilen kapalı devre sistemlerinde daha hızlı büyütülmesine ya da değişen çevresel koşullarda yetiştiricilik sistemine nasıl müdahale edilmesi gerektiği konularında yardımcı olacaktır (Kumlu ve ark., 2010a,b). Bir çok krustase türünde termal tolerans değerleri belirlenmiştir (Claussen, 1980; Buckle, 1995; Diaz, 2004; Kır ve Kumlu, 2008a,b; Simčič, 2013; Ern ve ark., 2015), ancak ülkemizde bulunan kerevit türü (*A. leptodactylus*) için CTM değerleri henüz belirlenmemiştir.

Balıkların daha önce yaşadıkları abiyotik koşullar ve beslenme geçmişi termal tolerans yeteneklerini etkileyebilmektedir (Craig ve ark., 1995; Kelly ve Kohler, 1999). Yemlerdeki lipit kaynaklarının ve yağ asidi kompozisyonlarının balıkların soğuğa toleranslarını etkilediği bildiren birçok çalışma mevcuttur (Fracalossi ve Lovell, 1995; Craig ve ark., 1995; Mishra ve Samantaray, 2004). Diğer yandan, İkeda ve ark. (2011) kanola yağı, keten tohumu yağı ve zeytin yağı eklenmiş yemlerle 50 gün süreyle besledikleri balıklarda (*Pterophyllum scalare*), bu bitkisel yağ kaynaklarının balığın termal tolerans yeteneğini etkilemediğini kaydetmişlerdir. Yapılan literatür incelemelerinde hiçbir krustase türünde farklı bitkisel ve hayvansal yağ kaynaklarının türlerin sıcaklık toleransı üzerine etkileriyle ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Yukarıdaki eksiklikleri gidermek amacıyla bu doktora tez çalışması iki deneme halinde planlanmıştır;

- 1. Denemede, ülkemizde özellikle ucuz ve bol miktarda üretilen dört farklı bitkisel yağ kaynağı olarak; yer fıstığı, pamuk tohumu, fındık ve keten tohumu yağlarının Türk kereviti (*Astacus leptodactylus*)'nin yemlerinde pahalı ve gittikçe de daha sınırlı miktarlarda üretilebilen balık yağına alternatif olarak kullanabilme potansiyeli,
- 2. Denemede ise, 2 ay süreyle üstte belirtilen (1. denemede) bitkisel yağ kaynaklarıyla beslenen kerevitlerde CTMax ve CTMin değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu denemede ayrıca, üç farklı alıştırma su sıcaklığında (15, 20 ve 25°C) CTMin ve CTMax değerleri, ARR ve termal tolerans poligonlarının belirlenmesi de hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Krustase Yemlerinde Bitkisel Yağların Kullanımı

Ticari su ürünleri yemlerinin formülasyonlarında balık yağı çok geniş kullanımı olan önemli bir hammaddedir. Yemlerde balık yağı kullanımı, küresel su ürünleri endüstrisinin ve yem üretimindeki teknolojilerin hızlı gelişmesinden dolayı son yıllarda artmıştır. Balık unu ve balık yağı genellikle, salmon ve alabalık gibi karnivor beslenme özelliğine sahip türlerde yüksek seviyelerde kullanılırken, omnivor krustase türlerinde daha düşük seviyelerde kullanılmaktadır (Hardy, 2010). Krustase yemlerinde kullanılan balık yağı oranının %1-1.5 arasında değiştiği bildirilmektedir (Tacon, 2008). Yapılan bir araştırmada, dünya genelinde su ürünleri yem sanayisinin 2014 yılında toplam 41 milyon ton yem ürettiği kaydedilmiştir (Alltech, 2015). Üretilen bu yem miktarının yaklaşık 11 milyon tonu krustase grupları (deniz karidesi, tatlı su karidesi, yengeç ve kerevitler) için hazırlanmıştır. Dünya çapında balık unu üretiminin azalması ile aynı doğrultuda olmak üzere, balık yağı üretiminin de azalması, balık yağı fiyatlarında artışlara neden olmaktadır. Küresel su ürünleri yetiştiricilik endüstrisinin sürekli hızlı büyümesi, su ürünleri yem endüstrisinde balık yağına alternatif yağların değerlendirilmesini zorunluluk haline getirmiştir (New ve Wijkstrom, 2002; Tacon, 2002). Balık yağı ile karşılaştırıldığında, düşük üretim maliyeti, sürdürebilir ve kolay bulunabilir olmaları nedeniyle, bitkisel yağların su ürünleri yemlerinde yem hammaddesi olarak kullanımı giderek daha da cazip hale gelmektedir.

Kültürü yapılan farklı krustase türlerinin yemlerinde balık yağının değişimi ile ilgili besleme çalışmaları 1970'li yıllardan beri yapılmakta olup, gitgide hızlanarak devam etmektedir. Balık yağı n-3 çoklu doymamış yağ asitleri (HUFA)'nden eikosapentaenoik asit (EPA; 20:5n-3) ve dokosahekzaenoik asit (DHA; 22:6n-3) açısından zengindir. Bu özelliğinden dolayı balıkların ve krustaselerin beslenmesinde önemli bir yer tutar. Karnivor türlerin yemlerinde enerji kaynağı olarak kullanılan balık yağına alternatif olarak soya, ayçiçeği, kanola, keten, mısır ve yerfıstığı gibi bitkisel yağ kaynakları kullanılabilmektedir (Amerio ve ark., 1989). Bazı krustase türlerinin alternatif bitkisel ve hayvansal yağlara oranla balık yağından daha iyi yararlandığı belirtilmiştir (Catacutan 1991; Deering ve ark., 1997; Lim ve ark., 1997). Bitkisel kaynaklı yağlar, çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) n-6 serisi

açısından zengindir ve belirli oranlarda n-3 serisi yağ asitlerini de içermektedir (Pigot ve Tucker, 1990).

2.1.1. Doymuş Yağ Asitlerince Zengin Bitkisel Yağların Kullanımı

Doymuş yağ asitlerince zengin bitkisel yağ kaynaklarını palmiye yağı, palmiye çekirdek yağı, hindistan cevizi yağı gibi yağlar oluşturmaktadır. Çeşitli palmiye yağ ürünleri ve işlenmiş yan ürünlerinin farklı şekilde damıtılması ile elde edilen yağlar ticari olarak su ürünleri yemlerinde kullanılmaktadır (Yılmaz, 2014). Ancak, palmiye yağının krustase yemlerinde kullanımı ile ilgili bilgiler sınırlıdır. Örneğin, Roustain ve ark. (2001), tatlı su karidesi postlarva üretiminde soya ve mısır yağı ile karşılaştırıldığında, palmiye yağı kullanımının uygun olmadığını rapor etmişlerdir. Vasagam ve ark. (2005) yerfıstığı, palmiye ve ayçiçeği yağı ile beslenen siyah kaplan karidesi (*Penaeus monodon*)'nde canlı ağırlık kazancı, yem çevrim etkinliği ve günlük büyüme oranının, balık yağı eklenen yemlerle beslenen gruptan daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, protein ve lipit sindirebilirliğinin palmiye yağı içeren gruplarda en düşük olduğu görülmüştür.

Muralisankar ve ark. (2014), büyük nehir karidesinin (*Macrobrachium rosenbergii*) postlarvalarının beslenmesinde BY'ye (morina balığı karaciğer yağı) alternatif üç bitkisel yağın [ay çiçek yağı, Hindistan cevizi yağı ve Hint yağı (castor fasulyesi yağı)] kullanımını test etmişler ve deneme sonunda karideslerde yaşama oranı, ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı ve protein etkinlik oranları açısından ay çiçek yağı ve BY eklenmiş yemlerle beslenenler arasında istatistiksel açıdan fark görmemişlerdir. Bu araştırıcılar, Hindistan cevizi yağı ve Hint yağı içeren grupların düşük performans gösterdikleri ve sonuçta tatlısu karidesi postlarvaları için hazırlanacak yem formülasyonlarında ay çiçek yağının alternatif olarak kullanılabileceğini önermişlerdir.

Carmona-Osalde ve ark. (2015), kerevit jüvenilerinin (*Procambarus llamasi*), beslenmesinde BY'yi kısmen veya tamamen bitkisel yağlar ile değiştirmişler ve deneme için %100 BY, %100 palmiye yağı (PY) ve %50 BY- %50 PY kullanarak aynı protein (%30 ham protein) ve enerji (15.1 kJ/g) seviyelerinde yem üretmişlerdir. Deneme sonunda (12 hafta) PY kullanımının büyüme performansına, yaşama oranına veya olgunlaşmaya belirgin bir olumsuz etki yapmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, %100 PY içeren yemde cezbedici olarak BY

bulunmamasına rağmen, kerevitlerin yemi kabul etme davranışının diğer test gruplarındaki kerevitlerle benzer olduğunu ve sonuçta enerji kaynağı olarak bitkisel bir yağın kerevit beslemede kullanabileceğini göstermişlerdir.

2.1.2. n-3 Çoklu Doymamış Yağ Asitlerince Zengin Bitkisel Yağların Kullanımı

LC-PUFA'ların endojen üretimi için gerekli olan enzim aktivitesini bulunduran tatlı su ve diadrom türlerde, 18 karbonlu n-3 PUFA'lara EPA ve DHA'ya substrat oluşturması için gereklidir (Yılmaz, 2014). Bu sebeplerden dolayı, n-3 PUFA'lar tatlı su türlerinin yemlerinde en çok kullanılan yağların başında gelir. n-3 PUFA'lerince zengin bitkisel yağlardan en çok kullanılanı keten tohumu (KTY) yağlarıdır.

Deering ve ark. (1997) kanola, keten tohumu yağı, soya yağı ve bazı hayvansal (balık yağı ve domuz yağı) yağlarla hazırladıkları yemlerin *Penaeus monodon* jüvenillerinde büyüme ve yağ asidi kompozisyonu üzerine etkilerini araştırmışlar ve bitkisel yağ kaynakları içeren yemlerle beslenen karideslerde büyüme oranlarının, hayvansal yağ içeren yemlerle beslenen karideslere göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Farklı yağ kaynaklarının 60 günlük deneme süresince bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*) jüvenillerinin büyümesi üzerine etkileri Wen ve ark. (2003) tarafından araştırılmıştır. Deneme sonunda BY ile beslenen kerevitlerin diğer gruplardan (keten tohumu yağı, soya yağı, kanola yağı, aspir yağı ve hayvansal iç yağ) daha iyi performans sergilediği görülmüştür. Ayrıca, araştırıcılar bu kerevit türü için n-6 yağ asitlerinin n-3 yağ asitleri kadar esansiyel olduklarını bildirmişlerdir.

Thompson ve ark. (2009), farklı lipit kaynakları ile beslenen kırmızı kıskaçlı jüvenil kerevitlerin (*C. quadricarinatus*) yağ asidi komposizyonu ve büyüme üzerine etkilerini araştırmış ve denemelerinde lipit kaynağı olarak balık yağının yanı sıra, keten tohumu yağı, kanola yağı, mısır yağı ve hayvansal iç yağı kullanmışlardır. Balık yağından oluşan kontrol grubu dışındaki tüm diğer gruplarda %100 bitkisel yağ kaynağı tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda, kerevitlerin yemlerinde balık yağına alternatif olarak kanola yağı, mısır yağı ve keten tohumu yağının kullanılabileceğini önermişler ve ilave olarak da hayvansal iç yağı ile formüle edilmiş diyetlerin ağırlık kazancı bakımından keten tohumu yağı ve mısır yağı ile karşılaştırıldığında zayıf performans sağladığına dikkat çekmişlerdir.

2.1.3. n-6 Çoklu Doymamış Yağ Asitlerince Zengin Bitkisel Yağların Kullanımı

n-6 çoklu doymamış yağ asitlerince zengin bitkisel kaynaklarının başında, soya yağı, mısır yağı, pamuk tohumu yağı, ayçiçeği yağ ve aspir yağı gelmektedir (Brown ve Hart 2010). n-6 çoklu doymamış yağ kaynaklarının en önemlisini oluşturan soya yağıdır (SY).

Pasifik beyaz karidesi jüvenillerinin yağ asidi ve büyüme performanslarına lipit kaynaklarının [(balığı yağı (BY), domuz iç yağı, soya yağı (SY), yer fistığı yağı (YFY), kanola yağı (KY) ve balık yağı/soya yağı karışımı 1:1 w/w)] etkilerini inceledikleri bir çalışmada Zhou ve ark. (2007) ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı ve protein etkinlik oranı değerlerinin yerfistığı yağı ve balık yağı/soya yağı karışımı içeren yemlerle beslenen karideslerde belirgin bir şekilde yüksek bulmuşlardır. Ayrıca, bu araştırıcılar tüm vücut yağ asidi komposizyonu ile yemlerdeki yağ asidi komposizyonu arasında da bir ilişki saptamışlardır.

Hu ve ark. (2010)'nın balık yağı (BY), soya yağı (SY) ve farklı oranlarda soya lesitin yağınının (SL) etkilerini 10 haftalık bir besleme denemesinde Pasifik beyaz karidesi jüvenillerinin yaşama oranı, büyüme, kan değerleri, kas ve hepatopankreans dokularındaki yağ asit komposizyonlarına etkilerini araştırılmışlar. SL içeren yemlerle beslenen karideslerin serumlarında total kolesterol ve fosfolipit değerlerinin diğer yemlerle (%3 BY ve %3 SY) beslenen karideslere göre daha yüksek çıktığını bulmuşlardır. Deneme neticesinde araştırıcılar, karides yemlerinde fosfolipitin yeterince yüksek olduğu seviyelerde soya lesitin desteğinin yaşama oranını arttırdığını bildirmişlerdir.

Valipour ve ark. (2011), Türk kerevitini (*Astacus leptodactylus)* farklı oranlarda balık yağı (BY) ve soya yağı (SY) içeren yemlerle (aynı protein ve enerji seviyeleri) 8 hafta boyunca besleyerek büyüme, kabuk değişimi ile yaşama oranına etkilerini araştırmışlar ve oransal olarak bu yağları rasyonlarında BY0/SY100, BY30/SY70, BY50/SY50, BY70/SY30, BY100/SY0 şeklinde kullanmışlardır. Deneme sonunda, bu araştırıcılar en düşük yem çevirim oranı, en yüksek ağırlık kazancı, en sık kabuk değişimi ve en düşük mortaliteyi n-3 yağ asitlerince zengin BY ile beslenen grupların gösterdiğini, n-6 yağ asitlerince zengin SY içeren yemlerle beslenen kerevitlerde tüm performans kriterlerinin düşük çıktığını belirlemişlerdir.

Li ve ark. (2011), dört farklı lipit (balık yağı, yer fistığı yağı, soya yağı ve domuz iç yağı) kaynağının kırmızı kıskaçlı kerevitlerin büyüme ve gonad gelişimi üzerine etkilerini

araştırmış ve kerevitlerin performanslarını ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı (SBO), yaşama oranı, yem çevirim oranı, gonadosomatik indeks (GSI), yağ asidi komposizyonu ve vitellojenin gen görünümü açısından değerlendirmişlerdir. Bu araştırıcılar, soya yağı (18 karbonlu PUFA içeren) ile beslenen grupta büyüme ve üreme aktiviteleri açısından tatmin edici sonuçlar elde etmişler ve balık yağının kullanıldığı yemlere alternatif olarak soya yağının ekonomik olması itibarıyla kullanılabileceğini önermişlerdir.

González-Félix ve ark. (2002b), Pasifik beyaz karideslerini, %5 oranında Hindistan cevizi yağı, soya yağı, keten yağı, yer fıstığı yağı ve balık yağı ile %3.1 ticari lesitin (%97.6 fosfolipit) eklenen yemlerle beslenmişler ve 8 haftalık besleme periyodu sonunda tüm gruplarda yaşama oranları açısından önemli farklılıklar ($P<0.05$) gözlemlenmişlerdir. Bu araştırıcılar fosfolipit ve lipit tipleri arasında önemli bir farklılık belirlememiş, ancak fosfolipit içeren yemlerle beslenen karideslerde yüksek final ağırlığı ve anlık büyüme oranı (IGR) ile düşük yem çevirim oranı belirlemişlerdir. Ding ve ark. (2014), doymuş yağ asitleri (SFA) içeren sığır iç yağı, yüksek n-6 PUFA içeren soya yağı (SY), yüksek n-3 HUFA içeren balık yağı (BY) ve balık yağı ile soya yağı karışımını (BY/SY 2:1 w/w) kullanarak dört farklı yem grubu hazırlamış ve bu yemlerle besledikleri tatlı su karidesinde (*Macrobrachium nipponense)* hızlı büyümenin elde edilmesi ve erken üreme olgunluğunun önlenebilmesi için BY ve SY karışımının ideal olduğunu bildirmişlerdir.

n-6 PUFA grubunda bulunan diğer alternatif yağ kaynağı mısır yağıdır. Bu yağ kaynağı su canlılarında çeşitli besleme çalışmalarında kullanılmıştır. Örneğin, Lim ve ark. (1997)'nın bir çalışmasında yağı alınmış ve soğukta kurutulmuş karides unu, % 1 soya lesitini ve % 0.5 kolesterol içeren yemlere (% 35 protein, 3400 kcal enerji) % 6.5 stearik asit, Hindistan cevizi yağı, aspir yağı, mısır yağı, soya yağı, keten tohumu yağı ve balık yağı eklenerek yedi farklı yem grubu oluşturmuşlar ve bu yemler ile beslenen Pasifik beyaz karidesi jüvenillerinin ağırlık kazancı, yem çevirim oranı, yaşama oranı ve yağ asidi komposizyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Deneme sonunda n-6 yağ asitlerine kıyasla n-3 yağ asitlerinin büyümeyi daha hızlı arttırmasına rağmen, hem n-6 hem de n-3 yağ asitlerinin bu karides türü için esansiyel olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, bu araştırıcılar karideslerin yüksek HUFA'lardan EPA ve DHA'nın büyüme üzerinde LNA'dan daha etkili olduklarını da bildirmişlerdir.

Kamarudin ve ark. (2002), tatlı su karidesi postlarvalarının yapay yeme geçiş döneminde mısır yağının cod balığı karaciğer yağı ile çeşitli oranlarda (2:1, 1:1 ve 1:2 w/w) kullanımını incelemişlerdir. Deneme sonunda mısır yağının %33-67 arasında cod balığı karaciğer yağı ile değişiminin postlarva üretiminde önemli etkilere neden olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, mısır yağının rasyonda tek lipit kaynağı olarak kullanılmasının postlarva üretiminde düşüşlere neden olacağı bildirmişlerdir.

Hernandez-Vergara ve ark. (2003) farklı lipit seviyelerinin kırmızı kıskaçlı kerevitin (*C. quadricarinatus*) büyümesi üzerine etkilerini yarı-entansif kültür koşullarında incelemişler ve denemelerinde %0 [balık unu ve diğer hammaddelerden (%4)], %8 [balık yağı (%2) + mısır yağı (%2)], %8 [mısır yağı (%4)] , %12 [balık yağı (%4) + mısır yağı (%4)] oranlarında lipit içeren dört grup kullanmışlardır. Deneme sonunda, yarı-entansif kültür ortamında, doğal yiyeceklerin de bulunduğu koşullarda, kerevitlerde iyi bir büyüme ve yaşama oranı için yeme ekstra yağ eklemeden, hammaddelerden sağlanan %4'lük lipit oranın yeterli olacağını bildirmişlerdir.

2.1.4. Tekli Doymamış Yağ Asitlerince Zengin Bitkisel Yağların Kullanımı

Son yirmi yılda, yetiştiricilikte kullanılan yemlerdeki BY'nin azalmasıyla ilgili araştırmalar giderek artmıştır. Özellikle kanola yağı ve diğer MUFA (zeytinyağı, yer fıstığı yağı, fındık yağı) en iyi bitkisel yağlardan olduğunu bildirilmiştir (Turchini ve Mailer 2010). MUFA zengin bitkisel yağlarla değişimini içeren besleme çalışmaları farklı türlerde yapılmıştır. Örneğin, *Penaeus indicus* türünde ay çiçek yağı, keten tohumu yağı, soya yağı ve yer fıstığı yağının besinsel değerleri benzer sonuçlar göstermesine rağmen yer fıstığı yağının en iyi performansı verdiği bildirilmiştir (Colvin ve ark., 1976).

Diğer bir araştırmada, kaya istakozu (*Jasus edwardsii*) jüvenillerinin beslenmesinde alternatif lipit kaynağı olarak kanola yağı (KY), soya lesitini eklenmiş balık yağı, orkinos yağı ve balık yağı araştırılmış ve KY eklenmiş yemle beslenen istakozların diğer gruplarla benzer büyüme gösterdikleri bildirilmiştir (Ward ve ark., 2009). Farklı lipit kaynaklarının (BY, SY, KY ve KTY) yengeçlerde (*Portunus trituberculatus)* büyüme performansı ve yağ asidi komposizyonuna etkilerinin değerlendirildiği bir araştırmada, Han ve ark. (2015) gruplar arasında ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı ve hepatosomatik indeks açısından önemli

farklılıklar elde edilemediğini, kanola yağı içeren grubun yaşama oranının balık yağ içeren gruplardan belirgin bir şekilde daha düşük çıktığını bildirmişlerdir. Ayrıca, bu araştırıcılar, kanola yağı içeren grupların yem çevirim oranı ve protein etkinlik oranının diğer gruplardan daha düşük olduğunu, yengeçlerin balık unu içeren diyetlerinde BY yerine soya yağı ile keten tohumu yağının kullanılabileceğini önermişlerdir.

2.1.5. Yemlerde Balık Yağı Değişiminin Lipit Metabolizmasına Etkisi

Su ürünleri yemlerinde kolay elde edilebilen ve daha ekonomik olan bitkisel yağların balık yağı yerine kullanılmasına yönelik çalışmalar son yıllarda üzerinde en çok durulan besleme konularından birisi olmuştur. Bu kapsamda, ticari su ürünleri yemlerinde balık yağının bitkisel yağlarla başarıyla değiştirilebildiği gösterilmiştir. Bitkisel yağlar PUFA (LA ve LNA)'ca zengin, ancak n-3 PUFA'lardan yoksundur. Tatlı su balıklarının bitkisel yağlardaki LNA ve LA'yı n-3 ve n-6 serisi yüksek doymamış yağ asitlerine çevirebildiği, deniz türlerin de ise bu yağ kaynaklarının LC-PUFA'lara biyo-sentezleme yeteneğinin düşük olduğu bilinmektedir (Sargent ve ark., 2002; Turchini ve ark., 2009). Ancak, hemen hemen tüm balıklar LNA'dan n-3 PUFA'ya elongasyon ve desaturasyonlar ile *in vivo* biyo-çevrim yeteneğine sahiptirler. Bu biyo-çevrim türe, boyuta, yaşam evresine, su sıcaklığına ve yemin özelliği gibi pek çok faktör tarafından etkilenmektedir (Tocher ve ark., 2000; Stubhaug ve ark., 2005b). Krustaseler esansiyel yağ asitleri kaynaklarına fosfolipit, sterol ve karotenoid gibi lipit sınıflarına gereksinim duyarlar. Krustaselerin LC-PUFA sentezleme yetenekleri ile ilgili çalışmalar azdır. Denizel krustaselerin PUFA ve HUFA'yı sentezleme yetenekleri sınırlı olduğundan dolayı bu yağ asidi grupları önemli ve esansiyeldir (Kanazawa ve ark., 1979a,b). EPA'nın sentezi esnasında LNA'dan Δ6 desaturasyonu ile 18:4n-3 üretilir, ardından sonra bu yağ asidi elongasyon sentezi ile 20:4n-3'e dönüştürülür ve daha sonra da Δ5 desaturasyonu sayesinde EPA üretilir. Aynı enzimleri kullanılarak 18:2n-6 (LA)'dan ARA da sentezlenebilmektedir (Cook ve ark., 2004). Son yapılan çalışmalarda tatlı su Çin yengeci (*Eriocheir sinens*)'nde desaturazın varlığı kanıtlanmıştır (Guo ve ark., 2013; Yang ve ark., 2013). Krustaselerde, PUFA biyosentezi üzerine moleküler çalışmalar yapılırken, Δ9 ve Δ6 benzeri desaturazların gen/protein açıklamalarıyla birlikte işlev analizleri yapılmamıştır. PUFA biyosentezinin varlığı bir kimyasal döngüye bağlanmadan önce, gerçek enzim aktivitesinin

değerlendirilmesine vurgu yapmak gereklidir. Bu özellikle LC-PUFA sentezleme yolları belli olan türlerde, kabul edilen omurgalı modelden farklı olabilir. Çin yengecinde diyetlerin desaturasyon aktivitesini etkilediği gösterilmiştir. Ayrıca yüksek bitkisel yağ içeriği ile formüle edilmiş yemlerle beslenen bireylerde artan gen ifadeleri gözlenmiştir. Yengeçlerdeki bu desaturazın görünümünün, balıkları da içeren omurgalı türlerinde benzer olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, yengeçte PUFA'nın sentezinde desaturazların rolü olduğunu kanıtlamıştır. Diğer bir çalışmada Chen ve ark. (2014), farklı tuzlulukların Pasifik beyaz karidesinin lipit metabolizmasına etkilerini araştırmışlar ve test yemlerinde düşük EPA ve DHA (<% 0.1) olmasına rağmen, karideslerin kas ve hepatopankreaslarında EPA ve DHA (%4.5-6) birikiminin görüldüğü ilgili enzim aktivite verileri ile bu karidesin LNA'dan hem EPA hem de DHA sentezleme yeteneğine sahip olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca araştırıcılar, düşük tuzlulukların karideslerin daha çok LC-PUFA (özellikle DHA ve EPA) sentezleme yeteneklerini geliştirebileceğini bildirmişlerdir.

Kamarudin ve ark. (2002), tatlı su karidesi larvalarında LNA'nın EPA'ya dönüşebildiğini bildirmişlerdir. Fakat larvalarda LA'nın *de novo* sentezi ile ilgili bulgulara rastlamamışlardır.

2.2. Krustaselerde CTMin ve CTMax Çalışmaları

Birçok krustase türlerinde alt ve üst kritik sıcaklık tolerans değerlerinin belirlenebilmesi ile ilgili araştırmalar uzun yıllardır yapılmaktadır. Bu çalışmaların çoğu karideslerle ilgili olup, kerevitlerde daha az sayıda araştırma yürütülmüştür.

2.2.1. Kerevitler İle Yapılan Çalışmalar

Yaşama ortamına alıştırılmış kerevitlerde (*Orconectes rusticus*) CTMin ve CTMax değerlerinin belirlendiği bir denemede; kerevitlerin CTMin ve CTMax değerlerinin mevsimsel olarak sırasıyla 9.7 ve 14.7 ºC olduğu bildirilmiştir **(**Layne ve ark.**,** 1987).

Espina ve ark. **(**1993) jüvenil, genç ve yetişkin döneminde olan bataklık kerevitinin tercih ettiği ve kaçındığı sıcaklıkları belirlemişler; deneme sonunda hem farklı gelişim

dönemlerinin hem de alıştırma su sıcaklıklarının (20, 23, 26 ve 29°C) kerevitlerin akut sıcaklık tercihinde herhangi bir etki yapmadığını belirlemişlerdir.

