

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Asuman BEKSARI

**TOPRAK SOLUCANI (*Eisenia fetida*)'NİN HUFA İÇERİĞİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ
VE KARİDES (*Penaeus vannamei*) BESLEMEDE KULLANIMI**

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2017



*SOLUCANLAR AFRİKA FİLLERİNDEN DAHA GÜÇLÜ VE EKONOMİ
İÇİN İNEKLERDEN DAHA ÖNEMLİDİRLER*

CHARLES DARWIN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

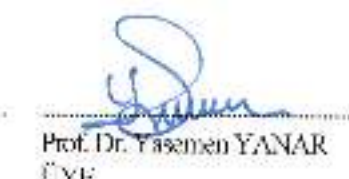
TOPRAK SOLUCANI (*Eisenia fetida*)'NİN HUFA İÇERİĞİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ
VE KARİDES (*Panagolus sumatrensis*) BESLEMEDE KULLANIMI

Asuman BEKSARI

DOKTORA TEZİ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 9/11/2017 tarihinde aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliğiyle kabul edilmiştir.

 Prof. Dr. O. Tufan EROL DOĞAN DANIŞMAN	 Prof. Dr. Suat DİKEL ÜYE	 Prof. Dr. Cihnel TÜRKMEN ÜYE
 Prof. Dr. Mevlüt AKTAŞ ÜYE	 Prof. Dr. Yasemen YANAR ÜYE	

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

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma C. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FDK-2016-6272

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

TOPRAK SOLUCANI (*Eisenia fetida*)'NİN HUFA İÇERİĞİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ
VE KARİDES (*Penaeus vannamei*) BESLEMEDE KULLANIMI

Asuman BEKSARI

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. O. Tufan EROLDOĞAN

Yıl: 2017, Sayfa: 179

Jüri : Prof. Dr. O. Tufan EROLDOĞAN

: Prof. Dr. Suat DİKEL

: Prof. Dr. Gürel TÜRKMEN

: Prof. Dr. Mevlüt AKTAŞ

: Prof. Dr. Yasemen YANAR

Bu çalışma toprak solucanı *Eisenia fetida*'nın HUFA içeriğinin zenginleştirilmesi ve karides beslemede kullanılabilme potansiyelinin araştırılması amacıyla yürütülmüştür. 1. Denemede, *E. fetida*'nın yağ asitleri (YA) balık unu (BU) ile kıyaslanmış ve farklı kompost karışımlarının solucanlarda büyüme, üreme ve vermikompost üretimi üzerine etkileri araştırılmıştır. 2 ve 3. Denemelerde, yataklı ve yataksız tekniklerle bir ticari zenginleştirici ürünün farklı dozlarda (%0-50) ve farklı periyotlarla (12, 24, 48 ve 96-saat), 4. Denemede ise balık yağının (BY) yine farklı doz (%0, 2.5, 5.0 ve 10) ve farklı periyotlarla (24, 48 ve 96-saat) solucanlarda YA profilleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmanın 5. Denemesinde ise BU yerine farklı oranlarda solucan unu (SU) kullanımı amacıyla, beş farklı ikame oranının (%0, %25, %50, %75 ve %100) Pasifik beyaz karidesinde (*Penaeus vannamei*) büyüme ve yem tüketim parametreleri ile yağ asitleri profilleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Kompost karışımları içerisinde %50 büyükbaş gübresi+%25 at gübresi+%25 çay posasının uygun olduğu belirlenmiştir. Soğuk-kurutulmuş *E. fetida* ununda (SU) protein seviyesi %62.1, ham kül %9.4, ve lipit %6 olarak belirlenmiştir. *E. fetida*'da baskın yağ asitlerinin %48.30 ile PUFA'lar olduğu, bu grubu MUFA'ların (%25.74) ve SFA'ların (%20.08) izlediği anlaşılmıştır. SU'nun YA içeriğinin oldukça zengin, ancak DHA içeriğinin, BU'ya kıyasla (%23.9), zayıf olduğu (%0.38) dikkat çekmiştir. Zenginleştirmede Doz, Süre ile Doz x Süre interaksyonları solucanların SFA, MUFA, PUFA, EPA, DHA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA'ları üzerindeki etkili olduğu bulunmuştur. DHA zenginleştirme-gruplarında 24-saatte %8-9, 48-saatte %10-15 ve 96-saatte ise %14-18'e kadar çarpıcı yükselmeler göstermiştir. 96-saatlik zenginleştirmede, n-3/n-6 oranları 1.35'ten 3.72'ye kadar çıkmıştır. 12-saatlik bir periyot için yataksız-zenginleştirme önerilirken, daha uzun periyotlarda yataklı-teknik daha uygun gözükmektedir. Zenginleştirme DHA'yı 96-saatte %16.3 ile %17.74 seviyelerine (kontrolle göre 9.37-kat) kadar çıkarmıştır. BY ile zenginleştirmede 24-saatte DHA'da 16-katlık bir artış ile 10/BY-grubunda seviye %13.55'e kadar çıkarılabilmektedir. Yemlerde SU-katısının artışı ile kas dokularında da PUFA seviyelerinde belirgin bir artış gözlenmiş, deneme sonunda karidesler %62-87 yaşama oranı ve 1.6-2.25 YÇO ile 5 haftada 3.39-4 g ağırlıklara ulaşmışlardır. Yağ asitleri, büyüme ve yem tüketim performans değerleri, SU-ikamesinin Pasifik beyaz karidesi için %100'e kadar yapılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yağ Asitleri, DHA, n-3 PUFA, İkame Oranı, Büyüme, Yem, Zenginleştirme

ABSTRACT

PhD THESIS

ENRICHMENT OF HUFA CONTENTS OF THE EARTHWORM *Eisenia fetida* AND IT'S USE AS FEED FOR THE SHRIMP *Penaeus vannamei*

Asuman BEKSARI

ÇUKUROVA UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES DEPARTMENT OF AQUACULTURE