Firkins (1993)'ın üç kerevit (*A. leptodactylus, Austropotamobius pallipes ve Pacifastacus leniusculus*) türlerinin termal toleranslarının belirlenmesi ile ilgili yaptığı çalışmada dört alıştırma sıcaklığı (5, 10, 20 ve 25°C) uygulanmıştır. Deneme sonununda *A. leptodactylus* için CTMin değerinin 9.0 °C, CTMax değerinin ise 36.0°C ve termal poligon alan değerinin ise 927°C^2 olduğu hesaplamıştır.

Bückle ve ark. (1995)'nın yaptığı bir çalışmada 20, 23, 26 ve 29 ºC sıcaklıklara alıştırılan bataklık kerevitinin yetiştiriciliği için kabul edilebilir su sıcaklığının 23.4 ºC'ye yakın ya da 16.9 - 28.5 ºC aralığında olduğu belirlenmiştir.

Kırmızı kıskaçlı kerevit jüvenillerinin 30 gün boyunca 20, 23, 26, 29 ve 32°C'de tutulduğu ve akut metodun kullanıldığı bir çalışmada Diaz ve ark. (2004) jüvenillerin kaçındıkları en yüksek sıcaklığın 35.1 ºC, en düşük sıcaklığın 11.7 ºC olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, jüvenillerin CTMax değerlerinin 36, 38, 40 ve 42ºC, alıştırma tepki oranlarının (ARR) 0.33 ile 0.66 arasında değiştiğini ve termal tolerans poligon alanının 225.8ºC^2 olduğunu belirlemişlerdir.

2.2.2. Diğer Krustaseler İle Yapılan Çalışmalar

Rodríguez ve ark. (1996) dört farklı sıcaklığa alıştırılan uzun kollu nehir karidesi (*Macrobrachium tenellum)*'nin artan termal strese tepkilerinin önemli derecede farklı olduğunu bildirmişlerdir. Denemede en düşük yaşama oranının toplam yönelim kaybına kadar aşamalı termal değişime maruz kalmış karideslerde olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak araştırıcılar, bu karides türü için CTMax değerinin total yönelim kaybının olduğu sıcaklığa karşılık geldiğini bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmada aynı tür için termal poligon alanı 115.75°C^2 olarak hesaplamıştır (Rodriguez ve ark., 1997).

Díaz ve ark. (1998), büyük nehir karidesi postlarva ve jüvenillerinde dört farklı (20, 23, 26, 29 ve 32°C) alıştırma sıcaklıklarında CTmax ve CTMin değerlerini hesaplanmışlar; postlarvalar için CTMax ve CTMin değerlerinin sırasıyla 37.3, 38.3, 39.0, 41.0, 41.6°C ve 10.0, 11.0, 13.0, 14.8, 16.8°C, jüveniller için ise bu değerlerin sırasıyla 36.5, 38.4, 39.2, 41.5, 42.0 ve 10.5, 11.3, 13.3, 14.6, 16.4°C olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, postlarva ve jüvenilerin

CTMax ve CTMin değerleri arasında önemli farklılıklar olmadığını bildirmişlerdir (P>0.05). Ek olarak araştırıcılar, termal tolerans alanı CTMax ve CTMin limitlerine postlarvalar için 821.2°C^2, jüveniller için ise 816.9°C^2 olduğunu belirlemişlerdir. Bu değerlere göre tatlı su karidesinin yüksek derecede öyritermal özellik sergilediği görülmüştür.

Díaz ve ark. **(**2002) 20, 23, 26, 29 ve 32°C'ye alıştırılan tatlısu karidesi türlerinden *Macrobrachium acanthurus* bireylerinin tercih ettikleri sıcaklıkları incelemişler ve bu türün CTMin değerlerinin sırasıyla 11.0, 12.1, 13.0 ve 14.8°C , CTMax değerlerinin 34.2, 35.0, 36.1 ve 39.8°C ve alışma tepki oranlarının (ARR) 0.33 ile 0.62 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, CTMin ve CTMax limitleri kullanılarak oluşturulan termal tolerans alanını 644°C^2 olarak hesaplamışlardır.

Diğer bir çalışmada, Manush ve ark. (2004), 30 gün süreyle 25, 30 ve 35°C'ye alıştırılan ve yaklaşık 40 g ağırlığındaki büyük nehir karidesi bireylerinin CTMin değerlerinin sırasıyla 14.9, 15.4 ve 16.9 °C ve CTMax değerlerini 40.7, 41.1 ve 41.9 °C olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, araştırıcılar bu tür için termal tolerans poligon alanını 255 C^2 olduğunu bildirmişlerdir.

Re ve ark. (2005)'nın yaptığı bir çalışmada, kahverengi karidesin (*Farfantepenaeus aztecus*) CTMax değerinin tuzluluktan etkilenmediğini belirtmişlerdir (P<0.05). Çalışmada, kritik sıcaklık ve 3–5°C aralığında artan alıştırma sıcaklıkları arasında direk bir ilişki gözlenmiştir. Ayrıca, kahverengi karides jüvenillerinin alıştırma tepki oranlarının 0.20 ile 0.80 arasında değiştiği görülmüştür.

Re ve ark. **(**2006), mavi karides (*Litopenaeus stylirostris)* jüvenillerinin tercih ettikleri sıcakların tuzluluk ile değişmediğini belirtmişlerdir (*P*>0.05). Denemede, karides jüvenillerinin 42 kombinasyondaki (6 sıcaklık x 7 tuzluluk grubu) CTMax değerinin tuzluluktan etkilenmediği gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda, CTMax değerleri ile alışma sıcaklıkları arasında direkt bir ilişki bulunmuştur. Mavi karides jüvenillerinin ARR'nın 0.45–0.50 olduğu ve bu değerlerin tropikal ve subtropikal iklimlerdeki diğer krustaseler için elde edilen değerler aralığında yer aldığı bildirilmiştir.

Kır ve Kumlu (2008)'nun denemesinde dört farklı alıştırma sıcaklıklarında (14, 20, 26 ve 32 ºC) tutulan yeşil kaplan karidesi (*Penaeus semisulcatus)* jüvenillerinde CTMin ve en düşük ölümcül sıcaklık (LILT) değerlerini belirlemişlerdir. Bu alıştırma sıcaklıklarındaki karideslerin CTMin değerlerinin 0.25 ºC/saat soğutulmuş grupta 7.1, 8.9, 10.5, 12.6 ºC olduğu

belirlenirken, 0.5 ºC/saat soğutulmuş grupta 6.6, 8.0, 9.7 ve 11.4 ºC olduğunu ve 1.0 ºC/saat soğutulmuş grupta ise 6.1, 7.2, 8.3 ve 9.9 ºC olarak ölçüldüğünü bildirmişlerdir. Bu araştırıcılar yeşil kaplan karidesi jüvenillerinin alıştırma sıcaklıklarındaki en düşük ölümcül sıcaklık değerlerini 5.23, 6.14, 7.36 ve 8.57 ºC olarak belirlemiş olup, hem soğutma oranları hem de alıştırma sıcaklıklarının CTMin değerleri üzerinde önemli etkilerde bulunduklarını göstermişlerdir. Diğer taraftan, bu çalışmada alıştırma sıcaklıklarındaki ARR 0.30, 0.26 ve 0.21 (0.25, 0.5 ve 1 °C/saat soğutma) olarak hesaplanmış ve deneme sonucunda yeşil kaplan karidesi jüvenillerinin 6.1 ile 12.6 °C arasındaki sıcaklıklarda kısa bir süre için yaşabileceği anlaşılmıştır.

Kumlu ve ark. (2010a, b) yine Pasifik beyaz karidesi postlarvaları ve jüvenillerinde, dört farklı alıştırma sıcaklığında (15, 20, 25 ve 30 °C) CTMin ve CTMax değerlerini belirlemişler, CTMin değerlerinin postlarvalar için sırasıyla 7.82, 8.95, 9.80 ve 10.96 °C, jüveniller için ise 7.50, 8.20, 10.20 ve 10.80 °C olduğunu hesaplamışlardır. Diğer yandan ilgili alıştırma sıcaklıklarındaki CTMax değerlerini de postlarvalar için 35.65, 38.13, 39.91 ve 42.00 °C ve jüveniller için 35.94, 38.65, 40.30 ve 42.20 °C olarak belirlemişlerdir. Bu araştırıcılar hem alıştırma sıcaklıkları hem de karides boyutlarının termal tolerans değerlerini etkilediğini, postlarvalar için dört alıştırma sıcaklığında termal tolerans poligon alanının 434.94 $°C^2$ olarak hesaplandığını kaydetmişlerdir. Ayrıca yapılan hesaplama neticesinde Pasifik beyaz karidesi için ARR hem postlarva hem de jüvenillerde 0.35 ile 0.44 aralığında değiştiği belirlenmiştir.

Pasifik beyaz karidesi yetişkinlerinde yapılan benzer bir çalışmada ARR değerlerinin 0.36-0.76 arasında değiştiği görülmüştür. **(**González ve ark., 2010)

Re ve ark. (2012) Pasifik beyaz karidesinin üç tuzluluk ve beş alıştırma sıcaklığındaki (20, 23, 26, 29 ve 32 °C) CTMax değerlerinin tuzluluktan etkilenmediğini ve ARR 0.42 ile 0.49 aralığında değiştiğini belirlemişlerdir.

2.2.3. Farklı Bitkisel Yağların Termal Tolerans Üzerine Etkileri İle İlgili Çalışmalar

Farklı bitkisel yem kaynakları ile beslenen krustaselerde termal tolerans çalışmaları henüz gerçekleştirilmemiş olup, bu alanda bazı balık türlerinde bazı araştırmalar yürütülmüştür. Craig ve ark. (1995), çeşitli oranlarda balık yağı, mısır yağı ve Hindistan cevizi yağının kırmızı balıkların (*Sciaenops ocellatus*) soğuğa toleransına etkilerini araştırmışlar ve deneme sonunda BY grubunda büyümenin en yüksek, Hindistan cevizi yağı ile beslenen grupta ise en düşük olduğunu bildirilmişlerdir. Soğuğa maruz kalan balıklarda karaciğer nötral lipitlerinde, n-3 HUFA'larda artış, SFA'larda ise azalmalar meydana gelmiştir. Ayrıca araştırıcılar, kırmızı balık jüvenillerinin ölümcül düşük sıcaklıklarını, yemlere HUFA'ca zengin yüksek lipit seviyelerinin eklenmesi ile azaltılabileceğini rapor etmişlerdir.

Diğer bir çalışmada, Kelly ve ark. (1999), doğal beslenme ve ticari yem ile beslemenin çizgili levrek, beyaz levrek ve bunların melezlerinin soğuğa toleransları ve yağ asidi komposizyonlarına etkilerini incelemiş ve 84 gün sonunda doğal yemlerle beslenen balıklarda doymamış : doymuş yağ asitleri oranın ticari yemle beslenen gruba göre %10-25 daha yüksek ve türler içerisinde de beyaz levreklerin soğuğa en dayanıklı olduğunu belirlenmiştir.

Mishra ve ark. (2004), yemlerdeki farklı lipit seviyelerinin ve sıcaklıkların rohu sazanlarında *(Labeo rohita)* büyümeyi ve yağ asitleri profilini etkilediği bildirilmişlerdir. Bu araştırıcılar, 32°C sıcaklıkta yemlerdeki lipit seviyelerinin artmasıyla, dokulardaki MUFA içeriğinin azaldığını, ancak 21°C'de ise arttığı görmüşlerdir.

İkeda ve ark. (2011) kanola yağı, keten tohumu yağı ve zeytin yağı eklenmiş yemlerle 50 gün süreyle besledikleri balıklarda (*Pterophyllum scalare*), bu bitkisel yağ kaynaklarının balığın termal tolerans yeteneğini etkilemediğini kaydetmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. *I. DENEME*

Kerevitlerde Farklı Bitkisel Yağların Büyüme Performansına, Yağ Asitlerine ve Hepatopankreans Dokularına Etkileri

3.1.1. Büyüme Performansına ve Yağ Asitlerine Etkilerin Belirlenmesi

Deneme beş farklı bitkisel yağ kaynaklarının kerevitlerde büyüme, yem tüketimi, yemlerin sindirilebilirliği ve yağ asidi kompozisyonu üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

3.1.2. Deneme Materyali

Bu tez çalışmasının denemelerinde kullanılan ve 15-25 g ağırlığındaki canlı kerevitler balıkçılar tarafından Keban baraj gölünden avlanmıştır. Avlanan kerevitlerden 300 adedi nemli kalacak şekilde strafor kutulara yerleştirilip Çukurova Üniversitesi'nin Su Ürünleri Fakültesi'ne ait olan Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama Laboratuarına getirilmiştir. Deneme başlatılmadan önce kerevitler kontrol grubu yemi ile beslenerek iki hafta deneme yemine alıştırılmıştır.

3.1.3. Deneme Dizaynı ve Yönetimi

I. Deneme, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama laboratuvarında kurulan bir kapalı devre sistemde yürütülmüştür (Şekil 3.1). Bu sistem 200 L'lik silindirokonik 15 adet fiberglas yetiştirme tankı, 1 adet ana su tankı, 1 adet kum filtresi, 1 adet rezervuar tank, 1 adet biyofiltre, 1 adet dalgıç pompa, 1 adet protein skimmer (organik madde köpüklendirme ünitesi) ve 1 adet su soğutucusundan oluşmuştur. Her yetiştirme tankı için su girişi 32 mm'lik PVC borulara bağlanan PVC musluklarla sağlanmıştır. Tank tabanından gelen drenaj boruları birleştirilerek L şeklindeki bir boruyla tatlı suyun 500 L'lik rezervuar tanka drene olması sağlanmıştır. Rezervuar tankta biriken su daha sonra sabit bir dalgıç

pompa ile kum filtresine, oradan da biyolojik filtreye (700 L) pompalanarak mekanik ve biyolojik filtrasyon sağlanmıştır. Ayrıca rezervuar tanka su soğutma sistemi bağlanarak su sıcaklığı 20°C'de tutulmuştur. Soğutulan ve filtre edilen tatlı su deneme tanklarına iki hat ile girişi yapmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Deneme Ünitesinin Dizaynı (Kapalı Devre Sistem)

Çalışma başlatılmadan önce deneme ortamına alışmaları amacıyla kerevitler 2 hafta süreyle deneme için hazırlanan ve %100 balık yağı (BY) içeren kontrol yemi ile beslenmişlerdir. Alıştırma periyodunun ardından, taban alanı 0.5 m^2 olan dairesel fiberglas tanklardan her yem grubu için 3 adet tank ayrılmış ve tankların her birine 10 adet kerevit tesadüfî olarak yerleştirilmiştir. Stoklama öncesinde her kerevit 0.01 g hassasiyetteki elektronik bir terazi ile bireysel olarak tartılmıştır. Denemede toplamda 15 adet tank ve 150 adet kerevit kullanılmıştır. Ayrıca kanibalizmi önlemek amacıyla her bir tanka, 6 adet 50 mm çapında 10 cm uzunluğunda PVC boru ve 1 adet delikli tuğla yerleştirilmiştir.

Deneme grupları aşağıdaki gibi tasarlanmıştır;

- BY-Grubu: %100 balık yağı (BY) eklenmiş yem ile beslenenler (Kontrol),
- YFY-Grubu: %100 yer fıstığı yağı (YFY) eklenmiş yem ile beslenenler,
- PTY-Grubu: %100 pamuk tohumu yağı (PTY) eklenmiş yem ile beslenenler,
- KTY-Grubu: %100 keten tohumu yağı (KTY) eklenmiş yem ile beslenenler,
- FY-Grubu: %100 fındık yağı (FY) eklenmiş yem ile beslenenler.

Kerevitler deneme süresince üstte belirtilen yemlerle günde 2 kez ve tank biyomasının % 1'i üzerinden beslenmişlerdir. Belirlenen yemleme oranının yarısı sabah 09.00'da, diğer yarısı ise akşam 17.00'da elle verilmiştir. Deneme boyunca kerevitlerin yem alım aktiviteleri günlük olarak gözlemlenmiş ve tüketilmeyen yemler sifonlanarak su kalitesi yüksek tutulmaya çalışılmıştır. Sifonlama işlemi günde bir defa saat 08.00-08.30'da yapılmış, tank tabanındaki yem atıkları toplanmış ve kabuk değişimlerini belirlemek amacıyla karapaks sayıları kaydedilmiştir.

Dışkı toplama işlemi deneme başlangıcından iki hafta sonra başlatılmış ve günlük olarak sabah (09.00) beslemesinden 1-1.5 saat önce uygulanmıştır. Dışkılar tank tabanından sifonlanarak bir kova içerisine biriktirilmiştir. Bu işlemler yapılırken dışkıların formlarının bozulmamasına ve parçalanmamasına dikkat edilmiştir. Daha sonra dışkılar pastör pipetiyle her grup için hazırlanan tüplere aktarılıp temiz su ile yıkanmıştır. Dışkı örnekleri daha sonra liyofilize edilerek, sindirilebilirlik analizine kadar -20°C'de depolanmıştır.

3.1.4. Deneme Yemlerinin Hazırlanması

Deneme yemleri %35 protein, %8 lipit, % 8 nem içerecek şekilde formüle edilmiş ve Teshima ve ark. (1982)'na göre hazırlanmıştır. Bu yönteme göre, hammaddelerin tamamı bir bir değirmen aracılığıyla önce 300-500 mikrona kadar öğütülmüştür. Daha sonra formülasyonun lipit içeriğini dengelemek ve kullanılan bitkisel yağların etkilerini net bir şekilde görebilmek için, yem hammaddelerinden balık ununun %10 oranındaki lipit içeriğini asteton yardımıyla %1.77 oranına kadar düşürülmüştür. Bu işlem sonunda, balık unu bünyesindeki asetonun uçurulması için vakumlu etüvde 1 saat kurutulmuştur. Sonra tüm hammaddeler formülasyondaki oranda tartılarak yaklaşık 45 dakika boyunca sanayi tipi mikser yardımı ile karıştırılmıştır. Yağ ve yağda

çözünen hammaddelerin eklenmesi sonrasında su ilave edilmesiyle oluşan hamur kıyma makinesinden geçirilmiştir. Peletleme işleminin ardından, makarna formunda çıkan yemler, 100°C'de 1.5 bar basınç altında 10 dakika otoklavda pişirilmiştir. Otoklavlama işleminin ardından deneme yemlerinin nem oranlarının %8'e düşürülmesi 60°C'de etüvde gerçekleştirilmiştir.

Deneme yemlerinin formülasyonu Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme yemlerinin formülasyonu (yemde g/kg olarak). Üssel rakamlar çizelgenin altında hammaddelerin temin edildikleri yeri göstermek için kullanılmıştır.

Ham Maddeler	**BY**	**YFY**	**PTY**	**KTY**	**FY**
Yağı Alınmış Balık unu[1]	190	190	190	190	190
Krill unu[2]	70	70	70	70	70
Soya unu[3]	165	165	165	165	165
Mısır guluteni[4]	103	103	103	103	103
Buğday unu[5]	190	190	190	190	190
Buğday nişastası[6]	130	130	130	130	130
Balık yağı[7]	70	0	0	0	0
Yer Fıstığı Yağı[8]	0	70	0	0	0
Pamuk Tohumu Yağı[9]	0	0	70	0	0
Keten Tohumu Yağı[10]	0	0	0	70	0
Fındık Yağı[11]	0	0	0	0	70
Kolesterol[12]	5	5	5	5	5
Kolin klorid[13]	2	2	2	2	2
Vitamin Miks[14]	5	5	5	5	5
Mineral Miks[14]	5	5	5	5	5
CMC	20	20	20	20	20
Bentonit[15]	35	35	35	35	35
Kromik Oksit[16]	10	10	10	10	10

[1] Sibal A.Ş., Sinop, [2] Scretting, Norveç, [3] Doğalsan, Adana, [4] Sunar Mısır Ent. Tes. San. ve Tic. A.Ş., Adana, [5] Söke Değirmencilik San. ve Tic. A.Ş., Adana, [6] Sadıkoğlu ith. İhr. Gıda ve Orman Ürünleri Paz. Turizm İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti., Adana, [7] Balık Yağı, Hamsi unu (Sibal, Sinop), [8] Zade, Adana, [9] Çukobirlik, Adana, [10] Aymar, Adana, [11] Çotanak, Adana, [12] Sigma Aldrich, ABD (CAS Number 57-88-5), [13] Sibal. A.Ş., İzmir, [14] SibalA.Ş., İzmir, [15] Sigma Aldrich, ABD (CAS Number 1302-78-9), [16] Sigma Aldrich, ABD (CAS Number 1308-38-9)

Deneme yemlerinde bağlayıcı olarak karboksil metil selüloz (CMC) ve dolgu maddesi olarak da bentonit kullanılmıştır. Ayrıca kolesterol tüm deneme yemlerine 5 g/kg olacak şekilde ilave edilmiştir. Sindirilebilirliğin belirlenmesi amacıyla deneme yemlerinin içerisine dış indikatör olarak kromik oksit (Cr_2O_3) %1 oranında eklenmiştir.

3.1.5. Büyüme Ölçümleri ve Alınan Parametreler

Deneme toplamda 60 gün sürdürülmüş ve deneme süresince stres yaratmamak amacıyla ara ağırlık ölçümleri yapılmamıştır. Deneme başında ve sonunda kerevitler bireysel olarak 0.01g hassasiyette bir terazide tartılmıştır.

Denemede, büyüme performansı ve yem değerlendirme verilerinin değerlendirilmesi için aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.

Büyüme performansı değerleri:

$$Canlı\ Ağırlık\ Kazancı\ (g) = (SA) - (BA)$$

$$Spesifik\ Büyüme\ Oranı\ (SBO) = \frac{[(Ln\ SA) - (Ln\ BA)]}{Gün\ Sayısı} \times 100$$

SA: Kerevitlerin deneme sonu ağırlığı

BA: Kerevitlerin deneme başlangıç ağırlığı

Yem değerlendirme verileri:

$$Günlük\ Yem\ Alımı = \frac{Tüketilen\ Yem\ Miktarı}{Zaman}$$

$$Yemden\ \ Yararlanma\ Oranı\ (YYO) = \frac{Tüketilen\ Yem\ Miktarı}{Ağırlık\ Kazancı}$$

$$Protein\ Etkinlik\ Oranı\ (PEO) = \frac{Canlı\ Ağırlık\ Kazancı}{Protein\ Alımı}$$

Üstteki tüm veriler g üzerinden değerlendirilmiştir.

3.1.6. Besin Maddeleri İçeriği Analizleri

Kerevitlerin deneme başlangıç besin madde bileşenleri ve yağ asidi kompozisyonlarının çıkartılması için 20 adet kerevit örneklenmiştir. Deneme sonunda ise, her tanktan rastgele 3'er adet kerevit (her deneme grubu için toplamda 9 adet) örneklenmiştir. Abdomen doku ve hepatopankreas analizi amacıyla her bir tanktan alınan örnekler homojenize edildikten sonra, analiz yapılıncaya kadar -20ºC'de, havası alınmış, kilitli plastik poşetler içerisinde muhafaza edilmiştir.

3.1.6.1. Kuru Madde ve Ham Kül Analizi

Kerevitlerin kuru madde ve kül tayini için homojenize edilen örnekler, kurutma dolabında kurutulup desikatörde oda koşullarında soğutulan ve 0.0001 g'a duyarlı hassas terazide darası alınan porselen kaplara yaklaşık 1 g tartılarak konulmuşlardır. Alınan örnekler etüvde 103ºC'de 4–5 saat süreyle (sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar) kurutulmuştur. Kurutulan örnekler desikatörde oda sıcaklığına getirildikten sonra 0.0001 mg hassas terazide tartılmıştır. Ham kül tayini için aynı örnekler yakma fırınına yerleştirilerek 550ºC'de 5–7 saat süreyle yakılmış ve desikatörde oda sıcaklığına kadar bekletilip tartılmıştır. Her iki analiz sonucunda örneklere ait kuru madde (KM) (%) ve ham kül (HK) (%) oranları aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\%KM\ veya\ HK\ = \frac{[Dara\ (g)\ +\ Kuru\ Madde\ veya\ Ham\ Kül\ (g)] - Dara}{Örnek\ Miktarı\ (g)} \times 100$$

Paralellerin ortalamaları alındıktan sonra her bir tekerrüre ait oranlar belirlenmiş ve kuru madde ve ham kül oranları % olarak hesaplanmıştır.

3.1.6.2. Protein Analizi

Ham protein analizi ise AOAC (1990)'ye göre yapılmıştır. Protein analizi için örneklerden yaklaşık 1.0 g'lık miktar 0.0001 g hassas terazide tartılarak Kjeldahl tüplerine yerleştirilmiştir. Tüplere ayrıca 2 adet kör kontrol amacıyla eklenmiştir. Tüplerin içerisine 1'er adet katalizör tablet (1.5 g K_2SO_4+7.5 mg/s Selenyum karışımı) ve 6 mL sülfürik asit (H_2SO_4) ve 1 mL hidrojen peroksit (H_2O_2) eklenerek yakma ünitesinde 420 ºC'de yaklaşık 2 saat süreyle (tüpler içindeki örnekler yeşil-sarı bir renk alıncaya kadar) yakılmıştır. Örnekler daha sonra oda sıcaklığına kadar çeker ocak altında soğutulmuştur. Destilasyon işlemi için, bir gün önceden hazırlanmış %40'lık NaOH ve %4'lük borik asit kullanılmıştır. Destilasyon işleminde örnekler alkali NaOH solüsyonunu ve borik asit solüsyonlarıyla destile edilmiştir. Destilat yakalama kısmına ise 3-4 damla indikatör (metil kırmızısı) bulunan 250 mL'lik erlen yerleştirilmiştir. Destilasyon işlemi esnasında cam erlenlerde yaklaşık 150 mL sıvı birikinceye kadar destilasyon işlemine devam edilmiştir. Örnekler daha sonra 0.1 N HCl ile titre edilerek ham protein oranı (%) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{HP}\ (\%) = \frac{(\text{Örnek için harcanan } 0.1\text{N HCl}) - (\text{Kör için harcanan HCl})}{\text{Örnek miktarı(g)}} \times 6.25 \times 0.1 \times 14 \times 100$$

Üstteki formülde 0.1= 0.1 N HCl'yi, 14= nitrojen atomunun ağırlığını, 6.25 ise protein için kullanılan katsayıyı belirlemektedir.