Supervisor: Prof. Dr. O. Tufan EROLDOĞAN

Year: 2017, Pages: 179

Jury : Prof. Dr. O. Tufan EROLDOĞAN
: Prof. Dr. Suat DİKEL
: Prof. Dr. Gürel TÜRKMEN
: Prof. Dr. Mevlüt AKTAŞ
: Prof. Dr. Yasemen YANAR

This study was carried out to determine HUFA-enrichment and potential use of the earthworm *Eisenia fetida* in the diets for the Pacific white shrimp *Penaeus vannamei*. In the 1st Experiment, fatty acid (FA) compositions of *E. fetida* and fish meal (FM) were compared and the effects of different compost-mixtures on growth, reproduction and vermicompost production of *E. fetida* were studied. In the 2nd and 3rd Experiments, the effects of a commercial enrichment-emulsion in various doses (0, 10, 25 and 50%) and duration (12, 24, 48 and 96 h) in two different enrichment techniques (with or without bedding) on FA composition of *E. fetida* were investigated. In the 4th Experiment, enrichment potential of fish meal/oil (FO) for earthworms, in various doses (0, 2.5, 5.0 and 10%) and periods (24, 48 and 96 h) was also studied. In the 5th Experiment, a suitable replacement level of earthworm meal (EM) for FM was studied in five replacement levels (0, 25, 50, 75 and 100%) and the effects were assessed on the growth, feed consumption and fatty acid composition of *P. vannamei*.

Among the compost mixtures, 50% cow dung+25% horse dung+25% tea composts were found to be suitable. Freeze-dried EM had a crude protein level of 62.1%, ash level of 9.4%, and lipid level of 6%. Dominant FA's in EM were found to be PUFA's (48.30%), followed by MUFA's (25.74%) and SFA's (20.08%). FA composition of EM was rich, but it's DHA content, compared to that (23.9%) of FM, was quite low (0.38%). Dose, Time as well as Dose x Time interactions were found to be significantly important on all FAs in the enriched-groups. Enrichment sharply increased DHA levels up to 8-9% in 24-h, 10-15% in 48-h and 14-18% in 96-h. Enrichment for 96-h resulted in a sharp rise at n-3/n-6 ratios from 1.35 (control group) to 3.72 in the enriched-groups. 12-h period is suggested to be suitable for enrichment without bedding, while longer enrichment periods are recommended with bedding-media. 96-h enrichment boosted DHA to levels between 16.3 and 17.74% (9.37-fold over the control). FO-enrichment in 24-h also increased DHA levels by 16-fold in the group 10/BY (up to 13.55%). Increased inclusion level of EM in the diets enhanced PUFA levels of the shrimp tissues, and the tested diets sustained high survivals (62-87%), good growth (3.39 and 4 g) and FCRs (1.6-2.25) at the end of five-weeks growth-period. FA's, growth and feed consumption results of this study have verified that a replacement level of 100% FM by EM is possible in the diets for the Pacific white shrimp.

Keywords: Fatty Acids, DHA, n-3 PUFA, Replacement Level, Growth, Feed, Enrichment

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bu çalışma toprak solucanı *Eisenia fetida*'nın HUFA içeriğinin zenginleştirilmesi ve karides beslemede kullanılabilme potansiyelinin araştırılması amacıyla yürütülmüştür. Çalışma beş farklı deneme halinde planlanmıştır; 1. Denemede, *E. fetida*'nın yağ asitleri (YA) profilleri balık unu (BU) ile kıyaslanmış ve farklı kompost karışımlarının solucanlarda büyüme, üreme ve vermikompost üretimi üzerine etkileri araştırılmıştır. 2 ve 3. Denemelerde, yataklı ve yataksız tekniklerle bir ticari zenginleştirici ürünün (S-Presso) farklı dozlarda (%0, 10, 25 ve 50) ve farklı periyotlarla (12, 24, 48 ve 96-saat), 4. Denemede ise balık unu (BU)/ balık yağının (BY) yine farklı doz (%0, 2,5, 5.0 ve 10) ve farklı periyotlarla (24, 48 ve 96-saat) solucanlarda YA profilleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmanın 5. Denemesinde ise BU yerine farklı oranlarda solucan unu (SU) kullanımı amacıyla, beş farklı ikame oranının (%0, %25, %50, %75 ve %100) Pasifik beyaz karidesinde (*Penaeus vannamei*) büyüme ve yem tüketim parametreleri ile yağ asitleri profilleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

1. Denemede; farklı hayvansal gübreler (büyükbaş, koyun, at ve tavuk gübreleri) ile bitkisel (çay posası) ve diğer bazı atıkların (gazete kağıdı ve tavuk yumurtası kabuğu) karışımlarının *E. fetida*'nın büyüme, üreme ve vermikompost üretimi üzerine önemli etkilerde bulunduğu görülmüştür. Farklı kompost karışımlarıyla beslenen solucanlarda ortalama ağırlıklar 0.51 g ile 0.59 g arasında değişmiştir; en hızlı canlı ağırlık artışının E grubunda (%60 tavuk gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu) olduğu görülmüştür. Genel olarak değerlendirildiğinde, test edilen kompost karışımları arasında %50 oranında büyükbaş gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posasının hem pratiklik hem de solucanlarda büyüme, üreme ve vermikompost performansları açısından uygun olduğuna karar verilmiştir. Büyükbaş gübresi, at gübresi ve çay posasından oluşan bir besleme rejiminde uzun süre tuttuğumuz solucanlarımızın kurumadde, ham protein, ham lipid ve ham kül içerikleri sırasıyla %17.60, %58.55, %1.93 ve %2.5 olarak belirlenmiştir. Balık ununda (BU) ham protein, ham lipid, ham kül sırasıyla %64.92, %9.66 ve %12.10 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, koşullarımızda *E. fetida*'nın oldukça yüksek protein, düşük lipid ve ham kül oranlarına sahip olduğu görülmektedir. Yapılan yağ asitleri analizlerinde, solucanlarda dominant yağ asitlerinin %48.30 ile PUFA'lar olduğu, bu grubu MUFA'ların (%25.74) ve ardından SFA'ların (%20.08) izlediği görülmüştür. Balık ununda bu yağ asitleri gruplarının seviyelerinin aynı sırayla gidildiğinde, %41.26 (PUFA), %24.84 (MUFA) ve %33.03 (SFA) olduğu belirlenmiştir. Yağ asitleri açısından her iki yem hammaddesi arasındaki en büyük farklılıkların SFA'larda C14:0, C16:0 ve C18:0, MUFA'larda C12:1n-3, C14:1n-1, C16:1n-7, C18:1n-7, C18:1n-9 ve PUFA'larda ise C18:2n-6, C18:3n-3, C20:2n-6, C20:3n-3, C22:6n-3 olduğu dikkat çekmiştir. Solucanlardaki PUFA'lardan n-3 grubunun %30.99, balık ununun ise %36.36'lık bir paya sahip olduğu hesaplanmıştır. Her iki hammadde de EPA benzer miktarlarda bulunurken, solucanların DHA içeriklerinin BU'ya göre (%23.19) çok zayıf olduğu (%0.38) dikkat çekmiştir. Sonuçta, solucanların YA kompozisyonlarının aslında BU'ya benzer ve oldukça zengin olduğu, ancak herhangi bir canlının beslenmesinde olumlu sonuçlar alabilmek için öncelikle DHA açısından zenginleştirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