3.1.6.3. Lipit ve Yağ Asidi Analizleri

Lipit analizinde Bligh ve Dyer (1959)'un metodu esas alınmıştır. Hepatopankreasta ve abdomende lipit analizi için örnekler 0.0001 g'a duyarlı hassas terazide tartılmıştır. Tartılan örneklerin üzerine 1:2 oranlarında 120 mL Metanol+Kloroform karışımı eklenerek tekrar homojenize edilmiştir. Bu aşamadan sonra yukarıdaki işleme tabi tutulan %0.4'lük $CaCl_2$ solüsyonundan 20 mL eklenerek bir süzme kâğıdından da süzülen örnekler, 105 ºC'de 2 saat kurutma dolabında bekletilip darası alınmış olan balonlara süzdürülmüştür. Bir gece karanlıkta bekletildikten sonra ertesi günü balonlar üzerinde oluşan üst tabakayı oluşturan metanol+su fazı

armudi ayırma balonu yardımıyla balonun alt fazda kalan kloroform+lipit kısmı alınmıştır. Balonun içindeki kloroform+lipit kısmı, 60ºC'de su banyosu yardımıyla bir rotasyon evaporatör kullanılarak uçurulmuştur. Daha sonraki işlemde ise, balonlar etüvde 1 saat süreyle 60 ºC'de bekletilerek içerisindeki kloroformun tamamen uçması sağlanmış ve bir desiktör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutulup 0.0001 g'a duyarlı hassas terazide tartılmıştır. Lipit oranının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$Lipit\ (\%) = \left[\frac{\left(Balon\ Darası(g) + Lipit(g)\right) - Balon\ Darası(g)}{Örnek\ Miktarı(g)}\right] \times 100$$

Paralellerin oranları hesaplandıktan sonra tekerrürlerin ortalaması, tekerrürlerin ortalamasından da her bir örnek grubuna ait lipit oranları (%) olarak bulunmuştur.

Yağ asidi için ise, hassas terazide darası alınan aynı örnekler üzerine 2 mL heptan eklenerek balon jojelerin çeperleri çalkalanarak balon içerisindeki sıvı, heptandan geçirilmiş ince uzun tüpler içerisine pipet yardımıyla alınmıştır. İnce uzun tüplere alınan örnekler üzerine daha önceden hazırlanmış 2 mL'lik metonolik potasyum hidroksit (KOH)'den 4 mL eklenerek vorteksle karıştırılmıştır. Karıştırılan örnekler 4ºC, 5000 devirde, 10 dakika süreyle santrifüj edildikten sonra faz oluşumu için bir gece buzdolabında (+4ºC) bekletiliştir. Ertesi gün tüplerde oluşan üst faz kısmı dijital pipet yardımıyla GC tüpleri içerisine alınarak, her bir örnek için gerekli olan heptan miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanarak örnek üzerine eklenmiştir.

$$x = \frac{Kalan\ yağ\ miktarı\ \times\ 1000}{2}$$

$$Heptan\ Miktarı\ (y)\ = \frac{x}{25}$$

y = 1 mL örneğe eklenecek heptan miktarıdır.

GC tüplerine alınan örnekler GC cihazında (Agilent 6890 N, Santa Clara, USA) okunarak her bir örnek için yağ asitleri belirlenmiştir.

Deneme yemlerinin karbonhidrat oranları, nitrojensiz öz madde olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$Nitrojensiz\ Öz\ Madde\ (\%) = 100 - (\%\ Protein + \%\ Lipit + \%\ Fiber + \%\ Kül)$$

3.1.6.4. Sindirilebilirlik Analizi

Sindirilebilirlik analizinde Kimura ve Miller (1957)'nin metodu esas alınmıştır. Bu metoda göre, kromik oksit 0.0005 ile 0.004 g arasında 16 farklı ağırlıkta 0.0001 g'lık hassas terazi ile tartılmıştır. Bu örnekler filtre kâğıdına sarılarak 250 mL Kjeldahl tüplerinin içerisine koyulmuştur. Ek olarak, 2 adet boş (örnek veya filtre kâğıdı olmayan) ve 2 adet de kontrol (sadece filtre kâğıdı olan) örnekler oluşturulmuştur. Kromik oksitli yem için 0.3 g, dışkı için ise 0.0030-0.0050 g arasında liyofilize edilmiş örnek alınmıştır. Bu örneklerin üzerine 3 mL konsantre nitrik asit (NHO_3, Sigma, CAS 7697-37-2) eklenerek örneklerin tamamen ıslanması için tüpler çalkalanmıştır. Daha sonra Kjeldahl tüpleri ilk olarak 150 ºC'de 30 dakika daha sonra da 170 ºC'de 1 saat süreyle yakma ünitesinde yakılmıştır. Bu aşamada aşırı buharlaşmanın engellemesi amacıyla tüplerin ağızlarına 50 mL balon jojeler ağızları tüplerin içerisine gelecek şekilde yerleştirilmiştir. 2 saat sonra yakma ünitesinden çıkarılan tüpler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Tüpler iyice soğuduktan sonra üzerine 1.5 ml %70'lik perklorik asit ($HClO_4$, Sigma, CAS 7601-90-3) ilave edilerek 220 ºC'de 15 dakika daha yakılmıştır. Bu sürede tüplerin ağzı açık bırakılmıştır. Bu aşamadan sonra tüpler tekrar soğumaya bırakılarak sıvı miktarı 1 mL'den az olanlara 0.5 mL %70'lik perklorik asit ilave edilerek 220 ºC'de tüplerin ağzı kapalı şekilde yakılmaya devam edilmiştir. Bu aşamada örneklerin renk dönüşümünün oluşumu kontrol edilmiş ve turuncu renk oluştuğunda tüpler soğumaya bırakılmıştır. Bu aşamadan sonra örnekler 50 mL balon jojelere aktarılmıştır. Aktarılan örnekler 50 mL'den az ise örneklere distile su eklenerek 50 ml'ye tamamlanmıştır. Örneklerin absorbans değerleri 346.5 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Sindirilebilirlik oranı, Maynard ve Loosli (1969)'un aşağıda verilen formülüne göre belirlenmiştir. Bu formülde 'İ' dış markalayıcı (kromik oksit) ve 'B'besleyici element (protein ve lipit) olarak alınmıştır.

$$Sindirebilirlik\ Oranı\ (\%) = 100 - 100 \times \left[\frac{\%\ İ\ yem}{\%\ İ\ dışkı} \times \frac{\%\ B\ yem}{\%\ B\ dışkı}\right]$$

3.1.7. Histolojik İncelemeler

Farklı yağ kaynakları içeren yemlerle 60 gün beslenen kerevitlerin hepatopankreans dokuları disekte edilmiş ve ışık mikroskobunda incelenebilmesi için alınan %10'luk formaldehit solüsyonunda fikse edilmişlerdir. %10'luk formalin solüsyonunda tespit edilen hepatopankreans örnekleri sırasıyla 2 saat %50'lik alkolde, 2 saat %50'lik alkolde ve ardından da 2 saat %70'lik alkolde bekletilmiştir. Daha sonra dokular, takibe kadar %70'lik alkole alınmıştır. Leica TP 1020 ototeknikon cihazı (Şekil 3.2.) ile rutin doku takibi Çizelge 3.2.'de verildiği şekilde yapılmıştır. Bloklama işlemini takiben mikrotom ile 5 µm kalınlığında alınan parafin kesitler, Hematoksilen-Eozin boyası ile boyanmış ve Olympus BX50 (Tokyo, Japonya) ışık mikroskobunda incelenmiş ve resimleri çekilmiştir.

Çizelge 3.2. Doku takibinde kullanılan kimyasallar ve süreler

	Seriler	Süre
1	%70'lik Alkol (ethanol)	1 saat
2	%80'lik Alkol (ethanol)	1 saat
3	%90'lik Alkol (ethanol)	1.5 saat
4	Saf Alkol (ethanol)	1 saat
5	Saf Alkol (ethanol)	1 saat
6	Saf Alkol (ethanol)	1.5 saat
7	Ksilol	1 saat
8	Ksilol	1 saat
9	Ksilol	1.5 saat
10	Parafin	1 saat
11	Parafin	1.5 saat



Şekil 3.2. Doku Takip Cihazı

3.2. *II. DENEME*

Kerevitlerde Termal Tolerans Değerlerinin Belirlenmesi ve Farklı Bitkisel Yağlar İle Beslemenin Bu Parametre Üzerine Etkileri

3.2.1. Kerevitlerde Termal Tolerans Değerlerinin Belirlenmesi

3.2.1.1. Deneme Dizaynı ve Yönetimi

Deneme Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama Laboratuarı'nda yürütülmüştür. Kritik termal minima (CTMin) testleri öncesinde, kerevitler 300 L'lik dairesel fiberglas tankların her birine 30 adet olacak şekilde stoklanmış ve üç farklı deneme su sıcaklıklarına (15, 20 ve 25 °C) 300 ya da 600 watt akvaryum ısıtıcıları ile günde 2°C alıştırma oranıyla alıştırılmışlardır. Bundan sonra da kritik termal değerlerin

belirlenmesi öncesinde kerevitler en az 35 gün (5 hafta) boyunca bu tanklarda %35 protein ve %8 lipit içeren yapay yemlerle günde iki kez (09:00 ve 17:00) beslenerek metabolizmalarının dengelenmesine imkân verilmiştir (Castille ve Lawrence, 1981). Fotoperiyot 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık olacak şekilde uygulanmıştır. Tanklar her gün sifonlanmış ve en az %200-300 su değişkenliği gerçekleştirilmiştir. Deneme tanklarının havalandırılması bir hava motoru ve buna bağlı hava hortumları ve havataşları aracılığıyla sürekli olarak sağlanmıştır. CTMin ve CTMax değerlerinin belirlenmesi amacıyla her bir sıcaklık grubu için 15'er adet kerevit alınarak deneme yürütülmüştür.

3.2.1.2. CTMin ve CTMax Testleri

CTM testleri öncesinde üç farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) koşullarında 35 gün yetiştirilen kerevitler, bundan sonra 50 L su içeren dikdörtgen plastik tanklara (0.8 m x 0.35 m x 0.5 m), her tanka 5 adet yoğunlukta stoklanmış ve böylece her sıcaklık grubu için üç tekerrürlü olarak toplamda 30 adet kerevitte CTMin ve CTMax değerleri belirlenmiştir. Denemeler öncesinde kerevitler 24 saat aç bırakılmış ve denemeler esnasında da hiç yemlenmemişlerdir. CTMin değerlerinin belirlenmesi esnasında su sıcaklığı sabit bir şekilde dakikada 0.3°C oranında soğutmak için kerevitlerin bulunduğu tanklara ayrı bir yerde soğutulmuş su azar azar ilave edilmiştir. CTMax değerlerinin belirlenmesinde ise ayrı bir tankta ısıtılan su, deneme tankı su sıcaklığını dakikada 0.3°C oranında ısıtacak şekilde eklenmiştir. Tanklarda havalandırma ile oksijen seviyesi sürekli olarak 5 ppm ve üzerinde tutulmuştur. CTM değerleri kerevitin dengesini kaybettiği sıcaklık değeri olarak kaydedilmiştir (Paladino ve ark.,1980; Beitinger ve McCauley, 1990; Debnath ve ark., 2006). Her kerevit için bireysel olarak kaydedilen CTM değerlerinin aritmetik ortalaması deneme sıcaklıklarının CTM değerlerini oluşturmuştur. CTM hesaplamaları Beitinger ve ark. (2000) ve Hoang ve ark. (2002)'ye göre yapılmış ve ayrıca, alıştırma tepki oranı (ARR: acclimation response ratio) Clausen (1977)'ye göre hesaplanmıştır. Deneme esnasında tepki vermeyi bırakan kerevitler derhal tanktan alınarak yeniden su sıcaklığının kademeli olarak yükseltilmesiyle canlı tutulmaya çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan üç farklı alıştırma sıcaklıklarında elde edilen CTMin ve CTMax değerleri kullanılarak kerevitlerin termal tolerans poligonu da hesaplanmıştır (Şekil 3.3). Tüm CTM testlerinde toplam 45 adet kerevit

kullanılmıştır. CTM testleri sonrasında her tankta bulunan balıkların bireysel ağırlıkları elektronik bir terazi ile 0.01 g hassasiyette tartılmıştır.

CTMin ve CTMax uygulamalarının kerevitlerin davranışlarına etkisini belirlemek amacıyla, kerevitlerin dengelerini kaybettikleri, spazm geçirdikleri, bayıldıkları ve mukus benzeri salgı ürettikleri sıcaklıklar kaydedilmiştir.

Termal poligon alanını bulmak için aşağıdaki formülden yararlanılmıştır.

$$A = \frac{\{(x1 \times y2) + (x2 \times y3) + (x3 \times y4) + .. + (xn \times y1)\} - \{(y1 \times x2) + (y2 \times x3) + (y3 \times x4) + .. + (yn \times x1)\}}{2}$$

$x1 = 15\,°C$ $y1 = 1.3\,°C$

$x2 = 20\,°C$ $y2 = 1.1\,°C$

$x3 = 25\,°C$ $y3 = 2.0\,°C$

$x4 = 25\,°C$ $y4 = 38.7\,°C$

$x5 = 20\,°C$ $y5 = 37.5\,°C$

$x6 = 15\,°C$ $y6 = 37.4\,°C$

$x7 = 15\,°C$ $y7 = 1.3\,°C$

Alıştırma tepki oranı Clausen (1977)'ye göre hesaplanmıştır ;

$ARR = \Delta CTMax - \Delta T$

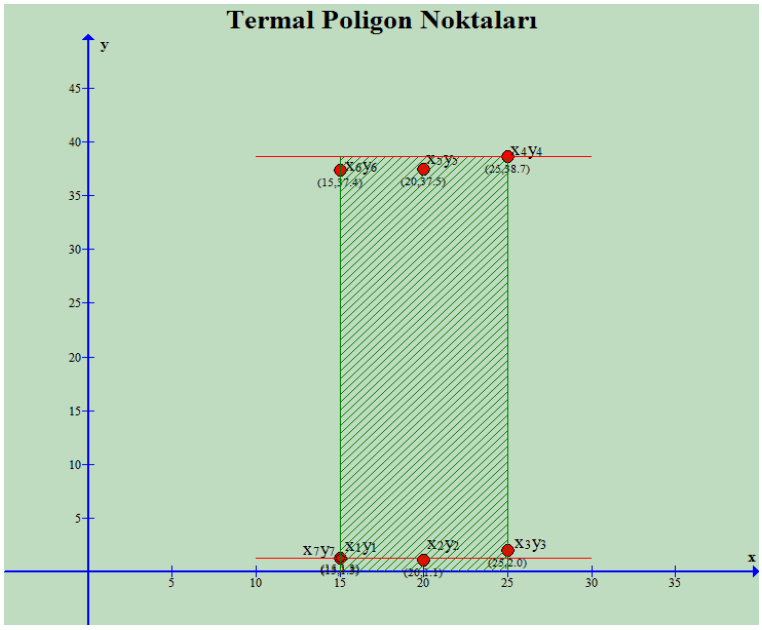
$ARR = \Delta CTMin - \Delta T$.

ARR: Alıştırma tepki oranı,

ΔCTMax: Kritik termal maksima farkı,

ΔCTMin: Kritik termal minima farkı,

ΔT: Sıcaklık farkı,



Şekil 3.3. Termal poligon noktalarının X ve Y koordinat düzleminde gösterilmesi

3.2.2. Bitkisel Yağlar İle Beslemenin CTM Üzerine Etkileri

3.2.2.1. Deneme Materyali

1. Deneme boyunca 5 farklı yağ kaynakları (balık yağı, yer fıstığı yağı, pamuk tohumu yağı, keten tohumu yağı ve fındık yağı) içeren yemlerle 60 gün boyunca beslenen kerevitler bu çalışmada deneme materyali olarak kullanılmıştır.

3.2.2.2. Deneme Dizaynı ve Yönetimi

Farklı yağ kaynakları içeren yemlerle 60 gün boyunca beslenen kerevitlerde deneme sonunda CTMin ve CTMax değerlerinin belirlenmesi amacıyla her bir yem grubundan 18'er adet kerevit alınarak yarısında CTMin diğer yarısında ise CTMax testleri yürütülmüştür.

3.2.2.3. CTMin ve CTMax Testleri

CTM testleri öncesinde sabit sıcaklık (21°C) koşullarında farklı bitkisel yağ kaynakları içeren yemlerle 60 gün süreyle yetiştirilen kerevitler, 50 L su içeren 3 adet dikdörtgen plastik

tanklara (0.8 m x 0.35 m x 0.5 m), her tanka 3 adet olacak stoklanmış ve böylece her yem grubu için üç tekerrürlü olarak toplamda 9 adet kerevitte CTMin ve yine aynı sayıda kerevitte de CTMax değerleri belirlenmiştir. CTM testleri ve değerlerinin hesaplanması daha önce '3.2.1.2. CTMin ve CTMax Testleri' anlatıldığı şekilde yürütülmüştür.

3.3. Çevresel Parametreler

Tez çalışmasının tüm denemelerinde, su sıcaklığı ölçümleri günlük olarak termometre, pH ve oksijen değerleri ise 5'er günlük aralıklarla sırasıyla WTW marka pH-metre ve OxyGuard® marka oksijen-metre ile alınmıştır. Ayrıca denemeler esnasında azotlu atıklar NH_3, NO_3^- ve NO_2^- test kitleri kullanılarak haftalık olarak ölçülmüştür.

3.4. İstatistiksel Hesaplamalar

Denemeler sonucunda elde edilen veriler SPSS 16.0 (SPSS, Chicago, IL) programının tekyönlü varyans analizi ile ve önemli farkların bulunduğu durumlarda ortalamalar Duncan (n sayıları eşit olduğu durumlarda) ya da Scheffe's (n sayıları eşit olmadığı durumlarda) çoklu karşılaştırma testleri ile karşılaştırılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar 0.05 önem seviyesinde test edilmiştir. Sonuçlar ortalama ± standart sapma (Ort. ± S.S.) şeklinde verilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. *I. DENEME*

Farklı Bitkisel Yağların Kerevitlerde Büyüme Performansı, Yağ Asitleri ve Hepatopankreans Dokularına Etkileri

4.1.1. Çevresel Parametreler

Deneme süresince tanklardaki ortalama su sıcaklığı 21.8±1.1°C olarak sürdürülmüştür. Araştırma süresince su parametrelerinden amonyak 5 mg/L, nitrit 0 mg/L, nitrat 10 mg/L ve oksijen değeri ise 7 mg/L olarak ölçülmüştür.

4.1.2. Deneme Yemleri

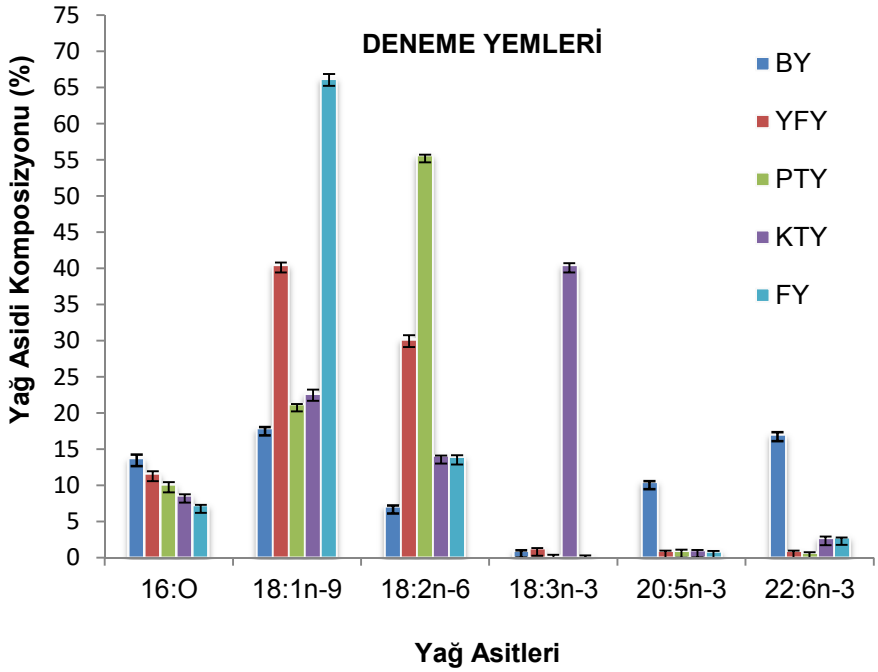
Deneme yemleri aynı protein ve lipit seviyelerinde olacak şekilde formülize edilmiş ve besinsel kompozisyonları açısından istatistikî bir farklılık bulunmamıştır (P>0.05). I. denemede kullanılan yemlerin protein içeriği %34.56 ile %35.36 (345.6 ile 353.6 g/kg) lipit içeriği ise %7.80 ile %8.31 (78.0 ile 83.1 g/kg) arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.1).

Deneme yemlerinin yağ asidi komposizyonu, denemede kullanılan bitkisel yağ kaynaklarının yağ asidi profilleri ile benzerlik göstermiştir. Yapılan analizler sonucunda balık yağı içeren kontrol grubunun (BY) toplam doymuş yağ asidi miktarı % 25.71 olarak en yüksek bulunmuş ve diğer gruplardan istatistikî olarak farklılık göstermiştir (P<0.05). Kontrol grubu yeminde (BY) EPA (20:5n-3) %10.45 ile DHA (22:6n-3) %17.0 miktarları, balık yağı içeriğinden dolayı, diğer deneme gruplarına göre daha yüksek oranda bulunmuştur. Ayrıca en OA miktarı tamamen FY içeren (%66.22) deneme yeminde gözlenirken, en düşük orana sahip yem grupları, BY (%17.91) ile PTY (%21.24) ve KTY (%22.66) gruplarında saptanmıştır. Deneme yem grupları arasında en yüksek LA miktarı (%55.65) PTY grubunda tespit edilmiştir. Deneme yemlerinin LNA içeriği KTY (%40.44) kullanılan grupta en yüksek, FY kullanılan grupta ise en düşük (%0.3) bulunmuştur (P<0.05, Şekil 4.1).

Çizelge 4.1. I. Deneme yemlerinin analiz edilen kimyasal ve yağ asidi kompozisyonları.

	Deneme Grupları				
	BY	**YFY**	**PTY**	**KTY**	**FY**
Analiz Edilen Kimyasal Kompozisyon (%)					
Protein	35.33±0.3	35.15±0.2	35.22±0.0	34.56±0.5	35.36±0.6
Lipit	8.31±0.2	8.04±0.2	8.23±0.1	7.80±0.1	7.91±0.3
Kuru Madde	91.93±0.1	92.46±0.1	92.11±0.5	91.85±0.1	92.26±0.0
Kül	10.18±0.1	10.13±0.0	9.77±0.6	10.15±0.1	10.08±0.0
Nitrojensiz Öz Madde[6]	41.18±0.1	41.68±0.0	41.78±0.3	42.49±0.1	41.65±0.0
Yağ Asitleri Kompozisyonları (%)					
14:0	7.06±0.1^{a}	1.23±0.1^{cd}	1.74±0.1^{b}	1.30±0.1^{c}	1.13±0.1^{d}
16:0	13.65±0.4^{a}	11.55±0.5^{b}	10.03±0.6^{c}	8.59±0.2^{d}	7.21±0.1^{e}
18:0	2.49±0.1^{bc}	3.29±0.6^{b}	2.07±0.9^{c}	4.87±0.2^{a}	2.38±0.1^{bc}
SFA[1]	25.71±1.1^{a}	17.95±0.1^{b}	13.61±0.7^{d}	15.00±0.3^{c}	11.04±0.1^{e}
16:1n-7	5.84±0.1^{a}	0.48±0.0^{b}	0.52±0.1^{b}	0.47±0.0^{b}	0.58±0.2^{b}
18:1n-7	3.92±0.0^{a}	2.02±0.1^{c}	2.01±0.2^{c}	1.90±0.0^{c}	2.60±0.1^{b}
18:1n-9	17.91±0.2^{e}	41.40±1.7^{b}	21.24±0.0^{d}	22.66±0.6^{c}	66.22±0.7^{a}
MUFA[2]	31.09±0.3^{c}	44.75±2.5^{b}	24.77±0.1^{e}	25.68±0.6^{d}	69.83±0.6^{a}
18:2n-6	7.08±0.1^{d}	30.10±0.7^{b}	55.65±0.1^{a}	14.00±0.1^{c}	13.89±0.3^{c}
18:3n-6	0.14±0.0^{a}	0.00±0.0^{b}	0.00±0.0^{b}	0.00±0.0^{b}	0.02±0.0^{b}
20:4n-6	0.50±0.0^{a}	0.08±0.0^{b}	0.05±0.0^{b}	0.05±0.0^{b}	0.06±0.0^{b}
n-6 PUFA[3]	8.06±0.1^{d}	32.14±0.3^{b}	55.84±0.1^{a}	14.10±0.1^{c}	13.97±0.2^{c}
18:3n-3	0.98±0.0^{c}	1.27±0.1^{b}	0.32±0.1^{d}	40.44±0.3^{a}	0.30±0.0^{d}
20:3n-3	1.82±0.1^{a}	0.20±0.0^{b}	0.16±0.1^{bc}	0.21±0.0^{b}	0.07±0.0^{c}
20:5n-3	10.45±0.1^{a}	0.94±0.0^{b}	0.98±0.1^{b}	1.02±0.0^{b}	0.86±0.0^{b}
22:5n-3	1.01±0.0^{a}	0.05±0.0^{d}	0.83±0.1^{a}	0.83±0.0^{a}	0.68±0.1^{c}
22:6n-3	17.08±0.2^{a}	0.92±0.1^{c}	0.70±0.1^{d}	2.73±0.2^{b}	2.78±0.0^{b}
n-3 PUFA[4]	31.35±0.2^{b}	3.15±0.5^{d}	3.21±0.8^{d}	43.90±0.9^{a}	4.22±0.8^{c}
PUFA[5]	40.99±0.7^{b}	35.31±0.3^{c}	59.43±0.7^{a}	58.00±0.9^{a}	18.19±0.9^{d}
n3/n6	3.89±0.0^{a}	0.10±0.0^{d}	0.06±0.0^{e}	3.12±0.1^{b}	0.30±0.1^{c}

[1] SFA: 12:0, 14:0, 15:0, 16:0, 18:0, 20:0, 24:0
[2] MUFA: 14:1, 15:1, 16:1n7, 18:1n-7, 18:1n-9, 20:1n-11, 22:1n-9, 24:1n-9
[3] n-6 PUFA: 18:2n-6, 20:2n-6, 22:2n-6, 18:2n-6, 20:3n-6, 20:4n-6, 22:4n-6
[4] n-3 PUFA: 18:3n-3, 18:4n-3, 20:3n-3, 20:4n-3, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3
[5] PUFA: 18:2n-6, 18:3n-3, 18:3n-6, 20:3n-3, 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3
[6] Nitrojensiz Öz Madde: 100 - (%Protein + %Lipit + %Fiber + %Kül)



Şekil 4.1. Deneme yemlerinde bulunan bazı yağ asitlerinin yüzde olarak seviyeleri.

4.1.3. Büyüme Parametreleri

Denemede başlangıç ağırlıkları ortalama 24.14 g olan kerevit yavruları 60 günlük besleme dönemi sonunda 28.60 g ile 30.58 g arasında değişen ağırlıklara ulaşmışlardır (Çizelge 4.2). Deneme gruplarının ortalama final ağırlıkları arasında istatistikî farklılıklar bulunmuştur ($P<0.05$). Gruplar içerisinde final ağırlığı en yüksek olan grup FY (30.58 g) iken, en düşük ağırlığa ulaşan grubun ise KTY (28.60 g) olduğu tespit edilmiştir. Diğer grupların final ağırlıkları bu iki grup arasında değişmiştir.

Canlı ağırlık kazancına (CAK) bakıldığında; en iyi CAK 109.28 mg/gün ile FY grubunda hesaplanmış, bu grubu sırasıyla 91.61 mg/gün ile PTY, 90.59 mg/gün ile YFY, 87.42 mg/gün ile BY ve 75.93 mg/gün ile KTY grubu izlemiştir (Çizelge 4.2). Tek yönlü varyans analizi sonucunda, spesifik büyüme oranı (SBO) açısından gruplar arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır ($P>0.05$). Yine de, en düşük SBO KTY (%0.29) grubunda, en yüksek SBO ise FY (%0.40) grubunda hesaplanmıştır. Gruplar arasında yemden yararlanma oranları (YYO) açısından bakıldığında, FY grubunun açık bir şekilde deneme yemlerini daha etkin değerlendirdikleri anlaşılmıştır. Deneme grupları arasında en düşük YYO

1.53 ile FY grubu için hesaplanırken, diğer gruplar arasında (2.15 – 2.50) istatistikî açıdan bir farklılık bulunmamıştır (P>0.05). Diğer taraftan, YYO ile ters orantılı olarak, yem çevirim etkinliği FY (%65.33) grubunda en yüksek hesaplanırken, en düşük oran YFY (%41.58) grubunda tespit edilmiştir. Ayrıca grupların protein etkinlik oranları 1.32 (PTY) – 1.85 (FY) arasında değişmiştir. Deneme süresince gruplar arasında en yüksek yaşama oranı %67 ile KTY grubunda hesaplanırken, bu grubu sırasıyla PTY (%63), BY (%60), YFY (%60) ve FY (%60) grubu takip etmiştir.

Çizelge 4.2. 60 gün boyunca beş farklı lipit kaynağı ile beslenen kerevit (*Astacus leptodactylus*) bireylerinde büyüme parametreleri

	Deneme Grupları				
	BY	**YFY**	**PTY**	**KTY**	**FY**
Başlangıç Ağırlığı (g)	24.14±0.1	24.20±0.3	24.32±0.3	24.05±0.2	24.02±0.3
Deneme Sonu Ağırlığı (g)	29.38±0.2^{bc}	29.64±0.2^{ab}	29.81±1.0^{ab}	28.60±0.7^{c}	30.58±0.1^{a}
Yemden Yararlanma Oranı	2.15±0.6^{a}	2.50±1.3^{a}	2.35±0.9^{a}	2.27±0.8^{a}	1.53±0.1^{b}
Yem Çevirim Etkinliği (%)	49.11	41.58	46.42	49.30	65.33
Protein Etkinlik Oranı	1.42	1.33	1.32	1.43	1.85
Spesifik Büyüme Oranı (%/gün)	0.33±0.1^{a}	0.33±0.1^{a}	0.34±0.1^{a}	0.29±0.0^{a}	0.40±0.0^{a}
Ağırlık Kazancı (g)	5.24±0.3^{b}	5.44±0.5^{b}	5.50±0.4^{b}	4.56±0.4^{c}	6.56±0.1^{a}
GCAK (mg/gün)	87.42	90.59	91.61	75.93	109.28
Deneme Sonu Yaşama Oranı (%)	60	60	63	67	60

Her değer bir ortalama ± standart sapma (n=3) şeklinde verilmiştir. Aynı harflerle işaretlenen gruplar arasında istatistikî bir fark bulunmamıştır (P>0.05).

4.1.4. Besin Maddeleri İçeriği

Deneme başlangıcında ve sonunda her gruptan alınan kerevitlerin abdomen eti ve hepatopankreas örneklerinde protein, lipit, ham kül ve kuru madde miktarları analiz edilmiş ve bu değerler kerevitlerin et verimlilikleri ile hepatosomatik indeksleri ile beraber Çizelge 4.3'de özetlenmiştir.

4.1.4.1. Kuru Madde, Ham Kül, Et Verimliliği ve HP İndeksi

Deneme sonu abdomen eti örneklerinde en yüksek kuru madde miktarı BY (%18.53) grubunda bulunmuştur ($P<0.05$). Kuru madde açısından bu grubu sırasıyla KTY (%17.51), FY (%17.36), YFY (%17.08) ve PTY (%16.25) grupları izlemiştir. Diğer taraftan grupların abdomen etlerinin ham kül içeriklerine bakıldığında; gruplar arasında en yüksek ham kül içeriğinin YFY (%1.68) grubunda olduğu belirlenmiştir. Ham kül değerleri açısından bu grubu KTY (%1.53), BY (%1.51), PTY (%1.48) ve FY (%1.47) izlemiştir ($P<0.05$).

Çizelge 4.3. Deneme boyunca (60 gün) beş farklı yağ kaynağı içeren yemler ile beslenen kerevit *(Astacus leptodactylus)* abdomen eti ve hepatopankreasının besin madde içerikleri.

	Deneme Grupları					
Besin Maddeleri İçeriği (%)	**Başlangıç**	**BY**	**YFY**	**PTY**	**KTY**	**FY**
KEREVİT ETİNDE						
Protein	14.29±0.6	15.66±0.5^{b}	15.38±0.3^{bc}	14.98±0.2^{c}	15.41±0.3^{bc}	16.66±0.2^{a}
Lipit	0.91±0.1	0.81±0.0^{bc}	0.83±0.0^{ab}	0.85±0.0^{a}	0.76±0.0^{d}	0.79±0.0^{c}
Kuru Madde	15.81±0.6	18.53±0.4^{a}	17.08±0.4^{ab}	16.25±1.5^{b}	17.51±0.6^{ab}	17.36±0.5^{ab}
Ham Kül	1.38±0.1	1.51±0.1^{b}	1.68±0.2^{a}	1.48±0.0^{b}	1.53±0.1^{b}	1.47±0.0^{b}
Et Verimliliği (%)	10.52±0.5	9.77±0.7^{c}	10.10±0.7^{c}	10.62±0.7^{b}	11.05±0.5^{a}	10.16±0.6^{c}
HEPATOPANKREASTA						
Protein	6.22±0.0	10.81±0.6^{a}	10.16±0.9^{ab}	10.60±0.5^{a}	10.33±0.1^{ab}	9.38±0.5^{b}
Lipit	20.06±1.1	13.39±0.4^{b}	13.77 ±0.3^{a}	10.20±0.3^{d}	9.12±0.1^{e}	10.59±0.0^{c}
Kuru Madde	27.50±0.4	22.70±0.1^{a}	19.54±0.1^{d}	20.25±0.2^{c}	21.80±0.4^{b}	20.17±0.4^{c}
Ham Kül	1.21±0.1	1.23±0.0^{c}	1.40±0.0^{a}	1.26±0.1^{bc}	1.40±0.0^{a}	1.32±0.1^{ab}
HSI	6.35±1.2	5.67±0.4^{a}	5.25±0.6^{b}	5.42±0.5^{ab}	5.74±0.3^{a}	5.19±0.5^{b}

Her değer bir ortalama ± standart sapma (n=3) şeklinde verilmiştir. Satırlardaki farklı harfler istatistiksel farklılıkları göstermektedir (P<0.05).

Deneme gruplarına ait HP örneklerinin kuru madde ve ham kül içerikleri istatistikî açıdan birbirinden farklı çıkmıştır (P<0.05). HP kuru madde içeriği BY (%22.70) ve KTY (%21.80) gruplarında en yüksek bulunmuştur. Deneme grupları ham kül içerikleri bakımından incelendiğinde; YFY (%1.40), KTY (%1.40) ve FY (%1.32) gruplarının diğerlerine göre daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3).

Gruplar içerisinde en yüksek et verimliliğine sahip olan grubun %11.05 ile KTY olduğu belirlenirken, bu grubu %10.62 ile PTY grubu izlemiştir (P<0.05). En düşük et verimliliğine sahip kerevitlerin BY grubuna ait oldukları saptanmıştır. Ek olarak, deneme gruplarının HSI hesaplandığında; yine KTY (%5.74) grubunun diğer gruplara göre yüksek değere sahip olduğu görülmüştür (P<0.05). Gruplar arasında en düşük HSI, FY grubunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

4.1.4.2. Protein İçerikleri

Kerevitlerden deneme sonunda alınan abdomen eti örneklerinin protein içeriklerine bakıldığında; en yüksek oranın FY (%16.66) grubunda, en düşük oranın ise PTY (%14.98) grubunda olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Diğer taraftan deneme grupları içerisinde, HP protein içeriği en düşük grubun FY (%9.38) olduğu, diğer gruplarda bu değerin %10.81 ile %10.16 arasında değiştiği belirlenmiştir ($P<0.05$) (Çizelge 4.3).

4.1.4.3. Lipit ve Yağ Asidi İçerikleri

İstatistikî değerlendirmeler sonucunda kerevit abdomen eti lipit miktarları açısından gruplar arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Grupların lipit içerikleri %0.76 ile %0.85 arasında değişiklik göstermiştir. Çizelge 4.3'te de görüldüğü gibi, en yüksek lipit içeriği PTY (%0.85) grubunda bulunmuştur. Deneme gruplarının besleme dönemi sonunda analiz edilen HP lipit içerikleri arasında da farklılıklar belirlenmiştir ($P<0.05$). Grupların HP lipit değerleri karşılaştırıldığında; YFY (%13.76), BY (%13.39) ve PTY (%13.39) gruplarında bu değerin en yüksek, FY (%10.59) ile KTY (%9.12) gruplarında ise düşük olduğu görülmüştür.

Deneme boyunca farklı bitkisel yağ kaynakları içeren test yemleri ile beslenen kerevitlerin abdomen eti yağ asidi kompozisyonundaki değişimler Çizelge 4.4'de özetlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda kerevit etindeki SFA birikiminin BY (%23.25) grubunda en yüksek, KTY (%21.30) grubunda ise en düşük olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). SFA grubunu oluşturan önemli yağ asitleri incelendiğinde; miristik asit (14:0) miktarının BY (%0.57) grubunda en yüksek olduğu saptanırken, diğer grupların bu yağ asidini belirgin bir şekilde daha düşük miktarlarda içerdikleri kaydedilmiştir ($P<0.05$). Diğer önemli SFA yağ asitlerinden palmitik asidin (16:0) abdomendeki seviyelerine bakıldığında; en yüksek birikimin sırasıyla BY (%14.78), PTY (%14.62) ve YFY (%14.50) gruplarında olduğu saptanırken, FY (%13.43) ile KTY (%13.19) gruplarında ise düşük olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Kerevit abdomen eti stearik asit (18:0) miktarının gruplar içerisinde %6.65 ile %7.53 arasında değiştiği ve en yüksek miktarın YFY grubunda (%7.53) olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$).

MUFA oranları değerlendirildiğinde; bu yağ asidi grubunun KTY (%35.51) ve FY (%35.02) gruplarında yüksek miktarda birikim yaptığı saptanmıştır ($P<0.05$). MUFA'lar

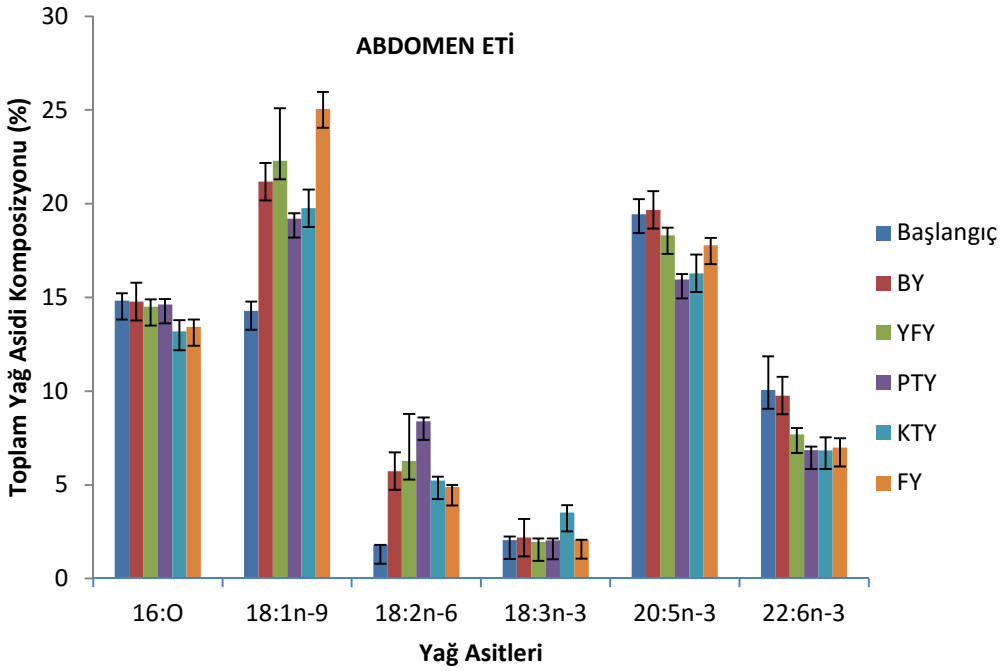
içerisinde miktar olarak en fazla bulunan 18:1n-9'un özellikle FY grubunda yüksek oranda (%25.06) bulunduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Bu yağ asidinin YFY, KTY, BY ve PTY gruplarındaki miktarlarının sırasıyla %22.30, %19.76, %19.57 ile %19.20 olduğu bulunmuştur. Grupların abdomen etindeki toplam n-6 PUFA miktarının PTY (%10.17) ile beslenmiş kerevitlerde en yüksek ve FY grubunda ise en düşük (%6.42) olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Bu yağ asidi grubundaki önemli yağ asitlerinden olan LA'nın (18:2n-6) miktarı da, diğer gruplarla kıyaslandığında, PTY grubu bireylerinde daha yüksek miktarda bulunmuştur (P<0.05, Şekil 4.2).

Toplam n-3 PUFA'lar beklenildiği gibi tamamen balık yağı ile hazırlanmış yemle beslenen BY-grubundaki kerevitlerin abdomen etinde en yüksek seviyede çıkmıştır (P<0.05, Çizelge 4.4). EPA açısından en zengin grup beklendiği gibi BY grubunda belirlenmiş ancak bitkisel yağlarla beslenen diğer gruplarda da EPA seviyeleri kontrol grubuna yaklaşmıştır. Çizelge 4.4'te de görüldüğü üzere, en yüksek EPA bu gruplardan YFY ve FY'de (%18.32 ile %17.78, P>0.05), en düşük seviye ise PTY ve KTY gruplarında (%15.95 ile %16.29, P>0.05) ölçülmüştür. Diğer taraftan abdomen eti örneklerindeki 22:5n-3 yağ asidi %0.46 ile %0.48 arasında değişim göstermiştir ve deneme grupları arasında fark tespit edilememiştir (P>0.05). Önemli yağ asitlerinden bir diğeri olan DHA miktarının BY (%9.76) yemi ile beslenen kerevitlerin etlerinde daha yüksek birikim yaptığı görülmüştür (P<0.05). Diğer grupların DHA miktarları, sırasıyla, %7.70 ile YFY, %6.99 ile FY, %6.85 ile PTY ve %6.84 ile KTY olduğu belirlenmiştir (P<0.05, Şekil 4.2). Toplam PUFA açısından BY grubunun en zengin (%46.36, P<0.05) olduğu ve bu grubu da YFY ve PTY gruplarının izlediği (%44.56 ile %43.34), en düşük seviyelerin ise KTY ve FY gruplarında bulunduğu (%40.08 ile %42.40) görülmüştür. Gruplarda n3/n6 oranları %6.99 ile BY grubunda en yüksek ve %3.26 ile PTY grubunda en düşük çıkmıştır (Çizelge 4.4). Bitkisel yağlar içerisinde en yüksek n3/n6 oranı %5.61 ile FY grubunda hesaplanmıştır. Bu grubu sırasıyla KTY, YFY ve son olarak PTY grubu izlemiştir.

Çizelge 4.4. Deneme süresince beş farklı lipit kaynağı ile beslenen kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) abdomen eti yağ asidi kompozisyonu.

	Deneme Grupları					
Yağ Asitleri (%)	**Başlangıç**	**BY**	**YFY**	**PTY**	**KTY**	**FY**
14:0	0.33±0.0	0.57±0.4^{a}	0.22±0.0^{b}	0.27±0.0^{b}	0.23±0.0^{b}	0.24±0.0^{b}
16:0	14.83±0.4	14.78±0.4^{a}	14.50±0.2^{a}	14.62±0.3^{a}	13.19±0.6^{b}	13.43±0.4^{b}
18:0	7.72±0.4	7.15±0.8^{ab}	7.53±0.1^{a}	6.65±0.1^{b}	6.94±0.4^{ab}	6.78±0.1^{ab}
SFA	24.19±0.6	23.25±0.7^{a}	23.04±0.3^{a}	22.26±0.4^{ab}	21.30±1.4^{b}	21.47±0.9^{b}
16:1n-7	4.08±0.3	2.51±0.6^{a}	1.61±0.0^{b}	2.09±0.1^{ab}	1.43±0.7^{b}	1.86±0.1^{ab}
18:1n-7	4.41±0.1	4.00±0.1^{a}	3.81±0.2^{a}	3.56±0.1^{a}	3.43±0.5^{a}	3.51±0.5^{a}
18:1n-9	14.28±0.5	19.57±0.1^{c}	22.30±0.4^{b}	19.20±0.3^{c}	19.76±1.0^{c}	25.06±0.9^{a}
MUFA	27.30±0.6	28.34±0.4^{c}	31.27±0.8^{b}	34.18±0.4^{a}	35.51±3.2^{a}	35.02±0.9^{a}
18:2n-6	1.80±0.0	4.26±0.0^{e}	6.28±0.1^{b}	8.47±0.2^{a}	5.24±0.2^{c}	4.90±0.1^{d}
18:3n-6	0.05±0.04	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
20:4n-6	0.24±0.0	0.20±0.1^{ab}	0.14±0.0^{ab}	0.24±0.0^{a}	0.14±0.0^{ab}	0.14±0.0^{c}
n-6 PUFA	3.13±0.1	5.80±0.0^{d}	7.75±0.1^{b}	10.17±0.2^{a}	6.73±0.3^{c}	6.42±0.1^{c}
18:3n-3	2.05±0.2	2.19±0.2^{b}	1.95±0.1^{b}	2.04±0.1^{b}	3.52±0.4^{a}	2.07±0.0^{b}
20:3n-3	9.47±0.3	8.56±0.2^{ab}	8.36±0.4^{ab}	7.85±0.1^{b}	7.93±0.7^{ab}	8.68±0.3^{a}
20:5n-3	19.44±0.8	19.67±0.3^{a}	18.32±0.2^{b}	15.95±0.3^{c}	16.29±1.0^{c}	17.78±0.4^{b}
22:5n-3	0.96±0.0	0.46±0.0^{a}	0.48±0.0^{a}	0.47±0.0^{a}	0.46±0.0^{a}	0.47±0.0^{a}
22:6n-3	10.06±1.8	9.76±0.3^{a}	7.70±0.2^{b}	6.85±0.2^{c}	6.84±0.7^{c}	6.99±0.5^{bc}
n-3 PUFA	41.98±1.5	40.56±0.4^{a}	36.82±0.8^{b}	33.17±0.5^{d}	33.35±1.4^{d}	35.98±0.4^{c}
PUFA	45.41±1.4	46.36±0.4^{a}	44.56±1.0^{b}	43.34±0.7^{bc}	40.08±1.7^{d}	42.40±0.5^{c}
n3/n6	13.45±0.1	6.99±0.0^{a}	4.75±0.1^{d}	3.26±0.0^{e}	4.96±0.0^{c}	5.61±0.0^{b}

Her değer bir ortalama ± standart sapma (n=3) şeklinde verilmiştir. Satırlardaki farklı harfler gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$).



Şekil 4.2. Farklı yağ kaynaklarıyla beslenen ve 60 gün süren deneme sonunda kerevitlerin abdomen etinde belirlenen yağ asidi miktarları (%).

Deneme gruplarının abdomen etindeki yağ asidi miktarları ile yemlerde olan miktarı arasındaki farkı (Δ-değeri) gösteren değerler Çizelge 4.5'te verilmiştir. BY (-2.5) grubu hariç, SFA ve DHA miktarları diğer grupların abdomen etinde birikim yaptığı tespit edilmiştir. Bu yağ asitleri abdomen etinde seçici bir şekilde depolanmıştır. Gruplar n-3 PUFA açısından incelendiğinde BY (9.2), YFY (33.7), PTY (30.0) ve FY (31.8) gruplarında Δ-değeri pozitif (yüksek) bulunmuştur. Ancak, KTY (-10.6) yemleri ile beslenen bireylerde Δ-değeri negatif olarak hesaplanmıştır. OA'nın en düşük Δ-değerleri YFY (-19.1) grubu ve FY (-41.2) grubunda kaydedilmiştir. BY grubu bireylerine göre, FY (17.0) ve YFY (17.4) grubu bireyleri EPA'yı abdomen etinde daha etkin şekilde biriktirdikleri anlaşılmıştır. Deneme gruplarının tamamında, özellikle de PTY grubunda (-47.2), LA miktarlarının Δ-değeri negatif bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Deneme yemleriyle 60 gün süreyle beslenen kerevit (*Astacus leptodactylus*) bireylerinin abdomen etindeki ve yemlerdeki yağ asidi miktarının farklılıklarını içeren Δ-değeri

	Deneme Grupları				
Yağ Asitleri	**ΔBY**	**ΔYFY**	**ΔPTY**	**ΔKTY**	**ΔFY**
14:0	-6.49	-1.01	-1.47	-1.07	-0.89
16:0	1.13	2.95	4.59	4.60	6.22
18:0	4.66	4.24	4.58	2.07	4.40
SFA	-2.46	5.09	8.65	6.30	10.43
16:1n-7	-3.33	1.13	1.57	0.96	1.28
18:1n-7	0.08	1.79	1.55	1.53	0.91
18:1n-9	1.66	-19.10	-2.04	-2.90	-41.16
MUFA	-2.75	-13.48	9.41	9.83	-34.81
18:2n-6	-2.82	-23.82	-47.18	-8.76	-8.99
18:3n-6	-0.14	0.00	0.00	0.00	-0.02
20:4n-6	-0.30	0.06	0.19	0.09	0.08
n-6 PUFA	-2.26	-24.39	-45.67	-7.37	-7.55
18:3n-3	2.01	0.68	1.72	-36.92	1.77
20:3n-3	6.74	8.16	7.69	7.72	8.61
20:5n-3	9.22	17.38	14.97	15.27	16.92
22:5n-3	-0.55	0.43	-0.36	-0.37	-0.21
22:6n-3	-7.32	6.78	6.15	4.11	4.21
n-3 PUFA	9.21	33.67	29.96	-10.55	31.76
PUFA	5.37	9.25	-16.09	-17.92	24.21
n3/n6	3.10	4.65	3.20	1.84	5.31

Negatif Δ-değeri abdomen etindeki düşük miktarları; pozitif Δ-değeri abdomen etindeki birikimi göstermektedir.

Deneme sonunda kerevitlerden alınan HP örneklerinde analiz edilen yağ asidi seviyeleri Çizelge 4.6'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, toplam SFA seviyesi gruplar arasında en yüksek PTY (%20.12) grubunda saptanırken, FY (%11.45) grubunda ise en düşük seviyede belirlenmiştir ($P<0.05$). SFA grubu yağ asitlerinden 14:0'ün miktarı deneme grupları arasında farklılık göstermiştir ($P<0.05$). Buna göre BY grubunun 14:0 miktarı (%2.20) diğer gruplardan yüksek çıkmıştır. PTY ve KTY gruplarının 14:0 miktarı %0.52, YFY grubunun

%0.49 ve FY grubunun ise %0.43 olarak hesaplanmıştır. Diğer bir doymuş yağ asidi olan 18:0 açısından en yüksek seviyenin KTY (%3.56) grubunda olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Bu yağ asidinin seviyesinin diğer gruplarda %2.10 ile %3.03 arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4.6).

MUFA'larca zengin olan fındık yağı tüketen FY grubunda, bu yağ asitleri grubunun en yüksek seviyede (%64.53) biriktirildiği belirlenmiştir (P<0.05). Diğer deneme grupları olan YFY, BY, KTY ve PTY'nin toplam MUFA içerikleri sırasıyla %48.52, %42.79, %36.27 ve %35.17 olarak hesaplanmıştır. HP örneklerinde tespit edilen MUFA'lardan 18:1n-9'un FY grubunda en yüksek miktarlarda görüldüğü (%56.94), bu grubu YFY (%40.88), KTY (%30.24), BY (%28.74) ve PTY (%27.26) gruplarının takip ettiği kaydedilmiştir. Toplam n-6 yağ asitleri açısından PTY ile beslenen kerevit grubunun bu yağ asitlerini en yüksek miktarda (%34.91) içerdiği görülmektedir (Çizelge 4.6, Şekil 4.3). Bu grubu %24.78 ile YFY grubu ve %17.01 ile KTY grubu izlerken, en düşük seviyelerin BY (%14.34) ve FY (%15.21) gruplarında bulunduğu saptanmıştır (P<0.05). n-6 PUFA'lar açısından değerlendirildiğinde; deneme gruplarının toplam n-6 yağ asitleri seviyeleri gruplar arasında büyük farklılıklar göstermiş (%14.34 ile %34.91 arasında) (Çizelge 4.5, P<0.05), özellikle en yüksek LA'i içeren grubun PTY (%33.64), en düşük ise BY (%12.49) grubunda olduğu saptanmıştır (P<0.05). HP örneklerinde analiz edilen diğer bir önemli yağ asidi olan 20:4n-6'nın en yüksek olduğu grubun BY (%0.63) olduğu, bu grubu YFY (%0.35), KTY (%0.33), PTY (%0.31) ve FY (%0.26) gruplarının izlediği görülmüştür (P<0.05). Toplam n-3 PUFA değerlerinde de gruplar arasında istatistikî açıdan farklılıklar görülmüştür (P<0.05). Bu yağ asidi grubunun en yüksek seviyesi BY grubunda (%23.35), en düşük ise FY (%8.51) grubunda olduğu kaydedilmiştir. LNA seviyeleri gruplar arasında %1.72 ile %22.09 arasında değişim göstermiştir (P<0.05). Ayrıca, EPA oranının gruplar arasında %2.15 ile %7.00 arasında değiştiği (P<0.05) ve en yüksek değerin %7 ile BY grubunda, en düşük değerin ise %2.15 ile FY grubunda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Diğer bir önemli n-3 PUFA olan DHA oranı gruplar arasında %1.93 ile %9.69 arasında değişmiş ve dokudaki en yüksek birikim beklenildiği gibi %9.69 ile BY grubunda görülmüştür (P<0.05). Bu yağ asidinin en düşük olduğu grubun %1.93 ile FY grubu olduğu kaydedilmiştir (P<0.05).