2. Denemede; Akvakültürde besin olarak kullanmak amacıyla, bir karasal hayvan olan *E. fetida*'nın HUFA'ca zenginleştirilmeye çalışılması, bilindiği kadarıyla, ilk kez bu tezde çalışılmıştır. *E. fetida* kültüründe besin olarak kullanılan kompost içerisinde yüksek oranlarda SFA (%25.22), MUFA (%24.72) ve hatta PUFA'lar (%41.66) belirlenmiş olup, özellikle n-3 PUFA'ların (%33.86), dokozapentaenoik asidin (C22:5n-3, %26.09) ve DHA'nın (%7.77) seviyelerinin şaşırtıcı bir şekilde yüksek olduğu bulunmuştur. Genel kanımız, bu YA'ların sentezlenmesinde veya bulguların etkilenmesinde rol oynayan etmenin kompost içerisinde bulunan mikrobiyal popülasyondan kaynaklanmış olabileceği yönündedir. Kompostta belirlenen bu YA'ların bir kısmının yemlerle alınıp inek/tavuk/atların sindirim sistemlerinde parçalanmadan gübre içerisine karışmış olma ihtimali düşülmüştür. Burada ilginç olan bir nokta, yüksek seviyede besin değeri olan kompost ya da vermikompost materyalinin doğrudan yem hammaddesi olarak da kullanılabilmesinin mümkün olabileceği ihtimalidir. Çalışmamızda, 25/S-Presso grubunda 96-saat sonra kompost içerisinde kalan DHA oranının %36.85 gibi çok yüksek bir seviyede olduğu ve bunun zenginleştirilmemiş solucanlardaki seviyeden 97-kat daha yüksek olduğu dikkat çekmiştir.

Yataksız-zenginleştirme tekniğinde 50/S-Presso dozu 24-saat içerisinde çok ciddi stress yaratarak solucanlarda yüksek mortaliteye neden olmuştur. Daha düşük doz-gruplarında (%10-25) herhangi bir sorun görülmemiş olup, deneme Doz, Süre ile Doz x Süre interaksiyonlarının solucanların SFA, MUFA, PUFA, EPA, DHA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA içeriklerinde çok etkili olduğu görülmüştür (P<0.05). Sadece 12-saatlik bir zenginleştirmede bile MUFA, EPA ve n-6 PUFA dışında üstte sıralanan tüm YA ve gruplarında önemli artışlar oluşmuştur. Bu süreçte normal seviyesi %3.49 olan DHA, zenginleştirilmiş-gruplarda %14 seviyesine (>3-kat) kadar yaklaşmıştır (P<0.001). Genel olarak, 0/S-Presso grubunda %1.71-3.58 arasında değişen DHA, zenginleştirme-gruplarında 24-saatte %8-9, 48-saatte %10-15 ve 96-saatte ise %14-18 civarlarına kadar çarpıcı yükselmeler göstermiştir. Zenginleştirmenin genel olarak n-6 PUFA ve özellikle de EPA üzerinde etkileri ya olmamış ya da zayıf olmuştur. Yataksız zenginleştirme tekniğinde 25/S-Presso grubunun özellikle n-3 PUFA, DHA ve n-3/n-6 oranları açısından tüm zenginleştirme sürelerinde daha etkili olduğu ve bundan dolayı da *E. fetida*'ların zenginleştirilmelerinde bu dozun (%25 S-Presso) önerilebileceği belirlenmiştir. Genel olarak tüm zenginleştirme periyodu boyunca en az etkilenen/ etkilenmeyen YA'ların veya gruplarının SFA, EPA ve MUFA oldukları kaydedilmiştir. Sadece 12-saatlik bir zenginleştirmenin bile (MUFA, EPA ve n-6 PUFA'lar hariç) tüm diğer yağ asitleri ve grupları (SFA, PUFA, n-3 PUFA, ve DHA) arasında önemli farklılıklar oluşturduğu; bu süreçte zenginleştirme gruplarında en çok etkilenen yağ asidinin DHA olduğu dikkat çekmiştir.