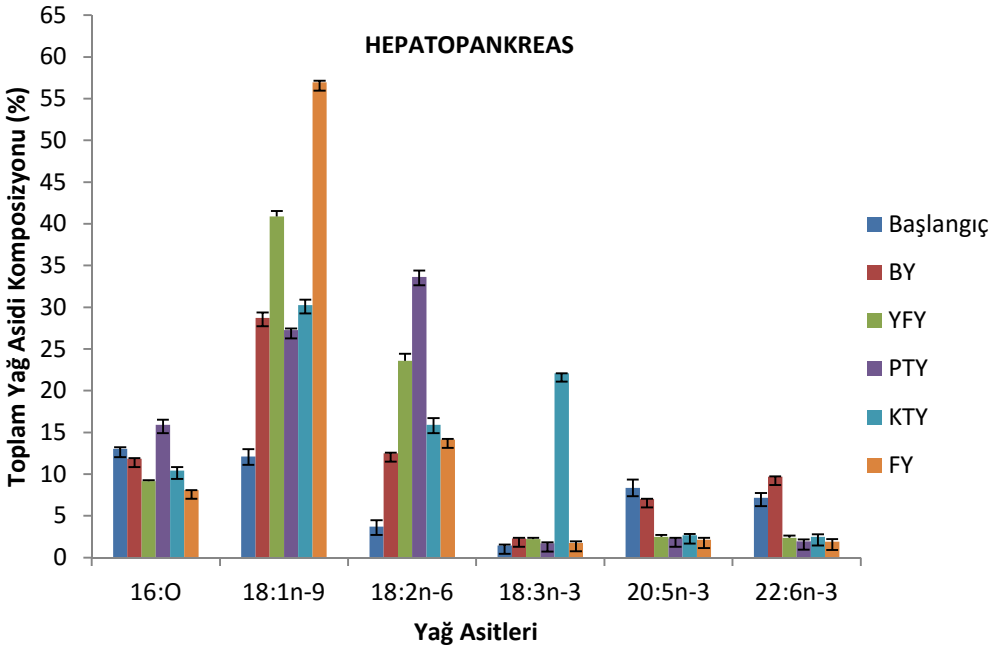
HP'de belirlenen toplam PUFA açısından KTY grubunun en zengin (%45.93, P<0.05) olduğu ve bu grubu da sırasıyla PTY (%43.70), BY (%37.81), YFY (%35.82) ve FY (%23.73)

gruplarının izlediği görülmüştür (Çizelge 4.6). Gruplarda n3/n6 oranları %1.71 ile KTY grubunda en yüksek ve %0.25 ile PTY grubunda en düşük çıkmıştır (Çizelge 4.6). Bitkisel yağlar içerisinde diğer n3/n6 oranları %1.63 ile %0.60 olarak BY ve FY gruplarında hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6. Deneme süresince beş farklı lipit kaynağı ile beslenen kerevitlerin*(Astacus leptodactylus)* hepatopankreaslarının yağ asidi komposizyonu.

	Deneme Grupları					
Yağ Asitleri (%)	**Başlangıç**	**BY**	**YFY**	**PTY**	**KTY**	**FY**
14:0	1.68±0.0	2.20±0.1^{a}	0.49±0.1^{b}	0.52±0.1^{b}	0.52±0.1^{b}	0.43±0.1^{b}
16:0	13.04±0.2	11.84±0.1^{b}	9.15±0.1^{d}	15.90±0.6^{a}	10.42±0.4^{c}	8.07±0.0^{e}
18:0	3.28±0.4	2.10±0.0^{b}	2.65±0.7^{ab}	3.03±0.1^{ab}	3.56±0.7^{a}	2.30±0.7^{b}
SFA	22.11±0.1	17.05±0.2^{b}	13.13±0.9^{d}	20.12±0.7^{a}	14.88±1.2^{c}	11.45±0.6^{e}
16:1n-7	12.61±1.2	6.34±0.0^{a}	2.83±0.3^{bc}	3.17±0.2^{b}	2.60±0.5^{c}	2.67±0.0^{c}
18:1n-7	5.94±0.2	4.93±0.1^{a}	3.68±0.3^{bc}	3.48±0.2^{c}	3.43±0.2^{c}	3.93±0.1^{b}
18:1n-9	12.10±0.9	28.74±0.6^{b}	40.88±0.7^{ab}	27.26±0.2^{ab}	30.24±0.7^{a}	56.94±0.2^{b}
MUFA	36.65±1.4	42.79±0.5^{c}	48.52±1.3^{b}	35.17±0.^{7de}	36.27±0.0^{d}	64.53±0.4^{a}
18:2n-6	3.71±0.8	12.49±0.1^{e}	23.59±0.8^{b}	33.64±0.7^{a}	15.93±0.8^{c}	14.16±0.5^{d}
18:3n-6	0.42±0.1	0.22±0.0^{a}	0.05±0.0^{b}	0.04±0.0^{b}	0.04±0.0^{b}	0.05±0.0^{b}
20:4n-6	1.86±0.3	0.63±0.0^{a}	0.35±0.1^{b}	0.31±0.0^{b}	0.33±0.1^{b}	0.26±0.0^{b}
n-6 PUFA	6.95±1.1	14.34±0.1^{d}	24.78±1.0^{b}	34.91±0.7^{a}	17.01±0.9^{c}	15.21±0.2^{d}
18:3n-3	1.44±0.1	2.31±0.1^{b}	2.23±0.2^{b}	1.72±0.1^{b}	22.09±0.0^{a}	1.75±0.2^{b}
20:3n-3	5.12±0.2	3.45±0.1^{a}	2.52±0.2^{b}	2.50±0.1^{b}	2.21±0.1^{b}	2.41±0.5^{b}
20:5n-3	8.37±1.0	7.00±0.1^{a}	2.48±0.2^{bc}	2.31±0.1^{cd}	2.68±0.2^{b}	2.15±0.2^{d}
22:5n-3	2.50±0.2	0.90±0.0^{a}	0.33±0.1^{b}	0.30±0.1^{b}	0.34±0.1^{b}	0.26±0.0^{b}
22:6n-3	7.15±0.6	9.69±0.0^{a}	2.39±0.3^{bc}	1.95±0.2^{c}	2.47±0.3^{b}	1.93±0.3^{c}
n-3 PUFA	25.79±0.0	23.35±0.2^{b}	9.95±0.9^{c}	8.77±0.6^{c}	29.67±0.1^{a}	8.51±0.8^{c}
PUFA	33.52±0.1	37.81±0.3^{c}	35.82±0.2^{d}	43.70±0.1^{b}	45.93±0.5^{a}	23.73±0.7^{e}
n3/n6	3.57±0.3	1.63±0.0^{a}	0.40±0.0^{c}	0.25±0.0^{c}	1.71±0.0^{a}	0.60±0.1^{b}

Sonuçlar ortalama ± standart sapma (n=3) şeklinde verilmiştir. Satırlarda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında istatistiksel farklılık bulunmaktadır (P<0.05).



Şekil 4.3. Farklı yağ kaynaklarıyla beslenen ve 60 gün süren deneme sonunda kerevitlerin hepatopankreaslarında belirlenen yağ asidi oranları (%)

4.1.5 Kabuk Değişimi

Deneme süresince günlük olarak kaydedilen kabuk değişim sayıları Çizelge 4.7'de gösterilmiştir. Buna göre en fazla kabuk değiştiren grubun YFY (41 kez), en düşük kabuk değişimi gözlenen grubun ise FY (33 kez) olduğu saptanmıştır. Ortalama kabuk değiştirme sayısı açısından gruplar arasında istatistikî açıdan önemli bir fark görülmemiştir ($P > 0.05$).

Çizelge 4.7. Deneme süresince farklı lipit kaynakları ile beslenen kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) kabuk değiştirme sıklığı ve sayıları.

Gruplar	Ortalama Kabuk Değiştirme Sayısı (adet)	Kabuk Değiştirme Sayısı (adet)	Bireysel Kabuk Değiştirme Sayısı (adet)	Kabuk Değiştirme Sıklığı (gün)
BY	9.67±3.2	29	1.04	57.69
YFY	13.67±1.5	41	1.37	43.80
PTY	13.33±1.2	40	1.33	45.11
KTY	13.00±1.7	39	1.30	46.15
FY	11.00±4.6	33	1.10	54.54

4.1.6. Sindirebilirlik

Çizelge 4.8'de görüldüğü üzere deneme boyunca kerevitlerden toplanan dışkı numunelerinde yapılan sindirebilirlik analizleri sonucu; protein ve kuru madde sindirebilirliği bakımından gruplar arasında istatistiksel farklılık olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Deneme grupları arasında protein sindirebilirliği %97.1 ile %98.4 arasında değişmiş, en yüksek protein sindirebilirliğinin BY (%98.4) grubunda, en düşük oranın ise PTY (%97.1) grubunda olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). Diğer taraftan, grupların kuru madde sindirebilirlik oranına baktığımızda, KTY (%72.9) ile BY (%72.7) gruplarının en yüksek, FY (%61.8) grubunun ise en düşük seviyede olduğu belirlenmiştir.

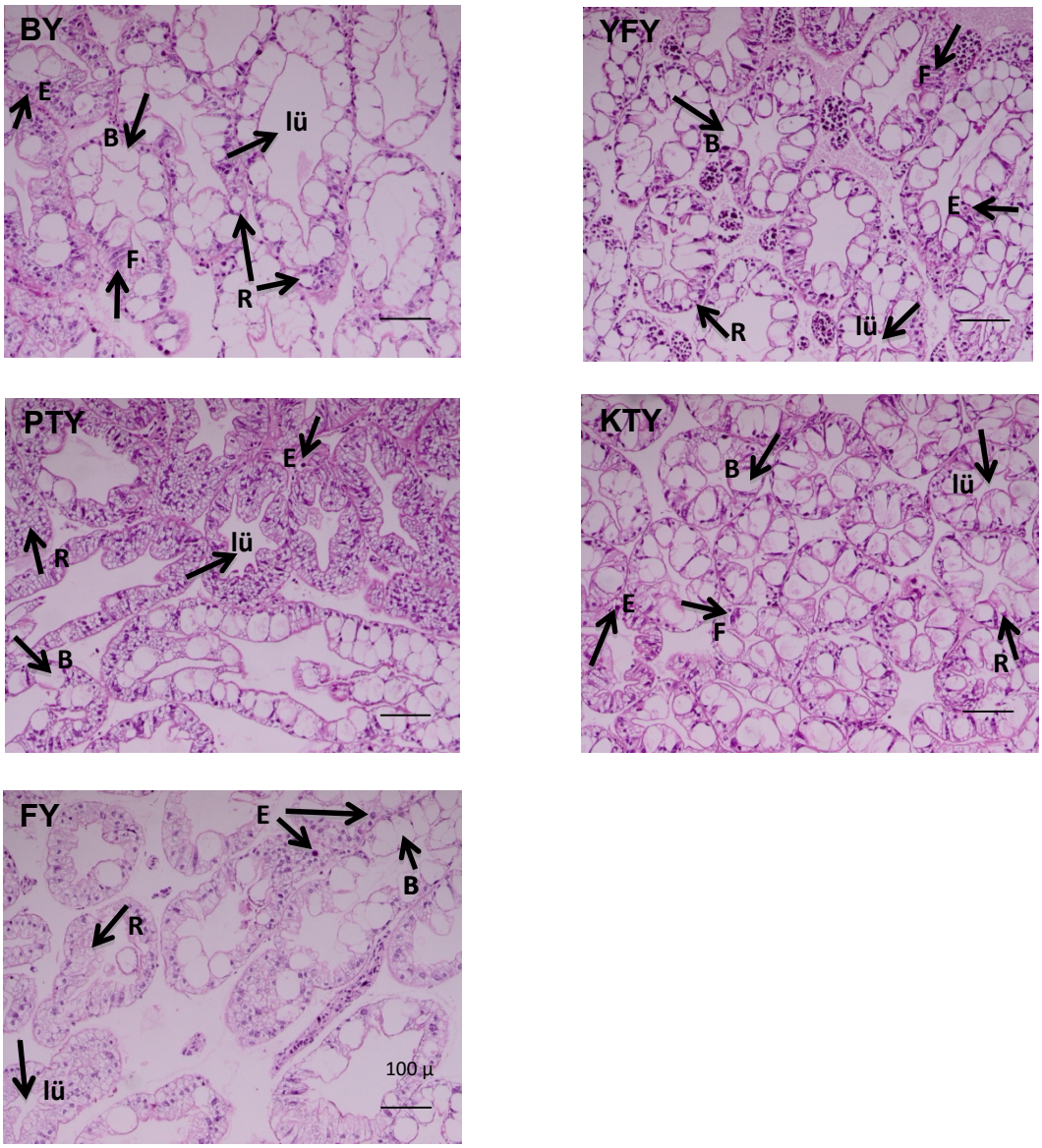
Çizelge 4.8. Farklı lipit kaynakları ile beslenen kerevitlerde *(Astacus leptodactylus)* protein ve kuru madde sindirebilirliği (%).

	Deneme Yemleri				
	BY	**YFY**	**PTY**	**KTY**	**FY**
Sindirebilirlik (%)					
Protein	98.4±0.6^{a}	97.8±0.3^{ab}	97.1±0.5^{b}	97.9±0.6^{ab}	97.8±0.2^{ab}
Kuru Madde	72.7±0.8^{a}	64.8±2.2^{b}	65.1±2.2^{b}	72.9±2.5^{a}	61.8±2.8^{b}

Sonuçlar ortalama±standart sapma (n=3) şeklinde verilmiştir. Gruplar arasındaki istatistiksel fark $P<0.05$ önem düzeyinde karşılaştırılmıştır. Satırlardaki farklı harfler istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($P<0.05$).

4.1.7. Histolojik İncelemeler

Deneme sonunda alınan HP örnekleri histolojik olarak incelendiğinde; *A. leptodactylus* türünün HP yapısının diğer dekapod krustaselerinki ile benzediği (Şekil 4.4), her hepatopankreatik tübülün dört farklı hücre tipinden oluşan basit bir epitel hücre ile kaplandığı anlaşılmıştır.



Şekil 4.4 BY, YFY, PTY, KTY ve FY içeren yemlerle beslenen kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) hepatopankreasının histolojik kesitleri. lü: lümen, E: Embroyonik hücreleri, F: Fibriller hücreleri, R: Emilme hücrelerini, B: Blister hücrelerini göstermektedir.

Sağlıklı bireylerde ve normal yetiştirme koşullarında HP'nin yapısında yer alan hücrelerin özellikleri incelendiğinde aşağıdaki gibi olması beklenir:

E-hücreleri kübiktir ve bazofilik sitoplazmaların çoğunu işgal eden belirgin bir çekirdeğe sahiptir. Ayrıca, E-hücreleri hepatopankreatik tübüllerin distal kısmında yerleşmişlerdir. F-hücreleri tübüllerin proksimal ve medial bölümlerinde bulunurlar. Bu tip hücreler, silindirik yapısıyla bazofilik sitoplazma ve merkezi bir çekirdekten oluşur. B-hücreleri, esasen çekirdeği yerinde çıkan büyük bir vakuole sahiptir ve en büyük hücre tipidir. B-hücreleri daha çok tübüllerin medial ve distal kısımlarında daha çok bulunmaktadır. R-hücreleri HP' de en çok sayıda olan hücre tipidir. Silindir şeklindedir, çok sayıda küçük vakuoller içermektedir. Çekirdekleri merkezi olarak konumlanmıştır. Tübüllerin medial ve proksimal kısımlarında çok sayıda bulunmaktadır.

Bu açıdan ele alındığında; BY, YFY, PTY ve KTY içeren yemlerle beslenen gruplarda HP'lerde histolojik değişimlerin benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır. Ancak, FY içeren yemlerle beslenen kerevitlerin tübüllerinde yapısal karışıklıklar olduğu, ayrıca, tübüler lümende epitelin incelmesi sonucu bir büyümenin gerçekleştiği saptanmıştır. Bundan dolayı da bu grupta hücre tanımlamalarında zorluklar çekilmiştir (Şekil 4.4).

4.2. *II. DENEME*

Kerevitlerde Termal Tolerans Değerlerinin Belirlenmesi ve Farklı Bitkisel Yağlar İle Beslemenin Bu Parametre Üzerine Etkileri

4.2.1. Çevresel Parametreler

Kerevitler üç farklı sıcaklık koşullarına 35 gün süre ile alıştırılmış ve su sıcaklık değerleri bu süreçte ortalama 15.0±1.0°C, 20.1±1.0°C, ve 24.9±1.0°C'de tutulmuştur. Alıştırma tanklarındaki suyun pH'sı 6.60 ile 7.40 arasında değişmiştir. Araştırma boyunca ölçülen su parametrelerinde önemli değişiklikler olmamıştır.

4.2.2. Termal Tolerans

Alıştırma periyodu sonunda belirlenen CTMin ve CTMax değerleri Çizelge 4.9'da özetlenmiştir. Kerevitlerin tolere edebildikleri en düşük sıcaklık değerlerinin (CTMin), 1.30 ile 2.00°C arasında değiştiği belirlenmiştir ($P<0.05$, Çizelge 4.9). Gruplar arasında, en düşük CTMin değerlerini tolere edebilen bireylerin 15-20 °C'de tutulan kerevitler olduğu tespit edilmiştir. Kerevitlerin CTMax değerleri incelendiğinde, üç farklı alıştırma sıcaklığının bu parametre üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı anlaşılmıştır ($P>0.05$). Tolere edilebilen en yüksek sıcaklık değerlerinin (CTMax) gruplarda 37.4 ile 38.7°C arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Üç farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) koşullarına alıştırılan kerevitlerde (*Astacus leptodactylus*) belirlenen CTMin ve CTMax değerleri.

	Alıştırma Sıcaklıkları		
	15 ºC	**20 ºC**	**25 ºC**
CTMin	1.3 ± 0.8^{ab}	1.1 ± 0.7^{b}	2.0 ± 0.8^{a}
CTMax	37.4±1.4	37.5±0.9	38.7±1.6

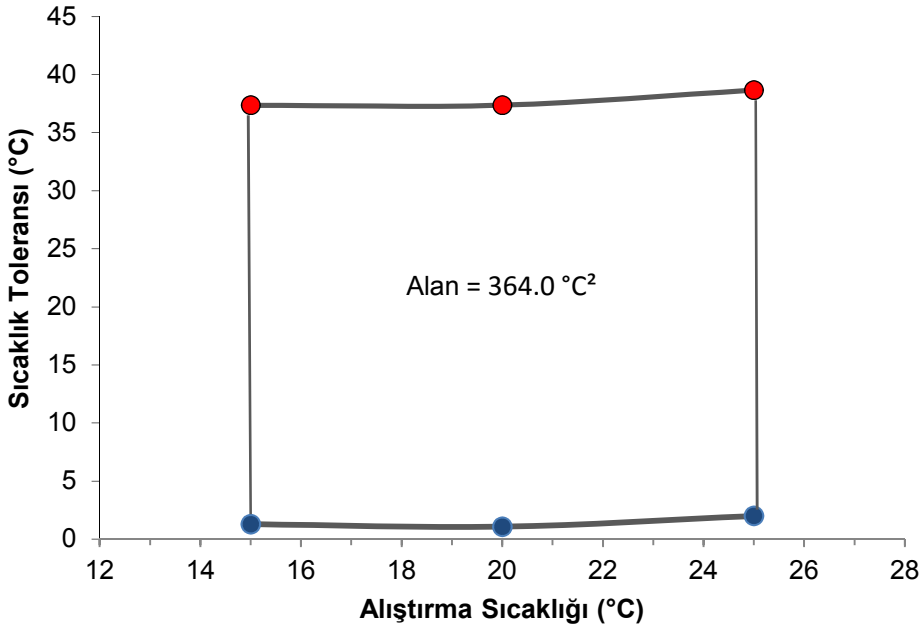
Sonuçlar ortalama ± standart sapma (n=9) şeklinde verilmiştir. Farklı harflerle işaretlenen gruplar istatistiki olarak birbirinden farklıdır. İstatistiksel fark bulunmayan gruplarda harflendirme yapılmamıştır.

Kerevitlerin alıştırma tepki oranı değerleri (ARR) 15-20°C'ler arasında 0.16-0.17, 20-25°C'ler arasında 0.13 ve 15-25°C'ler arasında ise 0.17 ile 0.23 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Üç farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) koşullarına alıştırılan kerevitlerde (*Astacus leptodactylus*) ARR değerleri.

		Alıştırma Sıcaklıkları		
		15-20 °C	**20-25°C**	**15-25°C**
ΔCTmin	**CTMin**	2.5	2.0	2.5
ΔT		15	15	15
ARR		0.17	0.13	0.17
ΔCTmax	**CTMax**	4.0	2.5	3.5
ΔT		24.5	19	15.5
ARR		0.16	0.13	0.23

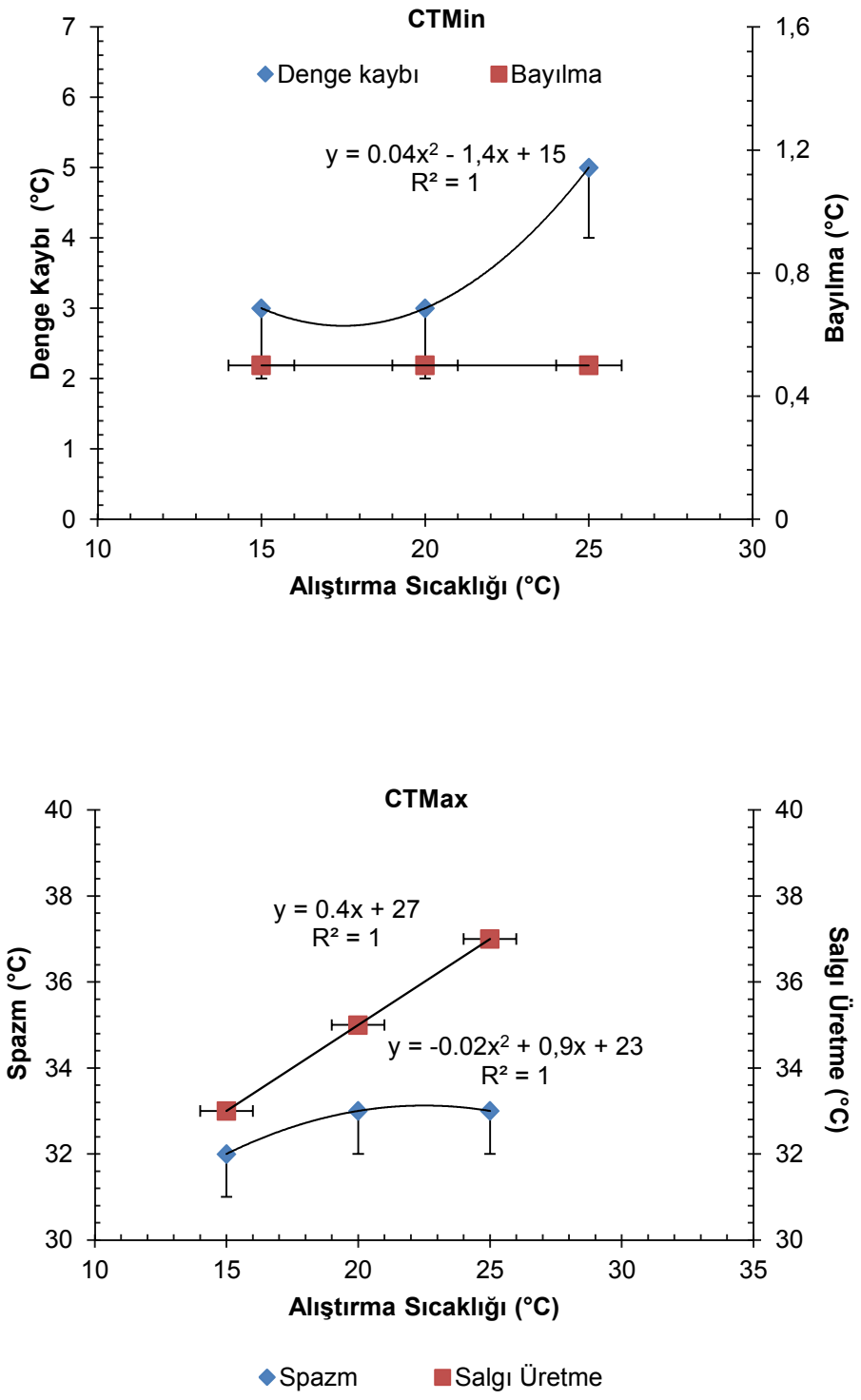
Üç farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) koşullarına alıştırılan kerevitler için hesaplanan termal tolerans poligonu Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Buna göre; hesaplanan termal poligon alan değeri 364.0 $°C^2$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Üç farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) koşullarına alıştırılan kerevitler (*Astacus leptodactylus*) için hesaplanan termal tolerans poligon alanı.

4.2.3. CTMin ve CTMax Uygulamalarının Kerevit Davranışlarına Etkisi

Üç farklı sıcaklık koşullarına alıştırılan kerevitlerde, CTMin uygulaması sırasında 15°C ve 20°C gruplarında 3°C'de, 25°C'ye alıştırılan grupta ise 5°C su sıcaklığında hareketlerde yavaşlama ve denge kaybı gibi davranışlar gözlenmiştir. Su sıcaklığı 0.5°C'ye düştüğünde ise tüm gruplardaki kerevitlerin hareket koordinasyonunu kaybettiği tespit edilmiştir. Diğer taraftan CTMax denemesinde ise kerevitler farklı davranışlar göstermişlerdir. 15°C su sıcaklığına alıştırılan kerevitlerin 32°C'de, 20 ve 25°C sıcaklığa alıştırılan bireylerin ise 33°C'de spazm geçirdiği saptanmıştır. Su sıcaklığı arttırılmaya devam edildiğinde, 15°C grubunda 33°C'de, 20°C grubunda 35°C'de ve 25°C grubunda ise 37°C'de mukusa benzer bir salgı salındığı belirlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Üç farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) koşullarına alıştırılan kerevitlerin *(Astacus leptodactylus)* CTMin ve CTMax uygulamalarına gösterdiği davranışlar

4.3. Farklı Bitkisel Yağlar İle Beslemenin Kerevitlerde CTM Değerleri Üzerine Etkisi

I. Denemede farklı bitkisel yağ kaynakları içeren yemlerle 60 gün süreyle beslenen kerevitlerin CTM testleri neticesinde elde edilen CTMin ve CTMax değerleri Çizelge 4.11'de özetlenmiştir. Termal değerlendirme yapılana kadar sürdürülen yetiştiricilik çalışmasında tanklardaki ortalama su sıcaklığı 21.8±1.1°C'de, diğer su parametrelerinden toplam amonyak 1-2 mg/L, nitrit 0 mg/L ve nitrat değeri 10 mg/L, oksijen miktarı ise 7 mg/L civarında ölçülmüştür.

Kerevitlerin tolere edebildikleri en düşük sıcaklık değerlerinin (CTMin), 0.5 ile 1.5°C arasında değiştiği ve gruplar arasında istatistiksel bir farklılık olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). BY (1.5°C), PTY (1.5°C) ve YFY (1.4°C) içeren yemlerle beslenen kerevitlerin düşük sıcaklıklara benzer tolerans gösterdikleri görülürken, KTY (0.5°C) ile FY (0.8°C) grubundaki kerevitlerin daha düşük sıcaklıklara tolerans gösterebildikleri belirlenmiştir.

Kerevitlerin CTMax değerleri karşılaştırıldığında da gruplar arasında istatistiksel farklılıklar tespit edilmiştir ($P<0.05$). Tolere edilen en yüksek sıcaklık değerlerinin (CTMax) 38.1 ile 40.1°C arasında değişiklik gösterdiği, en yüksek CTMax değerlerinin FY (40.1°C) ile YFY (39.9°C) gruplarında görüldüğü belirlenmiştir. Gruplar arasında en düşük CTMax değeri 38.1°C ile PTY grubunda saptanmıştır.

Çizelge 4.11. Farklı bitkisel yağ kaynakları içeren yemlerle beslenen kerevitlerin *(Astacus leptodactylus)* CTMin ve CTMax değerleri.

	Deneme Grupları				
	BY	**YFY**	**PTY**	**KTY**	**FY**
CTMin	1.5 ± 0.4^{a}	1.4 ± 0.9^{a}	1.5 ± 0.9^{a}	0.5 ± 0.6^{b}	0.8 ± 0.3^{b}
CTMax	38.5 ± 3.1^{ab}	39.9 ± 1.3^{a}	38.1 ± 1.3^{b}	39.6 ± 1.6^{ab}	40.1 ± 1.3^{a}

Sonuçlar ortalama ± standart sapma (n=9) şeklinde verilmiştir. Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiki olarak birbirlerinden farklıdır.

5. TARTIŞMA

5.1. *I. DENEME*

Farklı Bitkisel Yağların Kerevitlerde Büyüme Performansı, Yağ Asitleri ve Hepatopankreas Dokularına Etkileri

Son yıllarda su ürünleri yem sektörü hem yem maliyetlerini azaltmak hem de balık unu ve balık yağı kullanımından kaynaklı aşırı avcılık baskısı ve yemlerin çevresel kirliliğe neden olması gibi problemleri azaltacak faaliyetlerde bulunmaktadır. Su ürünleri yemlerinde daha kolay elde edilebilen ve daha ekonomik olan bitkisel yağların balık yağı yerine kullanılmasına yönelik çalışmalar son yıllarda üzerinde en çok durulan besleme konularından birisi olmuştur. Bu bağlamda yapılan çalışmalar ile canlının türüne (balık veya krustase), yaşama ortamına (tatlı su veya tuzlu su) ve kullanılan bitkisel yağın yağ asidi içeriğine göre farklı sonuçlar elde edilmiştir. Balık yağına olan bağımlılığı azaltırken canlının gereksinim duyduğu esansiyel yağ asitlerini karşılayabilecek bitkisel yağların hammadde kombinasyonlarının yemlerde kullanımı en mantıklı yaklaşım olarak görülmektedir.

Günümüze kadar, Türk kerevitinin (*Astacus leptodactylus)* beslenmesinde kullanılan yemlerde balık yağının bitkisel kaynaklarla ikame edilmesi ve alternatif lipit kaynaklarından yararlanılması çok sınırlı sayıda bilimsel çalışmaya konu olmuştur (Valipour ve ark., 2011). Bu nedenle bu tez çalışmasının I. bölümü farklı lipit kaynaklarının kullanımı üzerine kurgulanmıştır.

Krustaseler, karbonhidratlardan MUFA ve SFA sentezleyebilme yeteneklerine sahiptirler (Castell, 1983), ancak vücutlarında sentezleyemedikleri PUFA'ları yemleriyle vücutlarına dışardan almak zorundadırlar (Tacon, 1990). Sucul hayvanlar, karasal hayvanlardan farklı olarak, daha çok n-3 serisi yağ asitlerine ihtiyaç duyarlar. Karideslerin ve diğer krustaselerin yemlerinde lipit içeriğinin hem C-18 PUFA hem de ARA, EPA ve DHA açısından zengin ve 5 g ile 10 g/kg arasında bir seviyede olması gerektiği bildirilmiştir (Akiyama ve ark., 1992; González-Félix ve ark., 2002a). Bu nedenle çalışmamızda deneme yemlerimizin üretiminde kerevitlerin lipit ve yağ asitleri ihtiyaçlar dikkate alınarak formülasyonlar yapılmıştır.

Penaeus duorarum (Sick ve Andrews 1973), *P. indicus* (Colvin, 1976), *P. japonicus* (Guary ve ark., 1976; Kanazawa ve ark., 1977b), *P. monodon* (Catacutan, 1991; Deering ve ark.,1997; Vasagam ve ark., 2005), *Litopenaeus vannamei* (Dominy ve Lim 1989; Lim ve ark., 1997; Gonza´ lez-Fe´ lix ve ark., 2002; Zhou ve ark., 2007), *Jasus edwardsii* (Ward ve Carter 2009), *Macrobrachrium rosenbergii* (Muralisankar, 2014), *Cherax quadricarinatus* (Thompson ve ark., 2009; Li ve ark., 2011), *Procambarus clarkii* (Wen ve ark., 2003), *P. llamasi* (Carmona-Osalde ve ark., 2015), *Astacus leptodactylus* (Valipour, 2011), *Eriocheir sinensis* (Wen ve ark., 2002), *Portunus trituberculatus* (Han ve ark., 2015) gibi bazı krustase türlerinin lipit kaynaklarının yağ asidi komposizyonlarına ve büyüme üzerine etkileri hususlarında yürütülen araştırmalar, genel olarak n-6 ve n-3 (HUFA) yağ asitlerince zengin (örneğin denizel balık yağı gibi) lipitlerin krustaseler tarafından daha iyi değerlendirildiğini kanıtlamıştır. Ayrıca balık yağının, bitkisel yağlar ve karasal hayvansal yağlardan daha iyi besinsel değere sahip olduğu belirlenmiştir (Lim ve ark., 1997). Buna karşın, genel olarak, mevcut çalışmamızda tamamıyla bitkisel yağlarla (YFY, PTY, KTY ve FY) beslenen kerevit jüvenillerinde büyüme performansı, besin madde bileşenleri ve kabuk değişimi kontrol grubu olan BY ile beslenen gruba kıyasla başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmamızda, kerevit beslemede MUFA içeriği açısından zengin YFY ve FY içeren yemlerle beslenen grupların BY içeren yemlerle benzer hatta daha yüksek büyüme ve yem tüketim performansı gösterdikleri (özellikle FY) ve dolayısıyla BY'nin kerevit beslemede rahatlıkla YFY veya FY tarafından ikame edilebileceğini ortaya koymuştur. Diğer bir kerevit türü olan *P. llamasi*'de de balık yağının kısmen veya tamamen bitkisel yağlar ile değiştirilebildiği ve mevcut çalışmamıza benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür (Carmona-Osalde ve ark., 2015). Aynı şekilde, bir çok deniz ve tatlı su karidesi ile bazı kerevit ve yengeç türleri üzerinde yapılan çalışmalarda BY'nin alternatif bitkisel yağlar ile değiştirildiğinde herhangi bir olumsuzluk gerçekleşmediği bildirilmiştir (Zhou ve ark., 2007; Thompson ve ark. 2009; Li ve ark., 2011; Ding ve ark., 2014; Muralisankar ve ark., 2014; Carmona-Osalde ve ark., 2015; Han ve ark., 2015).

Çalışmamızda yemden yararlanma oranı (YYO) açısından FY grubunun (1.53), diğer gruplara kıyasla [BY (2.15), YFY (2.50), PTY (2.35) ve KTY (2.27)] önemli oranda düşük çıkması, bu yemin kerevitler tarafından daha iyi değerlendirildiğini göstermektedir ($P<0.05$). Elde edilen bu değer, FY grubundaki kerevitlerin yemdeki proteini daha çok büyümede lipitleri ise enerji amaçlı kullanıldıklarını göstermektedir. Laboratuar koşullarında tamamen

entansif yetiştiricilik sisteminde büyütülen kerevitlerden elde ettiğimiz bu değerin, Hernandez-Vergara ve ark. (2003)'nın kırmızı kıskaçlı kerevitin (*C. quadricarinatus)* yarı-entansif kültür koşullarda elde edilen YYO değerine yakın olduğu görülmüştür. Diğer yandan, tüm gruplarda da elde ettiğimiz YYO değerlerinin (1.53 – 2.50), Ghiasvand ve ark. (2012)'nın yine Türk kereviti (ortalama 17 g) ile yaptıkları bir çalışmada bildirdikleri 7.83-11.98 YYO değerlerinden çok daha düşük olduğu anlaşılmıştır. Bu teze konu olan çalışmamızda, kerevitlerin günde iki defa ve canlı ağırlıklarının %1 üzerinden beslenmiş olmaları, tüketilmeyen yemlerin titiz bir şekilde sifonlanıp kurutularak net yem tüketiminin hesaplanabilmesi, ayrıca yemlerin sindirilebilirlik değerlerinin yüksek olması araştırmada düşük YYO değerlerinin elde edilmesine katkı getirmiştir. BY ve KTY gruplarına göre daha az n-3 PUFA içermesine rağmen, FY'li yem ile beslenen kerevitlerin belirgin bir şekilde düşük YYO göstermesi, bu grubun yemden en yüksek seviyede yararlanabildiğini ortaya koymuştur. Bu durum, FY içeren yem grupları ile beslenen kerevitlerin yemdeki proteini, BY grubuna (%98.4) benzer şekilde, etkin bir şekilde sindirebildiğini (%97.8) açıklamaktadır. Bulgularımıza benzer şekilde, Saoud ve ark. (2012)'ı da tam kontrollü koşullarda yetiştirilen kırmızı kıskaçlı kerevitlerde LNA, LA ve OA zengin bitkisel yağlarla beslenen kerevitlerin, yüksek seviyelerde n-3 HUFA içeren BY'li yemlerle benzer büyüme performansı sergilediklerini göstermiştir. Mevcut bulgularımız ve Saoud ve ark. (2012)'nın bildirdiği sonuçlar, tatlısu krustaselerinden olan kerevitlerin beslenmesinde denizel kaynaklı n-3 PUFA'lara daha az ihtiyaç duyulduğunu veya bu yağ asitlerinin vücutta sentezlenebildiğini göstermektedir.

Farklı besinsel kaynaklarla yetiştirilen krustaselerin hepatopankreaslarının besinsel komposizyonu ile hepatosomatik indeks arasındaki ilişki hakkında sınırlı bilgiler mevcuttur (Hernandez-Vergara ve ark., 2003). Hepatopankreasın lipit içeriği, kabuk değişimi ve büyüme için gerekli enerji ihtiyacı ile direkt bağlantılıdır ve bir kronik stres göstergesi olarak değerlendirilir (Jussila ve Mannonen, 1997). Hepatopankreas boyutundaki (hepatosomatik indeks) değişiklikler, kerevitlerin kondüsyonu ve besinsel durumundaki farklılıkları değerlendirmede kullanılmaktadır (Evans ve ark., 1992; McClain, 1995a,b). Örneğin, Hernandez-Vergara ve ark. (2003) kırmızı kıskaçlı kerevitlerde lipit kaynaklarının ve seviyelerinin erkek ve dişi bireylerin HSI değerlerinde farklılıklar meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise, n-3 PUFA açısından zengin BY (%5.67) ve KTY (%5.74) grupları ile MUFA (özellikle OA içeriği) açısından zengin YFY (%5.25) ve FY

(%5.19) grupları benzer HSI değerleri göstermişlerdir. Bu farklılığın, kerevitlerin ihtiyacı olan n-3 PUFA sınıfından esansiyel yağ asitlerinin vücut tarafından doğrudan kullanılması, bitkisel kökenli MUFA'larca zengin yağ asitlerinin biyo-çevrim sonucu canlının ihtiyacını karşılayabilmesi olarak düşünülebilir.

Genel olarak ticari karides (deniz) yemlerinde balık yağı %0.5-10, tatlı su karideslerinin yemlerinde ise %0-3 arasında kullanıldığı bildirilmiştir (Tacon, 2008). *Procambarus acutus*'un %9 lipit içeren yemlerle beslenmesi ağırlık kazancı parametresinde önemli derecede olumlu etki yaparken (Davis ve Robinson 1986), *Astacus astacus* kerevitinin %7 lipit içeren yemlerle beslenmesi yüksek oranda hayatta kalma oranı sağlamıştır (Ackefors ve ark., 1992). Bundan dolayı da, denememizde kullanılan test yemlerinin lipit oranları ortalama %8 civarında olacak şekilde formüle edilmiştir. Deneme yemlerimizin lipit içeriklerini hem bitkisel yağlar hem de diğer bazı temel hammaddeler (yaklaşık %1.77 balık ununda) oluşturmuştur. Yürüttüğümüz çalışma sonunda ve literatürdeki bulgular dikkate alındığında, bu lipit oranında hazırlanan test yemlerinin genel olarak kerevitler üzerinde olumsuz herhangi bir etki yapmadığı saptanmıştır. Ürettiğimiz deneme yemleri tüm gruplarda kerevitler tarafından benimsenmiş ve tüketilmiştir. Bu çalışmamızda elde ettiğimiz büyüme performans değerleri, farklı türdeki kerevitlerde daha önce bildirilen büyüme sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Carmona Osalde ve ark., 2005 , 2015; Li ve ark., 2011; Valipour ve ark., 2011).

Kerevit jüvenillerinin ortalama yaşama oranları stoklama boyutu, stok yoğunluğu, su kalitesi ve diğer çevresel faktörlere bağlı olarak genellikle %30 ile 80 arasında değişim gösterir. Denememizde en yüksek yaşama oranı (%67) KTY grubunda belirlenirken, en düşük yaşama oranı BY(%60), YFY(%60) ve FY (%60) gruplarında kaydedilmiştir. Bu değerler Valipour ve ark. (2011)'nın aynı tür ile yaptığı çalışmalarında elde ettikleri sonuçlarla benzerlik göstermiştir. Ancak, tropik kökenli *P. llamasi* ve *C. quadricarinatus* türlerinde yapılan çalışmalarda yaşama oranlarının %80-96 arasında değiştiği bildirilmiştir (Hernandez-Vergara ve ark., 2003; Thompson ve ark. 2009; Carmona-Osalde ve ark., 2015). Bu yüksek yaşama oranlarının türsel bir özellik olduğu, kanibalistik ve saldırgan davranış özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmamızda kullandığımız kerevit türünün daha karnivor ağırlıklı beslenme özelliği ve saldırgan davranışları yaşama oranlarının düşük çıkmasına neden olmuştur.

Krustaseler kabuk değişiminde ve sıklığındaki artışla doğru orantılı olarak büyürler. Bu çalışma, kerevitlerdeki büyümenin yemlerdeki yağ kaynaklarından etkilediğini açıkça göstermektir. Kerevit jüvenilleri çalışma süresince ortalama bir kez kabuk değiştirmişlerdir. Kabuk değişim döngüsü, BY ve FY içeren yem grubuna kıyasla, diğer gruplarda daha kısa sürmüştür. Ancak, bulgularımızın aksine, Valipour ve ark. (2011), soya yağının BY'yi kısmen veya tamamen ikame ettiği yemlerde, Türk kerevitlerinde kabuk değişim sıklığının, BY içeren yemlerle beslenenlere kıyasla daha az olduğunu belirlemişlerdir. Kabuk değişim sıklığının aynı türde farklı çıkmasının, denemelerde kullanılan kerevitlerin büyüklükleri, su sıcaklığı veya bitkisel yağların farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Deneme sonunda alınan abdomen eti ve HP örneklerinin protein, lipit, kuru madde ve kül miktarlarında gruplar arasında farklılıklar bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen değerlere göre, abdomen eti proteinindeki değişikliklerin lipit kaynaklarından etkilendiği görülmektedir. Abdomen eti protein oranının özellikle FY'li yemi tüketen grupta belirgin bir şekilde arttığı, zaten bu yemin büyüme ve YYO üzerine de olumlu etkilerde bulunduğu dikkat çekmiştir. FY içeren yem ile beslenen kerevitlerde proteinlerin daha yüksek miktarda dokularda biriktirilmesinin, FY'de yüksek miktarlarda bulunan MUFA'larla, özellikle de 18:1n-6 ile ilişkili olduğu ve bu yağ asitlerinin enerji sağlamak amacıyla kerevitler tarafından etkin bir şekilde metabolize edildiklerini düşündürmektedir (Turchini ve ark., 2011; Eroldoğan ve ark., 2012).

Bu çalışmada, EPA ve DHA içerikleri çok düşük olmasına rağmen, bitkisel yağ kaynaklarıyla (YFY, PTY ve FY) beslenen kerevitlerde büyüme performanslarının BY'li yemle beslenen gruba benzer, hatta daha da yüksek olduğu (FY grubunda) görülmüştür. Bunun sebebinin, MUFA bakımından zengin yemlerin, n-6 PUFA'ca zengin yemlere göre β-oksidasyon işlemi yoluyla MUFA'ları daha etkin bir şekilde enerjiye dönüştürülebilmesiyle ilişkili olabilir. Çünkü MUFA'ca zengin yağların, n-6 PUFA'ca zengin yağlara göre daha kolay sindirilebildiği bilinmektedir (Turchini ve Mailler, 2010; Turchini ve ark., 2011; Eroldoğan ve ark., 2013; Yılmaz, 2014; Yılmaz ve Eroldoğan, 2015). Bu durum FY ve YFY gruplarında neden daha iyi bir büyüme performansı ve YYO çıktığını açıklamaktadır.

Bu çalışmada hem abdomen eti hem de HP dokularından elde ettiğimiz veriler, yemlerde kullanılan bitkisel yağ kaynaklarının dokuların kompozisyonunu doğrudan etkilediğini göstermiştir. Bu durum daha önce yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir

(Thompson ve ark., 2009; Li ve ark., 2011). Daha önce yapılmış çalışmalara paralel olarak, deneme sonu yağ asitlerindeki SFA'lara bakıldığında, bu yağ asidi grubundan abdomen etinde tespit edilen en yüksek miktarın BY grubunda olduğu, en düşük miktarın ise KTY grubunda bulunduğu görülmüştür. Bu bulgularımıza benzer şekilde Thompson ve ark. (2009), tropik kökenli bir kerevit türü olan kırmızı kıskaçlı kerevitler ile yaptıkları bir çalışmada, BY'li yemler ile beslenen grubun tamamen bitkisel yağlar ile beslenenlere göre daha yüksek oranda SFA biriktirdiklerini gözlemişlerdir. Diğer yandan, FY içeren yemlerde bol miktarda bulunan ve MUFA'lardan olan OA, deneme sonunda FY grubunda en yüksek miktarda birikime neden olmuştur. Yemlerde yüksek oranlarda bulunan OA'nın, dokularda LA ve LNA kadar kolaylıkla okside olabildiği bildirilmiştir (Bell ve ark., 2002; Ng ve ark., 2003). Çalışmamızda da, abdomen etinde belirlediğimiz OA seviyesi ile yemde bulunan OA seviyesi arasındaki farklılık, bu yağ asidinin kerevitlerde biyosentezlendiğini işaret etmektedir. Gerçekten de, bitkisel yağların kullanıldığı deneme yemlerinde belirlenen OA'in, deneme sonunda kerevitlerin abdomen etinde, özellikle de YFY grubunda %46.13 oranında, FY grubunda ise %62.15 oranında kayba uğraması bu yağ asidinin başarılı bir şekilde metabolize edildiğini göstermektedir. Deneme gruplarının abdomen etindeki yağ asidi miktarları ile yemlerde olan miktar arasındaki farklar (Δ-değeri) değerlendirildiğinde, BY grubu haricinde SFA'ların diğer gruplarda katabolize olduğu ve dokularda birikim yaptığı görülmektedir. PTY ve KTY dışındaki gruplarda MUFA'ların β-oksidasyona uğradığı ve yem ile alınan bu yağların enerji amaçlı kullanılarak dokularda biriktirilmediği anlaşılmıştır. Elde edilen verilere göre, en az Δ-değerine sahip olan FY grubunun en fazla β-oksidasyon gerçekleştirdiği, ayrıca, n-6 PUFA'ların tüm deneme gruplarında da enerji amaçlı kullanıldığı görülmektedir. Diğer taraftan, n-3 PUFA'lardan EPA ve DHA'ların bitkisel yağ içeren tüm deneme gruplarında yüksek oranlarda depolanması elongasyon varlığının bir göstergesi olarak düşünülmektedir. Yukarıda bahsedilen Δ-değerleri sadece bazı balık türlerinde belirlenmiştir (Turchini ve ark., 2007; Eroldoğan ve ark., 2013). Bu nedenle krustaselerde yağ asidi denge metodu daha önce kullanılmadığından, kerevitlerde yaptığımız bu çalışma ile karşılaştırma yapılamamıştır.

Denizel krustaseler ile yapılan çalışmalar, genellikle bu canlıların BY içeren yemlerle beslendiklerinde daha iyi performans sergilediklerini göstermiştir. Bilindiği üzere bu canlıların, LA ve LNA'dan HUFA'ları *de novo* sentez edebilme yetenekleri sınırlıdır (Zhou ve ark, 2007). Bu metabolik yetersizliğin, biyo-çevrim sırasında enzim eksikliğinden kaynakladığı

bildirilmektedir (Bell ve Sargent, 2003). Çalışmamızda ve diğer krustaselerle yürütülen çalışmalarda yapılan yağ asitleri analizleri, test yemleri ile hepatopankreas ve abdomen eti yağ asidi komposizyonlarının çoğunlukla birbirlerine benzediğini göstermiştir (Colvin, 1976; Guary ve ark., 1976; Kayama ve ark., 1980; Millamena, 1989; Deering ve ark., 1997; Lim ve ark., 1997; Gonza´ lez-Fe´lix ve ark., 2002a,b; Zhou ve ark., 2007). Ancak, bazı yağ asitlerinin HP aktif olarak sentezlendiği veya varlığını koruduğu da bilinmektedir. Dokularda SFA ve MUFA'ların yüksek oranda birikiminin yanı sıra, HUFA'ların da, az miktarlarda da olsa, varlığını koruduğu diğer krustaselerle yapılan çalışmalarda ispatlanmıştır (Xu ve ark., 1994; Deering ve ark., 1997; González-Félix ve ark., 2002a,b). Çalışmamızda da bitkisel yağlarla beslenen gruplarda HUFA'lardan EPA ve DHA gibi yağ asitlerinin nispeten kas dokusunda daha yüksek miktarlara çıkabildiği belirlenmiştir. Bitkisel yağ içeren deneme yemlerinde düşük miktarlarda EPA ve DHA (%0.7-2.78) bulunmasına rağmen, bu yemlerle beslenen kerevitlerin kas dokusunda EPA (%15.95-19.67) ve DHA (%6.84-9.76) miktarlarında görülen artışlar, LA, LNA veya OA gibi bazı yağ asitlerinin kerevitlerde biyo-çevrimde kullanıldığının göstergesidir. Deneme başlamadan önce alınan örneklerde ve deneme sonu (final) örneklerinde yapılan analizlerde, BY grubunun EPA ve DHA içeriklerinde önemli bir değişiklik görülmez iken, deneme sonu verileri tüm bitkisel yağ kaynaklarında da, sadece 60 günlük bir besleme neticesinde bile, EPA ve DHA oranlarında BY grubuna yakın değerlere ulaşıldığını göstermiştir**.** Son yapılan çalışmalarda tatlı su Çin yengeci (*Eriocheir sinens*)'nde PUFA'nın sentezinde desaturasyon olduğu bildirilmiştir (Guo ve ark., 2013; Yang ve ark., 2013). Bu araştırıcılar, yüksek bitkisel yağ içeriği ile formüle edilmiş yemlerle beslenen bireylerde artan gen görünümlerine dikkat çekmişlerdir. Yengeçlerdeki bu desaturaz ifadesinin balıkları da içeren omurgalı türlerindeki ile benzer olduğu görülmüştür. Elde ettiğimiz sonuçlar sonucunda kerevitlerde de benzer desaturaz aktivitelerinin olduğu düşünülmektedir. Ancak, kerevitlerde PUFA biyosentezinin varlığını kanıtlamak için moleküler çalışmalar yapılarak, Δ9 ve Δ6 benzeri desaturazların gen/protein işlev analizlerinin değerlendirilmesi gereklidir. Diğer bir çalışmada, Xu ve ark. (1994) *F. chinensis* ile yürüttükleri bir çalışmada, esansiyel yağ asitleri içermeyen yemlerle beslenen karideslerin vücut lipitlerinde AA, EPA ve DHA gibi yüksek HUFA seviyeleri ile ilişkili olarak, HUFA'ların içeriğindeki artışın, metabolizma için enerji kaynakları olarak kısa ve orta zincirli yağ asitlerinin tercihli kullanımının bir sonucu olduğunu bildirmişlerdir. Balıklarda, özellikle MUFA içeriği yüksek yağ kaynaklarının

bulunduğu yemlerde öncelikle bu yağ asitleri β-okside olurlar (Turchini ve Mailler 2010) ve DHA katabolizmadan kurtulduğundan dolayı bu yağ asidinin vücuttaki ki birikimi önemli ölçüde artar (Turchini ve ark., 2011; Eroldoğan ve ark., 2012). Kerevitlerle yapılan bu çalışmada da balıklarda gözlenen yağ asitlerinin tercihli kullanımına benzer bir kimyasal döngünün olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışmamızda test ettiğimiz yemlerdeki farklı n3/n6 oranlarının kerevitlerde büyümeyi etkilemediği görülmüştür. Deneme grupları arasında, düşük (%0.60) n3/n6 oranına sahip olan FY yemi en yüksek ağırlık artışı sağlamıştır. Benzer şekilde, Valipour ve ark. (2011)'ı da, yemlerdeki n3/n6 oranının kerevitlerde büyüme ile ilişkilendirilemediğini bildirmişlerdir.

Lipit kaynağı olarak FY ve PTY'nin krustase türlerinin yağ asidi komposizyonlarına ve büyümeye etkisinin araştırıldığı çalışmalara rastlanmamıştır. Ancak, bu bitkisel yağ kaynaklarının farklı deniz ve tatlı su balıklarının yemlerinde kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Örneğin; Taşbozan ve ark. (2015) sargoz (*Diplodus sargus*) yavrularının yemlerinde FY kullanmış ve büyüme ve yemden yararlanmaya herhangi bir olumsuz etki yapmaksızın sargoz yemlerinde bu yağ kaynağının kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Benzer bir çalışmada; lipit kaynağı olarak %17 oranında BY, soya yağı (SY), ayçiçeği yağı (AY), mısır yağı (MY), PTY ve FY kullanılarak hazırlanan yemlerin gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın büyüme, yem değerlendirme ve etin kimyasal kalitesine olan etkileri araştırılmıştır (Engin, 2008). Deneme sonunda alabalık yemlerinde FY'nin kullanılabileceği önerilmiştir. Bu tez çalışmasında elde ettiğimiz veriler ve üstte bahsedilen araştırmalar, FY'nin gerek balık gerekse kerevit yemlerinde başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir. PTY'nin krustaselerde yağ kaynağı olarak kullanımı ile ilgili çalışmalar mevcut olmayıp, bu bitkisel yağ kaynağı son zamanlarda balıkların yemlerinde test edilmektedir. Misaka ve ark. (2014) salmon beslemede (*Oncorhynchus keta*) BY'ye ikame olarak PTY kullandıklarında yavruların yem tüketiminde ve büyümede olumlu etkiler belirlemişlerdir. Ayrıca, Eroldoğan ve ark. (2012) deniz levreğinin (*Dicentrarchus labrax*) PTY'li yemlerle beslenmesinin büyüme, YYO ve protein kullanımı açısından herhangi bir olumsuz etki yapmadığını bildirmişlerdir. Kerevit ile yürüttüğümüz çalışmamızda da PTY içeren yemlerle beslenen grubun, BY ile beslenen gruba benzer performans gösterdiği, dolayısıyla bu bitkisel yağ kaynağının *A. leptodactylus* için uygun bir alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır.