3. Denemede; yataklı-tekniğe DHA'daki yükseliş, yataksız-tekniğe kıyasla daha doğrusal bir şekilde gerçekleşmiş ve neticede 25/S-Presso grubunda 96-saatte %16.3'e kadar (kontrol grubuna göre 8.6-kat) artış göstermiştir. Yataksız-tekniğe ise dalgalanmalarla birlikte seviye 96-saatte %17.74'e (kontrole göre 9.37-kat) kadar ulaşmıştır. Yataklı-tekniğe tüm zenginleştirme gruplarında n-3 PUFA'ların seviyeleri doğrusal bir şekilde %31'lerden 96-saat içerisinde %44'ler civarına çıkarken, bu seviye 0/S-Presso'da %25.5 seviyesine düşmüştür. Yataklı ve yataksız teknikler kıyaslandığında, 96-saatlik bir periyotta, n-3/n-6 oranları yataksız-

zenginleştirmede 1.35'ten (0/S-Presso) 3.38'e çıkarken, yataklı-zenginleştirmede ise bu oran 1.56'dan 3.72'ye kadar yükselmiştir. Buna göre, *E. fetida*'nın HUFA içeriğinin özellikle de DHA'ca zenginleştirilmesi amacıyla, sadece 12-saatlik bir periyot için yataksız zenginleştirme tekniği önerilirken, daha uzun periyotlarda zenginleştirmenin yataklı-teknik kullanılarak yapılması daha uygun gözükmektedir. Test edilen S-Presso dozları için de önerilebilecek zenginleştirme doz oranı ise kompostun %25'i olarak belirlenmiştir.

4. Denemede; zenginleştirici olarak BU ile kurulan bu denemenin ertesi gününde (%25 ve %50 BU içeren gruplarda) solucanlarda görülen ortamdaki kaçış ve yüksek mortalite nedeniyle, bu hammaddenin üstteki oranlarda zenginleştirme için uygun olmayacağı sonucuna varılmıştır. Ancak daha düşük dozlarda BU ile daha iyi sonuçların alınabilmesi de mümkündür. Balık yağı (BY) ile yürütülen bir sonraki çalışmada, öncelikle BY ile *E. fetida*'nın YA profilleri kıyaslanmış ve sonuçlar BY'deki SFA'lerden C14:0 ve C16:0 seviyelerinin (%4.93 ve %19.58) *E. fetida*'ninkinden (%0.83 ve %2.44) daha yüksek olduğunu, diğer yandan C17:0 ve C18:0'in ise solucanlarda daha yüksek çıktığını (%3.55 ile %9.86) göstermiştir. *E. fetida*'nın MUFA içeriklerinin (%26.16) BY'dekine (%30.42) göre daha düşük olduğu, bu kapsamda en çarpıcı farklılıkların özellikle C12:1n-3, C14:1n-9, C16:1n-7, C18:1n-7 ve C18:1n-9 YA'lar olduğu, bunlardan özellikle C18:1n-9'un BY'de yüksek bir oranda bulunduğu (%17.67) anlaşılmıştır. BY'nin (%33.24) solucanlardan (%51.21) daha düşük oranda PUFA içerdiği, hem n-3 PUFA hem de n-6 PUFA'lar açısından ise farkın solucanlar lehine daha belirgin olduğu belirlenmiştir. Solucanların n-3 yağ asitlerinden C18:3n-3 (%11.8), C20:3n-3 (%9.65) ve C20:5n-3 (%9.05) açısından BY'den daha zengin, tersine C22:6n-3 (%14.17) açısından ise BY'nin solucanlara (%2.25) kıyasla daha zengin olduğu (>6-kat) görülmüştür.

BY ile zenginleştirmenin SFA, MUFA, PUFA, EPA, DHA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA'larda önemli farklılıklar yarattığı belirlenmiştir ($P < 0.05$). Test edilen en yüksek doz olan 10/BY-grubunda 24-saat zenginleştirme işlemi özellikle n-3 PUFA'larda ciddi bir yükselişe neden olmuş ve bu süreçte 0/BY-grubuna kıyasla 10/BY-grubunda %30'luk bir artış görülmüştür. En çarpıcı zenginleşme, 24'ncü saatte, kontrol grubuna (0/BY) kıyasla (%0.87) yaklaşık 16-katlık bir artış ile 10/BY-grubunda (%13.55) belirlenen DHA'daki artış seviyesidir. DHA'daki bu keskin artış, daha düşük doz gruplarında (2.5/BY ve 5/BY'de) da, 48'nci saatte gözlenmiştir (%13.44-14.62). n-3/n-6 oranı tüm zenginleştirme gruplarında 24'üncü saatte 2.27-7.06, 48'inci saatte 3.18-3.90 ve 96'nci saatte ise 3.07-3.10 olarak hesaplanmış olup, kontrol grubunda (0/BY) bu oranlar 1.61 ile 2.27 arasında değişmiştir. Tüm bulgularımız kompost içerisine %2.5 ile %5 arasında BY ilavesinin zenginleştirme amacıyla önerilebileceğini, ancak 24-saat içerisinde hızlı bir zenginleştirme yapılması isteniyorsa kompost içerisindeki BY seviyesinin %10'na kadar çıkartılabileceğini göstermiştir. Bu deneme, pahalı özel zenginleştirici ürünler kullanmadan da *E. fetida*'nın sadece BY ile n-3 PUFA (özellikle de DHA gibi çok önemli YA'ların) içeriklerinin hedeflenen seviyeye kadar zenginleştirilebileceğini kanıtlamıştır. Ayrıca, çalışmalarımız toprak solucanı *E. fetida*'nın çok kısa bir süre içerisinde bile (12-96 saat), uyguladığımız teknikler ile, çok başarılı bir şekilde hem n-3 PUFA'lar hem de DHA'ca çok yüksek seviyelere kadar zenginleştirilebileceğini ilk kez ortaya koymuştur. Çalışmalarımızda kanıtlandığı üzere, solucanların DHA içeriği 96-

saat içerisinde kontrol grubuna göre 9 ile 16-kat yükseltilecek %17-18'lere; n-3/n-6 oranı ise 3.38 ile 3.90'a kadar çıkartılabilmektedir

5. Denemede; BU yerine farklı oranlarda solucan unu (SU) ikame çalışması için öncelikle yem formülasyonunda kullanılan iki hammaddenin YA profilleri analiz kıyaslanmıştır. Buna göre; SFA'lar açısından BU'nun (%33.03) SU'ya göre (%15.86) çok daha zengin olduğu (özellikle C14:0 ve C16:0 açısından), MUFA'larca, her iki hammaddenin benzer olmakla birlikte, BU'nun C16:1n-7 (%4.16) ve C18:1n-9 (%15.25), SU'nun ise C18:1n-7 (%11.26), C14:n-1 (%2.56) açısından zengin olduğu belirlenmiştir. BU'da mevcut olmayan, ancak SU'da bulunan YA'lar olarak C10:1, C12:1n-3 ve C12:1n-5 dikkat çekmiştir. Toplam PUFA açısından SU'nun (%53.83) BU'dan (%41.26) daha zengin olduğu, detaya inildiğinde de, DHA haricindeki hemen hemen tüm bireysel PUFA yağ asitlerince SU'nun BU'dan daha zengin olduğu görülmektedir. Bunlar içerisinde en önemlileri C18:2n-6 (%13.45), C18:3n-3 (%9.31), C20:2n-6 (%2.67), C20:3n-3 (%8.96) ve C20:5n-3 (EPA, %12.58) sayılabilir. BU'nun içerdiği en yüksek PUFA'nın açık ara farkla DHA (%23.19) olduğu belirlenmiştir (P<0.001). Toplam n-3 PUFA'larca her iki hammadde birbirine benzer (%33-36) çıkmış, ancak n-6 PUFA'lar açısından ise, SU (%20.01)'nin BU'ya göre (%4.37) çok daha zengin olduğu anlaşılmıştır. BU'da n-3/n-6 oranı 8.32 çıkarken, bu oran SU'da 1.65 olarak hesaplanmıştır.

Yem formülasyonlarında farklı oranlarda kullanılan BY özellikle PUFA ve DHA seviyelerinin daha dengeli olmasına katkı getirmiştir. Yemlere eklenen gerek BU gerekse SU'nun içerdiği YA'larda belirlenen azalış ve yükselişler doğrudan doğruya yemlerde belirlenen aynı YA seviyelerine yansıma yapmıştır. Yemlerdeki YA profillerinin neredeyse tamamının karideslerin et dokusundakilere yansıma yaptığı çok açık ve net olarak belirlenmiştir. Yemlerde özellikle C18:2n-6, C20:3n-3, C20:5n-3 ve C22:n-6'da görülen pikler ve diğerlerindeki düşmeler olduğu gibi kaslarda da kaydedilmiştir. Yemlerde SU-katısının artışı ile kas dokularında da PUFA seviyelerinde belirgin bir artış gözlenmiştir [%50.25'ten (S0'da) %55.74'e kadar (S100'de)].

SU-katkılı yemlerle beslenen karides gruplarının tamamında daha yüksek n-3 PUFA seviyeleri kaydedilmiştir. SU-katkılı yemlerle beslenen gruplarda n-3 PUFA seviyeleri %37.91 ile %38.78 arasında değişirken, bu oran S0'da %33.82'de kalmıştır. Kas dokuda n-3/n-6 oranı SU-katkılı yemlerle beslenenlerde 2.15-2.32 arasında, S0'da ise 2.07 olarak hesaplanmıştır. DHA/EPA oranı S0'da 1.28, diğer S25-S100 gruplarında ise 1.00-1.26 olarak belirlenmiştir. Deneme başlangıç ağırlıkları 1.85 g olan yavru karidesler, farklı oranlarda SU içeren yemlerle 5 hafta beslendiklerinde, deneme sonunda %62.22 ile %86.77 yaşama oranlarıyla 3.39 ile 4 g ağırlıklara ulaşmışlardır. Deneme sonu karides ağırlık ortalamaları S0'da 4 g, S50-S100'de 3.67-3.70 g ve S25'te ise 3.39 olarak belirlenmiştir. En yüksek biyomasın S100'de (288 g) görüldüğü, bu açıdan diğer grupların sıralamasının ise S50 (272 g) > S0 (264 g), S75 (262 g) ve son olarak S25 (190 g) olduğu belirlenmiştir. YÇO hesaplamaları, bu değerlerin 1.60 ile 2.25 arasında değiştiğini ve sıralamanın S0 ≤ S50 ≤ S100 ≤ S75 < S25 olduğunu göstermiştir. Yağ asitleri ve büyüme/yem tüketim performans değerleri, BU yerine SU-ikamesinin *P. vannamei*'nin beslenmesinde %100'e kadar yapılabileceği göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Bu tezin yürütülmesi esnasında yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren Danışman Hocam Prof. Dr. O. Tufan EROLDOĞAN'a, doktora öğrenimimin her aşamasında sonsuz destek ve yardımlarını esirgemeyen, denemenin planlaması ve kurgulanmasında sonsuz katkılarda bulunan Prof. Dr. Metin KUMLU'ya, deneme boyunca ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını hiç esirgemeyen Arş. Gör. Dr. H. Asuman YILMAZ'a, Yüksek Su Ürünleri Mühendisi Enes KINAY'a, Arş. Gör. Merve SARIİPEK'e ve Su Ürünleri Mühendisi Ferhat ÖZYILMAZ'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırmalar ve Projeler Birimi tarafından FDK-2016-6272 proje koduyla desteklenmiştir.

BABA bu tez senin için...