Çalışmamızda test yemlerinin kuru madde sindirebilirliği %61.8 ile %72.9, protein sindirebilirliği ise %97.1-98.4 arasında değişiklik göstermiştir. Bu değerler Vasagam ve ark. (2005)'nın siyah kaplan karidesi (*P. monodon*) ile yaptığı sindirebilirlik (kuru maddede %70.7-73.2, ham proteinde %86.7-91.2) çalışmasının sonuçları ile örtüşmektedir.

Histolojik değişiklikler genellikle lipit içeriği yüksek yemlerle beslenen su canlılarının karaciğer ve bağırsaklarında görülür (Kestemont ve ark., 2001). Bu organlardaki patoloji bitkisel yağların da dahil olduğu sindirimi zor olan yağların yüksek miktarları ile bağlantılı olabilir (Parpoura ve Alexis, 2001). Yaptığımız histolojik kesit analizi, Türk kerevitinin hepatopankreasının histolojik yapısının diğer türlerinki ile benzer olduğunu göstermiştir (Al-Mohanna ve Nott, 1987, 1989; Caceci ve ark., 1988; Genç ve ark., 2007; Franceschini-Vicentini ve ark., 2009; Calvo ve ark., 2011). Farklı lipit kaynakları içeren yemlerle beslenen kerevit bireylerinde deneme sonrası hepatopankreas hücrelerinde yapısal farklılıklar meydana gelmiştir. Bu çalışmada FY içeren yemlerle beslemenin hepatopankreasta düşük derecede hepatosit vakuolizasyon ve büyük çekirdek ve/veya karyolsiz (hücrenin şişmesi ve kromatinin erimesi) oluşumuna neden olmuştur. Ancak bu durumun yürütülen iki aylık deneme süresince, kerevitlerin büyüme ve yem çevirim oranlarını etkilemediği görülmüştür.

5.2. *II. DENEME*

Kerevitlerde Termal Tolerans Değerlerinin Belirlenmesi ve Farklı Bitkisel Yağlar İle Beslemenin Bu Parametre Üzerine Etkileri

Krustaselerde alıştırma su sıcaklıklarının CTMin ve CTMax değerleri üzerine etkileri birçok krustase türünde kanıtlanmıştır (Espina ve ark., 1993; Bückle ve ark., 1995; Diaz ve ark., 1998; Diaz ve ark., 2002; Diaz ve ark., 2004; Kır ve Kumlu, 2008; Kumlu ve ark., 2010). CTMax ve CTMin değerleri, denemede kullanılan hayvanların boyutlarına ve kondüsyon faktörlerine, ayrıca sıcaklık değişim oranına (Baker ve Heidinger, 1996) ve zehirli kimyasalların varlığına (Beitinger ve ark., 2000) bağlı olarak etkilenmektedir. CTM değerlerinin en doğru şekilde ölçülebilmesi amacıyla, çalışmamızda su kalite parametreleri optimum seviyelerde tutulmuştur. Türk kereviti ile yürüttüğümüz bu çalışmamızda üç farklı alıştırma su sıcaklığında (15, 20 ve 25°C) CTMin ve CTMax değerlerinin önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Denememizde 15-25°C alıştırma su sıcaklıklarında, kullandığımız 0.3°C/dakika soğutma veya ısıtma oranında, kerevitler için CTMin değerlerinin 1.3 ile 2.0°C, CTMax değerlerin ise 37.4 ile 38.7°C'ler arasında değişim gösterdiği anlaşılmıştır. Elde ettiğimiz bu bulgular, daha önce maruz kaldıkları su sıcaklıklarının ya da alıştırma su sıcaklıklarının, diğer bazı türlerde olduğu gibi (Kumlu ve ark., 2010), Türk kerevitinde de termal tolerans yeteneğini önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermiştir.

Genellikle, mevsimsel değişimlerin ve çevresel parametrelerdeki dalgalanmaların yoğun olarak yaşandığı yarı-tropik iklim kuşaklarında, balıkların kademeli olarak uzun bir periyotta yeni koşullara (örneğin sıcaklıklara) alışabilme imkanı bulabilmeleri, yaz aylarında karşılaşılan yüksek sıcaklıklara ve kış döneminde de kritik düşük sıcaklıklara karşı olan tolerans yeteneklerini yükseltme şansı tanımaktadır (Dülger, 2011). Heterotermik bir ortamda yaşayan bir tür fizyolojik sıcaklık değişimlerine toleranslı olmak zorundadır. Fry (1947) ve Brett (1956)'in poligonları, sıcaklık değişimlerinin hayvanların toleranslarını görselleştirmemize ve türün büyüme oranın arttırılması için kültür uygulamalarını optimize etmemize yardımcı olmaktadır. Poligon alanı ($°C^2$ olarak) türler arasında karşılaştırmalı sıcaklık toleransları hakkında yararlı ve kullanışlı indeksler sağlamaktadır (Eme ve Bennett, 2009). Termal poligon alanlarının alıştırma su sıcaklıkları ve kullanılan türün boyutları ile

ilişkili olarak değişebileceği bilinmektedir. Kerevit ile yürüttüğümüz çalışmamızda, üç farklı sıcaklık (15, 20 ve 25°C) koşullarında hesaplanan termal tolerans poligon alan değeri 364.0 $°C^2$ olarak belirlenmiştir. Firkins (1993) üç kerevit (*A. leptodactylus, A. pallipes ve Pacifastacus leniusculus*) türünde termal toleranslarının belirlenmesi ile ilgili bir çalışma yürütmüş ve dört alıştırma sıcaklığında (5, 10, 20 ve 25°C) *A. leptodactylus* için termal poligon alanını 927 $°C^2$ olarak hesaplamıştır. Diaz ve ark. (2002**)** tatlı su karidesi *Macrobrachium acanthurus* ve kırmızı kıskaçlı kerevit jüvenilleri (Diaz ve ark., 2002**)** için CTMin değerlerinin, sırasıyla, 11 ve 11.7°C ve CTMax değerlerinin 39.8 ve 35.1°C olarak bulmuş ve dört alıştırma su sıcaklığında termal tolerans poligon alanlarının 644 ile 225.8 $°C^2$ olarak hesaplandığını bildirmişlerdir. Bu tropik türlerden farklı olarak, elde ettiğimiz tüm veriler incelendiğinde, Türk kerevitinin düşük sıcaklıklara daha toleranslı olduğu, diğer yandan yüksek sıcaklıklara ise tropik türlere kıyasla daha hassas olduğu görülmektedir.

Yapılan hesaplamalar neticesinde Türk kereviti ile yürüttüğümüz çalışmamızda, alıştırma su sıcaklığına bağlı olarak hesapladığımız ARR değerleri 0.3°C/dakika ısıtma/soğutma oranında 15-20°C'ler arasında 0.16-0.17 ve 20-25°C'ler arasında ise 0.13-0.13 arasında değişim göstermiştir. Üç farklı alıştırma su sıcaklıklarında (15, 20, and 25°C) ve 15-25°C'ler arasında hesaplanan genel ARR değerleri 0.17-0.23 olarak belirlenmiştir. Soğuk su kerevit türü olan *Orconectes rusticus*'un ARR değeri 0.23 ile 0.25 (Layne ve ark., 1987) arasında değişirken, Claussen (1980) aynı tür için bu değerin 0.24 ve *O. virilis* türü için 0.15 olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, *Astacus pallipes* türünün ARR değerinin ise 0.12–0.18 olduğu kaydedilmiştir (Spoor, 1955; Bowler,1963). Çalışmamız sonunda elde ettiğimiz veriler ile yukarıda belirtilen çalışmaların sonuçlarının örtüştüğü görülmektedir. Birçok çalışma yarı-tropik ve tropik türlerin soğuk ve ılıman türlere kıyasla daha yüksek ARR değerlerine sahip olduklarını göstermiştir **(**Herrera ve ark., 1998**;** Re ve ark., 2005**).** Tropik ve yarı-tropik alanlarda ve ayrıca estuarin bölgelerde (acısu alanlarında) türlerin daha fazla sıcaklık ve tuzluluk dalgalanmalarıyla karşı karşıya kalmaları nedeniyle ARR değerlerinin bu bölgelerde yüksek çıktığı belirtilmektedir **(**Re ve ark., 2005**).** Oysa, ılıman ve soğuk iklim kuşaklarında su canlıları daha az değişken ve uzun periyotlarla gerçekleşen değişimlere daha kolay adapte olabilme şansı bulabilmektedirler (Kır ve Kumlu 2008a,b; Kumlu ve ark., 2010; Dülger, 2011). Ayrıca, tropikal türlerin aksine, ılıman ve soğuk iklim türleri kısa dönemde ekstrem

sıcaklıklara uyum sağlabilmeleri ve hızlı sıcaklık değişimlerinde hayatta kalabilmeleri için geniş bir tolerans aralığına sahip olmak zorundadırlar.

Değiştirilen sıcaklıklara balıklar alıştırılırken, çevresel sıcaklık değiştikçe hücrelerin yapısında olan lipitlerin membranları yeniden yapılandırılmakta (Hazel ve ark., 1990) ve bu olay yeni sıcaklık ortamına alışana kadar hücrede oluşacak zararı ve geçen sürede ölümü önlemek amacıyla yapılmaktadır (Hazel, 1995; Jobling ve Bendiksen, 2003). LC-PUFA'lar hücre zarı akışkanlığını kontrol eden ve düzenleyen eşsiz bir role sahiptir. Ayrıca, LC-PUFA'lar bağışıklık ve strese yanıt, büyüme ve hayatta kalma gibi fizyolojik süreçlere de girmektedir (Tocher, 2010). Bilindiği gibi balıklar LC-PUFA seviyelerinin arttırılmasıyla birlikte membran akışkanlığının artması, düşük su sıcaklığına ve desaturasyon aktivitelerine bağlıdır. Bazı teleost türlerinde yapılan birçok çalışma sıcaklık artışıyla hücre membranlarında ve vücut lipit depolarındaki LC-PUFA'ların birikiminin azaldığını ve SFA depolamanın ise arttığını göstermiştir (Hazel, 1979; Jobling ve Bendiksen, 2003). Dahası balıklarda sindirim fizyolojisinden lipit metabolizmasına kadar birçok fizyolojik işlem su sıcaklığı ile direk olarak etkilenmektedir. Su sıcaklığı ve yağ asitleri β-oksidasyonu arasında bir bağlantı görülmüştür. *In vitro* hepatosit çalışmaları sonucunda, 12 °C su sıcaklığı ile karşılaştırıldığında 5 °C'de β-oksidasyonun yüksek, doğal sıcaklığa yakın sıcaklıklarda tutulan balıkların kaslarında ise SFA'nın β-oksidasyonun arttığı görülmüştür (Moya-Falcon ve ark., 2006). Farklı bitkisel yağ kaynakları içeren yemlerle beslenen kerevitlerin (21°C) tolere edebildikleri en düşük sıcaklık değerlerinin (CTMin) 0.5 ile 1.5°C arasında ve en yüksek sıcaklık değerlerinin (CTMax) ise 38.1 ile 40.1°C arasında değişiklik gösterdiği çalışmamız ile belirlenmiştir. Bu esnada, KTY ve FY gruplarının yüksek sıcaklık ve düşük sıcaklıklara daha toleranslı oldukları ortaya çıkmıştır. KTY grubu bireylerinin dokularında yüksek oranda n-3 PUFA sınıfı yağ asitlerinin bulunması düşük sıcaklıklara daha toleranslı olmasını sağlamıştır. Ayrıca, FY grubunun da dokularında KTY grubuna benzer oranlarda n-3 PUFA içermesi düşük su sıcaklıklarına toleranslı olduğunu göstermiştir. Bulgularımıza benzer şekilde, Craig ve ark. (1995) ölümcül düşük sıcaklıkların, yeme HUFA'ca zengin yağların yüksek seviyelerde eklenmesi ile azaltılabileceğini bildirmişlerdir. Yemlerde balık yağına alternatif bitkisel yağ kaynaklarının kullanılmasının CTMin, CTMax ve ARR gibi değerlere etkisinin araştırıldığı sadece bir yayına rastlanmıştır. Ikeda ve ark. (2011) yemlerdeki yağ asidi komposizyonlarının melek balığı *(Pterophyllum scalare)* yavrularında sıcak ve soğuk toleransı ile üreme performanslarına olan etkisini

araştırmışlar ve deneme sonucunda bitkisel yağ kaynaklarının (kanola, keten tohumu, zeytin ve soya yağı) melek balığı yavrularının ne üreme performanslarına ne de yüksek veya düşük sıcaklık toleranslarına etkisinin olmadığına kanaat getirmişlerdir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmanın birinci aşamasında BY'ye alternatif bitkisel yağlardan YFY, PTY, KTY ve FY'nin %100 değiştirilmesiyle Türk kereviti bireylerinin büyüme performansı, besin maddeleri içeriği, temel yem değerlendirme ölçütleri ve yağ asidi kompozisyonları araştırılmıştır.

I.Denemeden elde edilen genel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Deneme sonunda elde edilen büyüme performansı verileri en iyi canlı ağırlık kazancının FY grubunda olduğunu göstermiştir.
- Denemede, diğer gruplara kıyasla, yemi daha etkin bir şekilde değerlendirebilen FY grubunda YYO en düşük çıkmıştır.
- Kerevitlerin gerek abdomen eti gerekse hepatopankreas besin madde kompozisyonları yemdeki yağ kaynaklarından düşük bir oranda etkilenmişlerdir.
- Yemlere eklenen bitkisel yağların yağ asidi profili kerevit dokularındaki (abdomen eti ve hepatopankreas) yağ asidi kompozisyonuna yansımıştır.
- Genel olarak abdomen dokusunda en yüksek miktarda çıkan yağ asitleri 16:0, 18:1n-9 ve 18:2n-6 olarak belirlenmiştir.
- Bu veriler göz önünde bulundurulduğunda, kullanılan alternatif bitkisel yağ kaynaklarından YFY, PTY ve FY'nin *A. leptodacylus* yemlerinde balık yağına ikame edilebileceği ortaya çıkartılmıştır.
- Özellikle 18:2n-6 açısından zengin olan PTY'nin kullanımı, bu yağ asitlerinin kerevitlerin enerji ihtiyacını karşılaması açısından yararlı olacağı açısından tavsiye edilebilir.
- Diğer taraftan, yukarıda belirtilen bitkisel yağlar ve benzerlerinin karnivor türlerinin yem formülasyonlarında kullanılması durumunda yem içerisindeki balık unu miktarının da dikkate ele alınması gerekmektedir.

Sonuç olarak, bu denemenin sonunda, yem maliyetini düşürmek için 18:2n-6 ve 18:3n-3 gibi yağ asitleri açısından zengin bitkisel yağların %100'e kadar balık yağına alternatif olabileceği, ancak bu yemlerde yüksek oranda balık ununun da eklenmesi gerektiği tavsiye edilebilir. Ayrıca, kerevitlerde PUFA biyosentezinin ve enzim aktivitelerinin varlığını net olarak belirlemek için moleküler çalışmalar yapılarak, Δ9 ve Δ6 benzeri desaturazların gen/protein işlev analizleri değerlendirilmelidir.

II. Denemede, Türk kerevitinin termal tolerans değerleri ve yağ kaynaklarının bu parametre üzerine etkileri ile ilgili sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Alıştırma su sıcaklığının kerevitlerde CTMin ve CTMax değerleri üzerine önemli etkilerde bulunduğu ortaya çıkartılmıştır.
- Denemede kullanılan 0.3°C/dakika soğutma veya ısıtma oranında ve farklı sıcaklıklarda CTMin değerlerinin kerevitlerde 1.30 ile 2.0°C, CTMax değerlerin ise 37.4 ile 38.7°C'ler arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.
- Üç alıştırma su sıcaklığında (15, 20 ve 25°C) termal tolerans poligon alan değeri 364°C^2 olarak hesaplanmıştır.
- Üç farklı alıştırma su sıcaklığında (15, 20, 25°C) hesaplanan genel ARR değerleri 0.13 ile 0.23 olarak belirlenmiştir.
- Türk kerevitinin hem düşük sıcaklıklara hem de yüksek sıcaklıklara dirençli olduğu görülmüştür.
- Kerevit juvenillerinin derin ve su değişkenliği yüksek olan havuz ve göletlerde kış aylarında karşılaşılan düşük su sıcaklıklarında önemli sıkıntılar yaşamayacağı anlaşılmıştır.
- Sığ ve su değişkenliği düşük olan ve serin su imkanı bulunmayan bölgelerde, yaz aylarında 33-34°C'yi geçebilen yüksek su sıcaklıklarında kerevitlerde ciddi sıkıntılar yaşanabileceği öngörülmektedir.
- Bu çalışmada test edilen bitkisel yağ kaynaklarının kerevitlerin CTMin veya CTMax değerleri üzerine etkin olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, kerevitlerin sıcaklık toleranslarını arttırmak amacıyla kerevit yemlerine yüksek oranlarda n-3 PUFA'ca zengin yağların kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

ACKEFORS, H., CASTELL, J.D., BOSTON, L.D., RÄTY. P., SVENSSON M., 1992. Standard experimental diets for crustacean nutrition research. II. Growth and survival of juvenile crayfish *Astacus astacus* (Linné) fed diets containing various amounts of protein, carbohydrate and lipid. Aquaculture, 104:341–356.

ADEROLU, A.Z., KUTON, M.P., ODU-ONIKOSI, S.G., 2009.Substitution effect of sorghum meal for maize meal in the diet of catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822.) juvenile. Res. J. Fish. Hydrobiol., 4(2): 41-45.

AKIYAMA, D.M., DOMINY, W.G., LAWRENCE, A.L., 1992. Penaeid shrimp nutrition. In: Fast, A.W., Lester, L.J. (Eds.), Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 535–568.

ALLTECH, 2015. Global feed survey.

AL-MOHANNA, S.Y., NOTT, J.D., 1987. M-"midget" cells and the moult cycle in *Penaeus semisulcatus* (Crustacea: Decapoda). J. Mar. Biol. Assoc., U.K., 67:803-13.

AL-MOHANNA, S.Y., NOTT, J.D., 1989. Function cytology of the hepatopancreas of *Penaeus semisulcatus* (Crustacea: Decapoda) during the moult cycle. Marine Biological, 101: 535-44.

AMERIO, M., COSTA, M., MAZZOLA, A., CRISAFI, E., 1989. Use of extracted soybean meal in diets for sea bass. N.De Pauw, E.Jaspers, H.Ackefors, N.Wilkins (Eds), Aquaculture - A Biotechnology in Progress. European Aquaculture Society, Bredene, Belgium, pp. 603-608

ANONİM, 2013. FISH TO 2030 Prospects for Fisheries and Aquaculture. World Bank Report Number 83177-GLB.

ANONİM, 2016. http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=peanut-oil (Temmuz 2016'da erişilmiştir)

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

ARSLAN, M., SIRKECIOGLU, A.N., BAYIR, A., ARSLAN, H., ARAS, M., 2012. The influence of substitution of dietary fish oil with different vegetable oils on

performance and fatty acid composition of brown trout, *Salmo trutta*. Turkish J Fish Aquat. Sci., 12:575–583.

BAKER, S.C., HEIDINGER, R.C., 1996. Upper lethal temperature of fingerling black crappie .J. Fish Biol., 48, 1123–1129.

BELL, J.G., HENDERSON, R.J., TOCHER, D.R., McGHEE, F., DICK, J.R., PORTER A., SMULLEN, R.P., SARGENT, J.R., 2002. Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism. J. Nutr., 132: 222-230.

BEITINGER, T.L., McCAULEY, R.W., 1990. Whole animal physiological processes of the assessment of stress in fishes. J. Great Lakes Res., 16: 542-575.

BEITINGER, T.L., BENNETT, W. A., McCAULEY, R.W., 2000. Temperature tolerances of Nourth American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature. Environmental Biology of Fishes, 58: 237-275.

BELL, J.G., SARGENT, J.R., 2003. Arachidonic acid in aquaculture feeds: current status and future opportunities. Aquaculture, 218: 491–499.

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

BRETT, J.R. 1956. Some principles in the thermal requirements of fishes. Quart. Rev. Biol. 31:75-87.

BROWN, P. B., HART S.D., 2010. Soybean oil and other n-6 polyunsaturated fatty acid-rich vegetable oils (TURCHINI G.M., NG, W.K., TOCHER, R.D. editör), pp. 133-150. CRC Press, TAYLOR AND FRANCIS, Boca Raton, FL, USA.

BOWLER, K., 1963. A study of factors involved in acclimatization to temperature and death at higher temperatures in *Astacus pallipes*. I Experiments on intact animals. J. Cell. Comp. Physiol., 62: 119–132.

BOZINOVIC, F., CALOSI, P., SPICER, J.I., 2011. Physiological correlates of geographic range in animals. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst., 42: 155–179.

BÜCKLE, R., DIAZ, F., ESPINA, S., 1995. Thermoregulatory behavior applied to the culture of *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae). Rev. Biol. Trop., 44: 123-126.

CACECI, T., NECK, K.F., LEWIS, D. H., SIS, R. F., 1988. Infrastructure of the hepatopancreas of the Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* (Crustacea:Decapoda). J. Mar. Biol. Assoc., U. K., 68: 323-31.

CALVO, N.S., STUMPF, L., PIETROKOVSKY, S., LÓPEZ GRECO, L.S., 2011. Early and late effects of feed restriction on survival, growth and hepatopancreas structure in juveniles of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Aquaculture, 319: 355–362.

CARMONA-OSALDE, C., RODRIGUEZ-SERNA, M., OLVERA-NOVOA, MA., 2005. Effect of the protein-lipids ratio on growth and maturation of the crayfish *Procambarus (Austrocambarus) llamasi*. Aquaculture, 250: 692-699.

CARMONA-OSALDE, C., RODRÍGUEZ-SERNA, M., HERNÁNDEZ-MORENO, H., ARREDONDO-FIGUEROA, JL., 2015. Total and partial substitution of dietary fish oil with palm oil to juvenile crayfish, *Procambarus llamasi.* J. Aquac. Res. Development, 6:10.

CASTILLE, JR. F.J., LAWRENCE, A.L., 1981. The effect of salinity on the osmotic, sodium and chloride concentrations in the hemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus*. Comp. Biochem. Physiol., 68A: 75-80.

CASTELL J.D., 1983. Fatty acid metabolism in crustaceans. *In :* Proceedings of the Second International Conference on Aquaculture Nutrition : Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition. Baton Rouge, Louisiana, pp. 124-145.

CATACUTAN, M.R., 1991. Growth and fatty acid composition of *Penaeus monodon* juveniles fed various lipids. Isaeral J. Aquac., 43: 47–56.

CLAUSEN, D.L., 1977. Thermal acclimation in ambystomatid salamenders. Comparative Biochemistry and Physiology, 58A: 33-340.

CLAUSSEN, D.L., 1980. Thermal acclimation in the crayfish *Orconectes rusticus* and *O. virilis*. Comp. Biochem. Physiol., 66A: 377–384.

COLVIN, P.M., 1976. The effect of selected seed oils on the fatty acid composition and growth of *Penaeus indicus*. Aquaculture, 8: 81–89.

COOK, H.W., MC MASTER, R.C.R., 2004. Fatty acid desaturation and chain elongation in eukaryotes. In *Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and*

Membranes; Vance, D.E., Vance, J.E., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, pp. 181–204.

CORTES-JACINTO, E., VILLARREAL-COLMENARES, H., CRUZ-SUAREZ, L.E., CIVERA-CERECEDO, R., NOLASCO-SORIA, H., HERNANDEZ-LLAMAS, A. 2005. Effect of different dietary protein and lipid levels on growth and survival of juvenile Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens). Aquaculture Nutrition, 11(4): 283-291.

COWLES, R.B., BOGERT, C.M., 1944. A preliminary study of the thermal requirements a desert reptile. Bull. Am. Mus. Nat. Hist., 83: 265–296.

CRAIG, S.R., NEILL, W.H., GATLIN, D.M., 1995. Effects of dietry lipid and environmental salinity on growth, body composition, and cold tolerance of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus).* Fish Physiol. Biochem., 14: 49-61.

DAVIS, D., ROBINSON, E., 1986. Estimation of the dietary lipid requirement level of the white crayfish *Procambarus acutus acutus* J. World Aquacult. Soc., 17: 37–43.

DEBNATH, D., PAL, A.K., SAHU, N.P., BARUAH, K., YENGKOKPAM, S., DAS, T., MANUSH, S.M., 2006. Thermal tolerance and metabolic activity of yellowtail catfish *Pangasius pangasius* (Hamilton) advanced fingerlings with emphasis on their culture potential. Aquaculture, 258:606-610.

DEERING, M.J., FIELDER, D.R., HEWITT, M.J., 1997 Growth and fatty acid composition of juvenile leader prawns, *Penaeus monodon*, fed different lipids. Aquaculture, 151: 131–141.

DIAZ, F., SIERRA, E., RE, A.D., RODRIGUEZ, L., 2002. Behavioural thermoregulation and critical thermal limits of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman). J. Therm. Biol., 27:423-428.

DIAZ-HERRERA, F., SIERRA, U.E., BÜCKLE, R.L.F., GARRIDO, M.A., 1998. Critical thermal maxima and minima of *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palemonidae). J. Therm. Biol., 23: 381–385.

DIAZ, F., SIERRA, E., RE, A.D., RODRIGUEZ, L., 2002. Behavioural thermoregulation and critical thermal limits of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman). J. Therm. Biol., 27: 423–428.

DIAZ, F., RE, A.D., SIERRA, E., AMADOR, G., 2004. Behavioural thermoregulation and critical limits applied to the culture of red claw crayfish *Cherax quadrıcarinatus* (Von Martens). Freshwater Crayfish, 14: 90-98.

DING, Z., CHEN, L., DU, Z., JIANG, H., SUN, S., LI, E., 2014. A mixture of fish oil and soybean oil as a dietary lipid source prevents precocity and promotes growth in juvenile *Macrobrachium nipponense* (De Haan). Aquaculture Research, 45: 1567–1572.

DOMINY, W., LIM, C., 1989. Utilization of various lipid sources in the diets of *Litopenaeus vannamei*. Abstracts, World Aquaculture Meeting, 13–16 February 1989, Los Angeles, CA, p. 77.