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET.....	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XV
SİMGELER VE KISALTMALAR	XVIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
2.1. Lipitler ve Yağ Asitleri	7
2.2. Akvakültürde Kullanılan Canlı Yem Kaynakları ve Bunların Besince Zenginleştirilmesi	10
2.2.1. Larva Beslemede Kullanılan Canlı Yem Kaynakları	10
2.2.2. Anaç Beslemede Kullanılan Canlı Yem Kaynakları	13
2.3. Akvakültürde Mevcut Yem Protein Kaynakları Nelerdir?	16
2.4. Toprak Solucanı Üretiminde Türkiye'deki Mevcut Durum Nedir?	17
2.5. Kırmızı Toprak Solucanı <i>Eisenia fetida</i>	19
2.5.1. <i>Eisenia fetida</i> 'nın Taksonomisi	19
2.5.2. <i>Eisenia fetida</i> 'nın Morfolojisi	19
2.5.3. Ekolojisi	20
2.5.4. Üremesi	21
2.5.5. Yaşam Döngüsü	22
2.6. Toprak Solucanlarının Değerlendirilme Alanları	23
2.7. Toprak Solucanlarının Besin Değeri	26
2.8. Toprak Solucanlarının Kültür Koşullarında Beslendikleri Besinler	27
2.9. Beslemede Toprak Solucanlarının Kullanımı	28
2.9.1. Kara Hayvanlarının Beslenmesinde Toprak Solucanlarının Kullanımı	28
2.9.2. Balıklarda Toprak Solucanlarının Kullanımı	29

2.9.3. Karides Beslemede Solucan Kullanımı	34
2.10. Pasifik Beyaz Karidesi (<i>Penaeus vannamei</i>)	35
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	39
3.1. Deneme Materyalleri	39
3.2. Denemelerin Dizaynı ve Yönetimi	40
3.3. Denemeler	40
3.3.1. I. DENEME	
Farklı Yem Karmalarının (Besin) Toprak Solucanında Büyüme, Üreme ve Vermikompost Üretimi Üzerine Etkileri	40
3.3.1.1. Deneme Ünitesinin Kurulması	40
3.3.1.2. Denemenin Kurulması	41
3.3.1.3. Solucan Temini	42
3.3.1.4. Çevresel Parametreler	44
3.3.1.5. Temel Besin Bileşenleri ve Yağ Asitleri Analizi İçin Örnekleme	44
3.3.2. II. DENEME	
S-Presso Kullanılarak Toprak Solucanının Yataksız Ortamda HUFA'ca Zenginleştirilmesi	45
3.3.3. III. DENEME	
S-Presso Kullanılarak Toprak Solucanının Yataklı Ortamda HUFA'ca Zenginleştirilmesi	47
3.3.4. IV. DENEME	
Balık Unu/Balık Yağı Kullanarak Toprak Solucanının HUFA'ca Zenginleştirilmesi	49
3.3.5. V. DENEME	
Toprak Solucanı Ununun Protein Kaynağı Olarak Karides (<i>Penaeus vannamei</i>) Yemlerinde Kullanımı	52
3.3.5.1. Deneme Materyali	52
3.3.5.2. Deneme Yemlerinin Hazırlanması	52
3.3.5.3. Denemenin Yürütülmesi	55
3.3.5.4. Performans Ölçümü	59
3.4. Genel Analizler	59
3.4.1. Lipit Analizi	59
3.4.2. Kuru Madde ve Ham Kül Analizleri	60

3.4.3. Ham Protein Analizi.....	60
3.4.4. Yağ Asitleri Analizi.....	61
3.4.5. İstatistik Analizler.....	62
5. BULGULAR	63
4.1. I. DENEME	
Farklı Kompost İçeriklerinin Toprak Solucanlarında (<i>Eisenia fetida</i>) Büyüme, Üreme ve Vermikompost Üretimi Üzerine Etkileri	63
4.1.1. Çevresel Parametreler	63
4.1.2. Büyüme ve Üreme.....	64
4.1.3. Tüketilen Kompost Miktarı (Vermikompost Üretimi)	66
4.1.3.1. İlk 3 Aylık Dönem.....	66
4.1.3.2. İkinci 3 Aylık Dönem.....	68
4.1.4. Temel Besin Bileşenleri ve Yağ Asitleri	70
4.2. II. DENEME	
Toprak Solucanlarının Yataksız Ortamda Farklı Zenginleştirici (S-Presso) Dozu ve Süresi İle Zenginleştirilmesi	73
4.3. III. DENEME	
Toprak Solucanlarının Yataklı Ortamda Farklı Zenginleştirici (S-Presso) Dozu ve Süresi İle Zenginleştirilmesi	89
4.4. IV. DENEME	
<i>Eisenia fetida</i> 'nın Balık Unu/Yağı İle Farklı Doz ve Sürelerle Zenginleştirilmesi	103
4.5. V. DENEME	
Toprak Solucanı Ununun Protein Kaynağı Olarak Karides (<i>Penaeus vannamei</i>) Yemlerinde Kullanımı	117
5. TARTIŞMA.....	129
5.1. Farklı Kompostların <i>Eisenia fetida</i> 'nın Büyüme, Üreme ve Vermikompost Üretimi Üzerine etkileri	129
5.2. Toprak Solucanlarının Temel Besin Bileşenleri ve Yağ Asitleri Profillerinin Balık Unu ile Kıyaslanması	133
5.3. Yataksız veya Yataklı Ortamda Hızlı ve Pratik Bir Şekilde Toprak Solucan- larının Bir Ticari Emülsifiye Solüsyon İle Zenginleştirilmesi	137
5.3.1. Yataksız-Zenginleştirme Tekniği	141

5.3.2. Yataklı-Zenginleştirme Tekniği	142
5.4. Ekonomik Ürünlerle (Balık Unu/Yağı) <i>Eisenia fetida</i> 'nın HUFA'ca Zenginleştirilmesi	143
5.5. Zenginleştirilen Solucanlar Akvakültür Sektöründe Ne Amaçla Kullanılabilir?	147
5.5.1. Canlı Olarak Toprak Solucanlarının Beslemede Kullanılması	148
5.5.1.1. Anaç Beslemede	148
5.5.1.2. Yavru Beslemede	151
5.5.2. Protein Kaynağı veya Katkı Maddesi Olarak Solucan Ununun Yemlerde Kullanımı	152
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	157
6.1. Farklı Kompostların <i>Eisenia fetida</i> 'nın Büyüme, Üreme ve Vermikompost Üretimi Üzerine etkileri	157
6.2. Toprak Solucanlarının Temel Besin Bileşenleri ve Yağ Asitleri Profillerinin Balık Unu ile Kıyaslanması	157
6.3. Yataksız veya Yataklı Ortamda Hızlı ve Pratik Bir Şekilde Toprak Solucanlarının Bir Ticari Emülsifiye Solüsyon İle Zenginleştirilmesi	158
6.3.1. Yataksız-Zenginleştirme Tekniği	159
6.3.2. Yataklı-Zenginleştirme Tekniği	160
6.4. Ekonomik Ürünlerle (Balık Unu/Yağı) <i>Eisenia fetida</i> 'nın HUFA'ca Zenginleştirilmesi	161
6.5. Zenginleştirilen Solucanlar Akvakültür Sektöründe Ne Amaçla Kullanılabilir?	163
6.5.1. Canlı Olarak Toprak Solucanlarının Beslemede Kullanılması	163
6.5.1.1. Anaç Beslemede	163
6.5.1.2. Yavru Beslemede	164
6.5.2. Protein Kaynağı veya Katkı Maddesi Olarak Solucan Ununun Yemlerde Kullanımı	164
KAYNAKLAR	167
ÖZGEÇMİŞ	179

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. Bazı yağ asitlerinin gruplar içerisindeki yerleri, formülleri ve isimleri	12
Çizelge 2.2. S-Presso zenginleştirme ürününün tipik besinsel değeri (Inve Aquaculture, Belçika)	14
Çizelge 3.1. Deneme yemlerinde kullanılan hammadde düzeyleri (%) ve hesaplanan besin içerikleri	53
Çizelge 4.1. Deneme esnasında 6 aylık süreçte ölçülen çevresel parametrelerin 3'er aylık periyotlardaki ortalamaları. Her değer bir ortalama \pm standart sapmayı ifade etmektedir	63
Çizelge 4.2. İlk üç aylık dönem ve son 3 aylık dönemde yapılan solucan büyüme ölçüm değerleri ve kokon sayımları. Kokon sayımı her gruptan tesadüfen alınan 1 kg veya 100 g kompost içerisinde yapılmış sayıma tekabül etmektedir	64
Çizelge 4.3. Deneme boyunca örneklemlerde ölçülen ortalama çevresel parametreler, solucan ağırlığı ve kokon üretim verileri	69
Çizelge 4.4. Çalışma sonunda F grubundan alınan solucan örneklerinde (yaş olarak) ve balık ununda yapılan temel besin bileşenleri sonuçları (kuru maddede). Her değer bir ortalama \pm standart sapmadan oluşmaktadır	70
Çizelge 4.5. Çalışma sonunda F grubundan alınan solucan örneklerinde (yaş ağırlık) ve balık ununda yapılan yağ asitleri analiz sonuçları (kuru maddede). Her değer bir ortalama \pm standart sapmadan oluşmaktadır (n=3)	71
Çizelge 4.6. Denemede kullanılan kırmızı toprak solucanlarında (<i>Eisenia fetida</i>) besin olarak kullanılan kompost karışımında zenginleştirici olarak kullanılan S-Presso ürünü ve deneme sonunda kompostlarda kalan yağ asitleri (%). Tüm örneklerde analizler yaş ağırlık üzerinden yapılmıştır. Her değer bir ortalama (n = 3) \pm Standart sapmadır. 'n.d.' ile işaretlenmiş veriler analizlerde belirlenmemiştir	74
Çizelge 4.7. Farklı dozlarda zenginleştirici (%0, 10 ve 25 S-Presso) ile farklı süreler boyunca (12, 24, 48 ve 96-saat) zenginleştirilen kırmızı toprak solucanlarında (<i>Eisenia fetida</i>) yağ asitleri profilleri (%). Her değer bir ortalama (n = 3) \pm Standart sapmadır. NS: İstatistik olarak önemsiz anlamında kullanılmıştır	76
Çizelge 4.8. Farklı zenginleştirme dozları (%0, 10, 25 S-Presso) ile farklı süreler (12, 24, 48 ve 96-saat) boyunca besin içeriği zenginleştirilen kırmızı toprak solucanlarında (<i>Eisenia fetida</i>) yapılan İki-yönlü ANOVA istatistik sonuçları	81
Çizelge 4.9. Doz grupları dikkate alınmaksızın, farklı zenginleştirme sürelerinin (12, 24, 48 ve 96-saat), solucanların yağ asitleri üzerine olan etkilerini gösteren Tek-yönlü ANOVA analiz sonuçları	82