DUNCAN, D.B., 1955. Multiple range and multiple F-test. Biometrics, 11: 1-42.

DÜLGER, N., 2011. Farkli tuzluluk ve sıcaklıklarda deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*)'nde kritik termal minimum ve maksimum değerlerinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

DÜLGER, N., KUMLU, M., TÜRKMEN, S., ÖLÇÜLÜ, A., EROLDOĞAN, O.T., YILMAZ, H.A., ÖÇAL, N., 2012. Thermal tolerance of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles acclimated to three temperature levels. J. Therm. Biol., 37: 79-82.

ENGİN, V., 2008. Yeme katılan farklı bitkisel lipit kaynaklarının gökkuşağı alabalığı *(Oncorhynchus mykıss* W., 1792)'nın büyüme, yem değerlendirme ve et kalitesine etkileri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

ERN, R., HUONG, D. T. T., PHUONG, N. T., MADSEN, P.T., WANG, T., BAYLEY, M., 2015. Some like it hot: Thermal tolerance and oxygen supply capacity in two eurythermal crustaceans. Sci. Rep., 5: 10743. doi: 10.1038/srep10743

EROLDOĞAN, O.T., TURCHINI, M.G., YILMAZ, H.A., TAŞBOZAN, O., ENGIN, K., ÖLÇÜLÜ, A., ÖZŞAHINOĞLU, I., MUMOĞULLARINDA, P., 2012. Potential of cottonseed oil as fish oil replacer in European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) feed formulation. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science, 12: 787-797.

EROLDOĞAN, O.T., YILMAZ, H.A., TURCHINI, G. M., ARSLAN, M., SIRKECIOĞLU, A.N., ENGIN, K., ÖZŞAHINOĞLU, I., MUMOĞULLARINDA, P., 2013. Fatty

acid metabolism in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) effects of n-6 PUFA and MUFA in fish oil replaced diets. Fish Physiology and Biochemistry, 39: 941-955. doi: 10.4194/1303-2712-v12_4_07.

EME, J., BENNETT, W.A., 2009. Critical thermal tolerance polygons of tropical marine fishes from Sulawesi, Indonesia. J. Therm. Biol., 34: 220-225

ESPINA, S., HERRERA, F.D., BÜCKLE R.L.F., 1993. Preferred and avoided temperatures in the crawfish *Procambarus clarkii* (Decapoda, Cambaridae). J. Therm. Biol., 18: 35-39.

EVANS, L.H., FAN, A., FINN, S.P., DAWSON, S.A.. SIVA, C.J., LEE, I.R., 1992. Nutritional satus assessment studies in the freshwater crayfish, *Cherax tenuimanus.* In: G.L. Allan and W. Dal1 (Editors), Proc. Aquaculture Nutrition Workshop, 15-17 April 1991, Salamander Bay. NSW Fisheries, Brackish Water Fish Culture Research Station, Salamander Bay, Australia, pp. X7-91.

FAO, 2012. The State of the World Fisheries and Aquaculture 2012. Rome:FAO.

FAO, 2016. 2014 yılı Dünya kerevit üretimi istatistikleri. http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/work/FIGIS/prod/webapps/figis/temp/hqp_8349465701904302741.xml&outtype=html (Temmuz 2016 tarihinde erişilmiştir).

FIRKINS, I., 1993. Environmental tolerances of three species of freshwater crayfish. PhD thesis, University of Nottingham.

FRANCESCHINI-VICENTINI, I.B., RIBEIRO, K., PAPA, L.P., JUNIOR, J.M., VICENTINI, C.A., VALENTI, P.M.C.M., 2009. Histoarchitectural features of the hepatopancreas of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. Int. J. Morphol., 27: 121–128.

FRY F. E. J., 1947. Effects of the environment on animal activity (Univ. Toronto Stud. Biol. Ser. 55) Ontario Fish.Res. Lab. Publ., 68: 1-62.

HARDY, R.W., 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research, 41: 770-776.

HAN, T., WANG, J., HU, S., LI, X., JIANG, Y., WANG C., 2015. Effects of different dietary lipid sources on growth performance and tissue fatty acid composition of juvenile swimming crab *Portunus trituberculatus.* Chinese Journal of Oceanology and Limnology, Volume 33, Issue 4: 957-965.

HAZEL, JR,, 1979. Influence of thermal acclimation on membrane lipid composition of rainbow trout liver. The American Journal of Physiology, 236(1):R91–101.

HAZEL, JR., WILLIAMS, E,E., 1990. The role of alterations in membrane lipid composition in enabling physiological adaptation of organisms to their physical environment. Prog Lipid Res., 29(3):167–227.

HAZEL JR., 1995. Thermal adaptation in biological membranes: is homeoviscous adaptation the explanation?Annual Review of Physiology. 57:19–42.

HERRERA, D.F., URIBE, S.E., RAMIREZ, B.L.F, MORA, G.A., 1998. Critical thermal maxima and minima of *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palemonidae). J. Therm. Biol., 23: 381-385.

HERNANDEZ-VEREGA, M.P., ROUSE, D.B., OLVERA-NOVOA, M.A., DAVIS, D.A., 2003. Effects of dietary lipid level and source on growth and proximate composition of juvenile redclaw (*Cherax quadricarinatus*) reared under semi-intensive culture conditions. Aquaculture, 232:107-115.

HOANG, T., LEE, S.Y., KEENAN, C.P., MARSDEN, G.E., 2002. Cold tolerance of banana prawn *Penaeus merguiensis* de Man and its growth at different temperatures. Aquaculture Research, 33: 21-26.

HUANG, S.S.Y., FU, C.H.L., HIGGS, D.A., BALFRY, S.K., SCHULTE, P.M., BRAUNER, C.J., 2008. Effects of dietary canola oil level on growth performance, fatty acid composition and ion regulatory development of spring chinook salmon parr, *Oncorhynchus tshawytscha*. Aquaculture, 274, 109–117

HU, Y., TAN B.,MAI K., AI, Q., ZHANG L., ZHENG, S., 2010. Effects of dietary menhaden oil, soybean oil and soybean lecithin oil at different ratios on growth, body composition and blood chemistry of juvenile *Litopenaeus vannamei*. Aquacult. Int., DOI 10.1007/s10499-010-9361-4.

GENC, M.A., AKTAS, M., GENC, E., YILMAZ, E., 2007. Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth, body composition and hepatopancreas histology of *Penaeus semisulcatus* (de Haan 1844). Aquaculture Nutrition, 13:156–161.

GHIASVAND Z., MATINFAR A., VALIPOUR A., SOLTANI M., KAMALI A., 2012. Evaluation of different dietary protein and energy levels on growth performance

and body composition of narrow clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*). Iranian Journal of Fisheries Sciences 11(1): 63-77.

GONZALEZ-FELIX M. L., GATLIN III, D. M, LAWRENCE, A. L., PEREZ-VELAZQUEZ, M., 2002a. Effect of various dietary lipid levels on quantitative essential fatty acid requirements of juvenile pacific white shrimp *Litopenaeus vannemei*. Journal of the World Aquaculture Society, 33: 330–340.

GONZÁLEZ-FÉLIX, M.L., LAWRENCE, A.L., GATLIN III, D.M., PEREZ-VELAZQUEZ, M., 2002b. Growth, survival and fatty acid composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* fed different oils in the presence and absence of phospholipids. Aquaculture, 205: 325–343.

GONZÃLEZ, R.A., DI´AZ, F., LICEA, A., RE, A.D., SÃNCHEZ, L.N., GARCI´A-ESQUIVEL, Z., 2010. Thermal preference, tolerance and oxygen consumption of adult white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) exposed to different acclimation temperatures. J. Therm. Biol., 35: 218–224.

GUARY J.C., KAYAMA, M., MURAKAMİ, Y., CECCALDI, H.J., 1976. The effects of a fat-free diet and compounded diets supplemented with various oils on molt, growth and fatty acid composition of prawn, *Penaeus japonicus* Bate. Aquaculture, 7 : 245-254.

GUO, Z., YANG, Z., CHENG, Y., JI, L., QUE, Y., LIU, Z., ZENG, Q., 2013. Molecular characterization, tissue expression of acyl-CoA Delta 9-desaturase-like gene, and effects of dietary lipid levels on its expression in the hepatopancreas of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). Aquaculture, 402: 58–65.

GÜLER, M. YILDIZ, M., 2011. Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)" Türk J. Vet. Anim. Sci., TÜBİTAK, 35 (1). 157-167.

IKEDA, A.K,. ZUANON, J.A.S., SALARO, A.L., FREITAS, M.B.D., PONTES, M.D., SOUZA, L.S., SANTOS,M.V., 2011. Vegetable oil sources in diets for freshwater angelfish (*Pterophyllum scalare*, Cichlidae): growth and thermal tolerance. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.63, n.3: 670-677.

JOBLING M., BENDIKSEN, E.Å.,2003. Dietary lipids and temperature interact to influence tissue fatty acid compositions of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr. Aquaculture Research, 34(15):1423–41.

JOHNSON, JA., KELSCH, SW,. 1998. Effects of evolutionary thermal environment on temperature preference relationship in fishes. Env Biol Fish. 53: 447–458.

JUSSILA, J., MANNONEN, A., 1997. Marron *(Cherax tenuimanus)* and noble crayfish (*Astacus astacus)* hepatopancreas energy and its relationship to moisture content. Aquaculture 149: 157-161.

KAMARUDIN M. S.,ROUSTAIAN, P., 2002. Growth and fatty acid composition of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, larvae fed diets containing various ratios of cod liver oil–corn oil mixture. J. Appl. Ichthyol. ,18: 148–153.

KANAZAWA A., TOKIWA, S., KAYAMA, M., HIRATA, M., 1977b. Essential fatty acids in the diet of prawn-I. Effects of linoleic and linolenic acids on growth. Bull. of the Jpn. Soc. Sci. Fish., 43 : 1111- 1114.

KANAZAWA A., TESHIMA, S., TOKIWA, S., 1979a. Biosynthesis of fatty acids from palmitic acid in the prawn, *Penaeus japonicus*. Mem. of the Fac. of Fish. Kagoshima Univ., 28 : 17-20.

KANAZAWA A., TESHIMA, S., ENDO, M., 1979b. Requirements of prawn, *Penaeus japonicus* for essential fatty acids. Mem. Fac. of Fish. Kagoshima Univ., 28 : 27-33.

KAYAMA, M., HIRATA, M., KANAZAWA, A., TOKIWA, S., SAITO, M., 1980. Essential fatty acids in the diet of prawn: III. Lipid metabolism and fatty acid composition Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 46: 483–488.

KELLY, A.M., KOHLER, C.C. 1999. Cold Tolerance and Fatty Acid Composition of Striped Bass, White Bass, and Their Hybrids. North American Journal of Aquaculture, 61(4): 278-285.

KESTEMON,T P., VANDELOISE, E., MÉLARD, C., FONTAINE, P., BROWN, P.B., 2001. Growth and nutritional status of Eurasian perch *Perca fluviatilis* fed graded levels of dietary lipids with or without added ethoxyquin. Aquaculture, 203: 85–99.

KIMURA, F.T., MILLER, V.L., 1957. Improved determination of chromic oxide in cow feed and feces. J. Agric. Fd. Chem., 5: 216.

KIR, M., KUMLU, M., 2008a. Effect of temperature and salinity on low thermal tolerance of *Penaeus semisulcatus* (Decapoda: Penaeidae). Aquacult. Res., 39(10): 1101-1106.

KIR, M., KUMLU, M., 2008b. Critical thermal minima of *Penaeus semisulcatus* (Decapoda: Penaeidae) acclimated to four temperature levels. J. World Aquacult. Soc., 38(4): 535-540.

KOBAYASHI, M., MSANGI, S., BATKA, M., VANNUCCINI, S., DEY, M.M., ANDERSON, J.L., 2015. Fish to 2030: The role and opportunity for aquaculture. Aquacult. Econ. Manage., 19: 282-300.

KUMLU, M., 2001. Karides, İstakoz ve Midye Yetiştiriciliği. Ç.Ü. Su Ürünleri Fakültesi, Ders Kitabı No: 4, Adana.

KUMLU, M., KUMLU, M., TÜRKMEN, S., 2010a. Combined effects of temperature and salinity on critical thermal minima of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Crustacea: Penaeidae). J. Therm. Biol., 35: 302-304.

KUMLU, M., TÜRKMEN, S., KUMLU, M., 2010b. Thermal tolerance of *Litopenaeus vannamei* (Crustacea: Penaeidae) acclimated to four temperatures. J. Therm. Biol., 35: 305-308.

LAYNE, J.R., CLAUSSEN, D.L., MANIS, M.L., 1987. Effects of acclimation temperature, season and time of day on the critical thermal maxima and minima of the crayfish *Orconectes rusticus*. J. Therm. Biol. 12: 183–187.

LI, J.Y., GUO, Z.L., GAN, X.H., WANG, D.L., ZHANG, M.F., ZHAO, Y.L., 2011. Effect of different dietary lipid sources on growth and maturation of pre-adult female *Cherax quadricarinatus* (von Martens). Aquaculture Nutrition, 17: e853–e860.

LIM, C., AKO, H., BROWN, C.L., HAHN, K., 1997. Growth response and fatty acid composition of juvenile *Penaeus vannamei* fed different sources of dietary lipid. Aquaculture, 151: 143-253.

MARINE HARVEST, 2015. Salmon Farming Industry Handbook, p.90

MANUSH, S.M., PAL, A.K., CHATTERJEE, N., DAS, T., MUKHERJEE, S.C., 2004. Thermal tolerance and oxygen consumption of *Macrobrachium rosenbergii* acclimated to three temperatures. J. Therm. Biol., 29: 15-19.

MCCLAIN. W.R., 1995a. Effects of population density and feeding rate on growth and feeding consumption of red swamp crawfish *Procambarus clarkii*. J. World Aquacult. Soc., 26: 14-22.

MCCLAIN. W.R., 1995b. Growth of crawfish *Procambarus clarkii* as a function of density and food resources. J. World Aquacult. Soc.. 26: 24-28.

MILLAMENA, O., 1989. Effects of fatty acid composition of broodstock diet on tissue fatty acid patterns and egg fertilization and hatching in pond-reared *Penaeus monodon*. Asian Fish Sci., 2:127–134.

MISAKA, N., MIZUNO, S., ANDO, D., KOYAMA, T., TERANISHI, T., KOIDE, N., 2014. Effects of cottonseed oil in diets on growth, feed efficiency and health parameters of chum salmon *Oncorhynchus keta* fry. Sci. Rep. Hokkaido Fish Res. Inst., 85: 25-32.

MISHRA, K., SAMANTARAY, K., 2004. Interacting effects of dietary lipid level and temperature on growth, body composition and fatty acid profile of rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). Aquacult. Nutr., 10: 359-369.

MITRA, G., MUKHOPADHYAY, P.K., CHATTOPADHYAY, D.N., 2005. Nutrition and feeding in freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming. Aquafeed Formulation and Beyond, 2: 17-19.

MOYA-FALCON, C., HVATTUM, E., TRAN, T.N., THOMASSEN, M.S., SKORVE, J., RUYTER, B., 2006. Phospholipid molecular species, beta-oxidation, desaturation and elongation of fatty acids in Atlantic salmon hepatocytes: effects of temperature and 3-thia fatty acids. Comparative biochemistry and physiology Part B, Biochemistry & Molecular Biology. 145(1):68–80.

MURALISANKAR, T., SARAVANA BHAVAN, P., RADHAKRISHNAN, S., SEENIVASAN, C., MANICKAM, N., SHANTHI, R., 2014. Effects of dietary supplementation of fish and vegetable oils on the growth performance and muscle compositions of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. The Journal of Basic and Applied Zoology, 67: 34–39.

MUZINIC, L.A., THOMPSON, K.R., MORRIS, A., WEBSTER, C.D., ROUSE, D.B., MANOMAITIS, L., 2004. Partial and total replacement of fish meal with soybean

meal and brewer's grain with yeast in practical diets for Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Aquaculture, Vol: 230, Iss.:1-4: 359-376

NEW, M., WIJKSTRÖM, U., 2002. Use of fishmeal and fish oil in aquafeeds: further thoughts on the fishmeal trap. FAO Fisheries Circular, No. 975. Rome, FAO.

NG, W.K., LIM, P.K., BOEY, P.L., 2003a. Dietary lipid and palm oil source affects growth, fatty acid composition and muscle alpha-tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. Aquaculture, 215: 229–243.

PALADINO, F.V., SPOTILA, J.R., SCHUBAUER, J.P., KOWALSKI, K.T., 1980. The critical thermal maximum: a technique used to elucidate physiological stress and adaptation in fish. Rev. Can. Biol., 39: 115-122.

PARPOURA, A.C.R., ALEXIS, M.N., 2001. Effects of different dietary oils in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) nutrition. Aquacult. Int., 9: 463–476.

PIGOT, G. M., TUCKER, B.W., 1990. Seafood effects of technology on nutrition. Aquaculture commercial farming of fish and shellfish, Appendix A, pp. 318-325

PROSSER, C.L., 1991. Temperature. In: Prosser, C.L. (Ed.), Environmental and Metabolic Animal Physiology. Wiley-Liss, New York, pp. 109–166

PÖRTNER, H.O., 2002. Climate variations and the physiological basis of temperature dependent biogeography: systemic to molecular hierarchy of thermal tolerance in animals. Comp. Biochem. Physiol. A 132: 739–761.

PYCO, 2016. http://www.pycoindustriesinc.com/PackagedOil/FactsBenefits.aspx (Temmuz 2016'da erişilmiştir)

RE, A.D., DIAZ, F., SIERRA, E., RODRIGUEZ, J., PEREZ, E., 2005. Effect of salinity and temperature on thermal tolerance of brown shrimp *Farfantepenaeus aztecus* (Ives) (Crustacea, Penaeidae). . J. Therm. Biol., 30: 618-622.

RE, A.D., DIAZ, F., VALDEZ, G., 2006. Effect of salinity on the thermoregulatory behavior of juvenile blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* Stimpson. J. Therm. Biol., 31: 506–513.

RE, A.D., DIAZ, F., PONCE-RIVAS, E., GIFFARD, I., MUÑOZ-MARQUEZ, M., SIGALA-ANDRADE, H., 2012. Combined effect of temperature and salinity on the thermotolerance and osmotic pressure of juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). . J. Therm. Biol., 37: 413-418.

REGIL, J.N., MASCARO, M., DIAZ, F., RE, A.D., SÃNCHEZ-ZAMORA, A., CAAMAL-MONSREAL, C., ROSAS, C., 2015. Thermal biology of prey *(Melongena coronabispinosa*, *Strombuspugilis, Callinectes similis, Libinia dubia)* and predators *(Ocyurus chrysurus, Centropomus undecimalis)* of *Octopus maya* from theYucatan Peninsula. J. Therm. Biol., 53: 151-161.

RODRIGUEZ, M.H., RAMIREZ, L.F.B., HERRERA, F.D, 1996. Critical thermal maximum of *Macrobrachium tenellum*. J. Therm. Biol., 21: 139–143.

RODRIGUEZ, M.H., RAMIREZ, L.F.B., 1997. Thermal preference area for *Macrobrachium tenellum* in the context of global climatic change. J. Therm. Biol. 22: 309–313.

SAOUD, I.P., RODGERS, L.J., DAVIS, D.A., ROUSE, D.B., 2008. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Aquaculture Nutrition, 14: 139-142.

SAOUD, I.P., GARZA DE YTA, A., GHANAWI, J., 2012. A review of nutritional biology and dietary requirements of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). Aquaculture Nutrition, 18; 349-368.

SHEEN, S., WU, S., 1999 The effects of dietary lipid levels on the growth response of juvenile mud crab *Scylla serrata*. Aquaculture, 175, 143–153.

SICK, L.V., ANDREWS, J.W., 1973. The effect of selected dietary lipids, carbohydrates and proteins on the growth, survival and body composition of *Penaeus duorarum*. Proceedings of Sick, L.V. & Andrews, J.W. 1973. The effect of selected dietary lipids, carbohydrates and proteins on the growth, survival and body composition of *Penaeus duorarum*. Proceedings of World Mariculture Society, 4: 263–276. World Mariculture Society, 4: 263–276.

SIMČIČ, T., PAJK, F., JAKLIČ, M., BRANCELJ, A., VREZEC, A., 2014. The thermal tolerance of crayfish could be estimated from respiratory electron transport system activity. J. Therm. Biol., 41: 21–30.

SOMERO, G. N., 2010. The physiology of climate change: How potentials for acclimatization and genetic adaptation will determine 'winners' and 'losers'. Journal of Experimental Biology, 213: 912-920.

SPOOR, W., 1955. Loss and gain of heat-tolerance by the crayfish. Biol. Bull., 108, pp. 77–87

STEWART, A.H., ALLEN, P.J., 2014. Critical thermal maxima of two geographic strains of channel and hybrid catfish. North American Journal of Aquaculture, 76, 2: 104-111.

TACON, A.G.J. 1990. Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp, Washington DC, Argent Laboratories Press, 454 pp.

TACON, A.G.J., 2002. Global review of feeds and feed management practices in shrimp aquaculture. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. p. 68.

TACON, A.G.J., METIAN, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. Aquaculture, 285: 146-158.

TAŞBOZAN, O., EMRE, Y., GÖKÇE, M.A., ÖZCAN, F., ERBAŞ, C., KURTOĞLU, A., 2015. Alternative vegetable oil sources for white seabream (*Diplodus sargus*) juveniles: effects on growth and body chemical composition. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 15: 453-462.

TESHIMA, S., KANAZAWA, A., SAKAMOTO, M. (1982). Microparticulate diets for the larvae of aquatic animals. Min. Rev. Data File Fish. Res. Kagoshima Univ., 2: 67-86.

THOMPSON,K.R., MUZINIC, L.A., ENGLER, L.S., M, S.R., WEBSTER, C.D., 2004. Effect of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality. Aquaculture, 35: 659–668.

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

THOMPSON, K.R., BAILEY, T.J., METTS, L.S., BRADY, Y.J., WEBSTER, C.D., 2009. Growth response and fatty acid composition of juvenile red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) fed different sources of dietary lipid. Aquaculture Nutrition, doi: 10.1111/ j.1365-2095.2009.00697.x

TOCHER, D.R., 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. Aquaculture Research, 41(5):717–32.

TURCHINI, G.M., MAILLER R.J., 2010. Rapeseed (Canola) oil and other monounsaturated fatty acid-rich vegetable oils. (TURCHINI G.M., NG, W.K., TOCHER, R.D. editör), pp. 162-201. CRC Press, TAYLOR AND FRANCIS, Boca Raton, FL, USA.

TURCHINI, G.M., FRANCIS, D.S., RUSSELL, S.J.K., ANDREW, J.S., 2011. Transforming salmonid aquaculture from a consumer to a producer of long chain omega-3 fatty acids. Foods Chemistry, 124: 609-614.

VALIPOUR, A., SHARIATMADARI, F., ABEDIAN A., SEYFABADI S. J., ZAHMATKESH A., 2011. Growth, molting and survival response of juvenile narrow clawed crayfish, *Astacus leptodactylus*, fed two sources of dietary oils. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 10 (3): 505-518.

VASAGAM, K.P.K., RAMESH, S., BALASUBRAMANIAN, T., 2005. Dietary value of different vegetable oil in black tiger shrimp *Penaeus monodon* in presence and absence of soy lecithin supplementation: Effect on growth, nutrient digestibility and body composition. Aquaculture, 250: 317-327.

VORHEES, A.S., BRADLEY, T.J., 2012. Differences in critical thermal maxima and mortality across life stages of the mealworm beetle, *Tenebrio molitor*. Journal of Experimental Biology, 215: 2319–2326.

WARD, L.R., CARTER C.G., 2009. An evaluation of the nutritional value of alternative lipid sources to juvenile southern rock lobster, *Jasus edwardsii*. Aquaculture, 296: 292–298.

WASSEF, E.A., SALEH, N.E., EL-HADY, H.A.E., 2008. Vegetable oil blend as alternative lipid resources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*). Aquaculture Int., DOI 10.1007/s10499-008-9213-7.

WEN, X.B., CHEN, L.Q., ZHOU, Z.L., AI, C.X., GLENN, Y.D., 2002. Reproduction response of Chinese mitten-handed crab *(Eriocheir sinensis)* fed different sources of dietary lipid. Comp. Biochem. Physiol. Part A 131, 675–681.

WEN, X.B., KU, Y.M., ZHOU, KY., 2003. Growth response and fatty acid composition of juvenile *Procambarus clarkii* fed different sources of dietary lipid. Agricult. Sci. China, 2: 583–590.

XU X.L., JI W.J., CASTELL J., 1994. Influence of dietary and lipid sources on fecundity, egg hatchability and fatty acid composition of Chinese prawn (*Penaeus chinensis*) broodstock. Aquaculture, 119: 119–367.

YANG, Z., GUO, Z., JI, L., ZENG, Q., WANG, Y., YANG, X., CHENG, Y., 2013. Cloning and tissue distribution of a fatty acyl Δ6-desaturase-like gene and effects of dietary lipid levels on its expression in the hepatopancreas of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). Comp. Biochem. Physiol., Part B, 165, 99–105.

YILDIZ, M., EROLDOĞAN, O.T., ENGİN, K., GÜLÇUBUK, A., BALTACI, M. A., 2013. Effects of dietary cottonseed and/or canola oil ınclusion on the growth performance, fa composition and organ histology of the juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13: 453-464.

YILMAZ, H.A., 2014. Farklı bitkisel yağlar içeren yemlerle beslenen Avrupa deniz levreğinin (*Dicentrarchus labrax* l.) büyüme performansı ve yağ asidi metabolizması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı Doktora Tezi.

YILMAZ, H.A., EROLDOĞAN, O.T., 2015. Effects of fish oil substitution with two different vegetable oil classes on fatty acid digestibility in juvenile European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 15: 1-12.

ZHOU, Q.C., LI, C.C., LIU, C.W., CHI, S.Y., YANG, Q.H., 2007. Effects of dietary lipid sources on growth and fatty acid composition of juvenile shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Nutrition, 13: 222–229.

ÖZGEÇMİŞ

13.04.1981 yılında Adana'da doğan yazar ilk, orta ve lise öğrenimini aynı şehirde tamamlamış, 2000 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi'nden 2004 yılında mezun olmuş, aynı yıl Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Araştırıcı Mart 2006'da Israil Dışişleri Bakanlığı'ndan kazandığı bir burs ile İsrail'in Shefayim kentinde 'Intensive Aquaculture: Production, Management and Food Safety' konusunda 3 haftalık bir kursu başarıyla tamamlamıştır. 2006-2009 tarihlerinde TÜBİTAK- TOVAG, 106O195 no'lu projede aktif olarak çalıştı. Araştırıcı, Erasmus Staj Hareketliliği programı çerçevesinde 6 Haziran – 3 Ekim 2011 tarihleri arasında İngiltere'de Swansea Üniversitesi'nin, The Center for Sustainable Aquatic Research (CSAR) biriminde burslu olarak bir projede görev yapmıştır. Şu an Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.