Çizelge 4.10. Farklı zenginleştirme dozlarının (%0, 10 ve 25 S-Presso) bireysel veya grup olarak solucanların yağ asitleri üzerine etkilerini gösteren Tek-yönlü ANOVA sonuçları	83
Çizelge 4.11. Farklı dozlarda zenginleştirici (S-Presso) ile farklı süreler boyunca (12, 24, 48 ve 96-saat) zenginleştirilen kırmızı toprak solucanlarında (<i>Eisenia fetida</i>) yağ asitleri profilleri (%). Her değer bir ortalama (n = 3) ± Standart sapmadır. NS: İstatistiki olarak önemsiz anlamında kullanılmıştır.....	90
Çizelge 4.12. Farklı zenginleştirme dozları (%0, 10, 25 ve 50) ile farklı süreler (0, 12, 14, 48 ve 96-saat) boyunca besin içeriği zenginleştirilen kırmızı toprak solucanlarında (<i>Eisenia fetida</i>) yapılan İki-yönlü ANOVA istatistik analiz sonuçları	94
Çizelge 4.13. Doz grupları dikkate alınmadan, farklı zenginleştirme sürelerinin (12, 24, 48 ve 96-saat) solucanların yağ asitleri üzerine etkilerini gösteren Tek-yönlü ANOVA sonuçları	95
Çizelge 4.14. Farklı zenginleştirme doz gruplarının (%0, 10, 25 ve 50 S-Presso) solucanların yağ asitleri üzerine etkilerini gösteren Tek-yönlü ANOVA sonuçları	96
Çizelge 4.15. Denemede kullanılan kırmızı toprak solucanları (<i>Eisenia fetida</i>) ve zenginleştirmede kullanılan hamsi yağının yağ asitleri profilleri (YA, % olarak). Her değer bir ortalama (n = 3) ± atandart sapmadır. Çizelgede n.d. ile işaretlenmiş olan yağ asitleri analizlerde belirlenememiştir	104
Çizelge 4.16. Farklı oranlarda ve farklı sürelerle balık yağı (BY) ile zenginleştirilen kırmızı toprak solucanlarında (<i>Eisenia fetida</i>) yağ asitleri profilleri (%). Her değer bir ortalama (n = 3) ± standart sapmadır. Analizlerde belirlenemeyen yağ asitleri 'n.d.' ile işaretlenmiştir. NS: İstatistiki olarak önemsiz anlamında kullanılmıştır	106
Çizelge 4.17. Farklı zenginleştirme dozları (%0, 2.5, 5 ve 10) ile farklı süreler (24, 48 ve 96-saat) boyunca balık yağı (BY) ile yağ asitleri içerikleri zenginleştirilen kırmızı toprak solucanlarında (<i>Eisenia fetida</i>) yapılan İki-yönlü ANOVA istatistik analiz sonuçları	109
Çizelge 4.18. Farklı zenginleştirme sürelerinin (24, 48 ve 96-saat) kırmızı toprak solucanlarının (<i>Eisenia fetida</i>) yağ asitleri içerikleri üzerine olan etkilerini gösteren Tek-yönlü ANOVA istatistik analiz sonuçları	110
Çizelge 4.19. Balık yağı (BY) ile uygulanan farklı zenginleştirme dozlarının (%0, 2.5, 5 ve 10) kırmızı toprak solucanlarında (<i>Eisenia fetida</i>) yağ asitleri üzerine etkilerini gösteren Tek-yönlü ANOVA istatistik analiz sonuçları	112
Çizelge 4.20. Farklı oranlarda solucan unu içeren yemlerle beslenen Pasifik beyaz karidesinde büyüme ve yem performans parametreleri. Her değer bir ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Her satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiki olarak birbirlerinden farklıdır	117

Çizelge 4.21. Denemede kullanılan balık unu (BU), toprak solucanı unu (SU) ve beş farklı oranda SU içeren yemlerin yağ asitleri profili (%). S0: %0 SU, S25: %25 SU, S50: %50 SU, S75: %75 SU ve S100: %100 SU içeriğini ifade etmektedir. Her değer bir ortalama (n = 3) ± standart sapmadır	120
Çizelge 4.22. Farklı oranlarda toprak solucanı unu (SU) içeren yemle beslenen Pasifik beyaz karidesinde (<i>Penaeus vannamei</i>) et doku yağ asidi içerikleri (%). S0: %0 SU, S25: %25 SU, S50: %50 SU, S75: %75 SU ve S100: %100 SU içeriğini ifade etmektedir	125



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1. Uzakdoğu ülkelerinde büyük kitleler halinde üretilen solucanlardan elde edilen solucan unu ve sıvı solucan katkı maddesi	18
Şekil 2.2. Kırmızı toprak solucanının (<i>Eisenia fetida</i>) ve bunların kokonlarının (koza) görüntüleri	24
Şekil 2.3. Ç.Ü. Su Ürünleri Fakültesi, Deniz Ürünleri Ar-Ge Tesisimizde TÜBİTAK 2150006 projesi kapsamında 2017’de üretilen Pasifik beyaz karidesi (<i>Penaeus vannamei</i>) (en alttaki fotoğraf)	36
Şekil 3.1. Tesisimizde bulunan ve solucanların stok kültürlerinin yapıldığı tanklar ve kültür ortamının görüntüsü	39
Şekil 3.2. Denemede her grup için üçer adet olarak kullanılan plastik tankların görünümü. A: Tabanı delikli hasat tankı, B. Solucanların stoklandığı tank, C: A-tankındaki fazla suyun tabandan süzülerek biriktirildiği tank	43
Şekil 3.3. Denemede yetiştiriciliği yapılan sağlıklı solucanlar	44
Şekil 3.4. Zenginleştirme denemelerinin yürütüldüğü ortam ve koşullar (kops kutularına yerleştirilen plastik solucan kültür kapları)	46
Şekil 3.5. Denemede zenginleştirici olarak kullanılan S-Presso ürünü ile deneme esnasında düzenli olarak kültür kaplarının su ile nemlendirilmesi işlemi	47
Şekil 3.6. Solucan hasadı ve tatlı suda temizlenmiş hali	48
Şekil 3.7. Denemede kullanılan yem karmalarının ve balık ununun hazırlanma aşaması	50
Şekil 3.8. Balık yağı ile zenginleştirildikten sonra temizlenip yıkanan ve yağ asitleri analizi için test tüplerine stoklanmaya hazırlanan solucanlar	51
Şekil 3.9. Deneme yemlerinin preslendiği pelet makinası (üstte), hammaddelerin öğütüldüğü makina (solda) ve peletlerin pişirildiği düzenek (sağda)	55
Şekil 3.10. Denemede kullanılan soğuk-kurutulmuş (free-dry) solucanların öğütülmesi (üst sol köşe), yemlerin peletlenmesi (alt) ve kurutulması işlemleri (üst sağ köşe)	57
Şekil 3.11. Denemede kullanılan olan deneme ünitesinin planı. A: Çökeltme/Rezervuar Tankı, B: Pompa, C: Kum Filtresi, D: Biyofiltre, E: Temiz Su Dönüş Hattı, F: Deneme Tankları, G: Drenaj Hattı	58
Şekil 3.12. V. DENEME’nin yürütüldüğü RAS sisteminin görüntüsü	58
Şekil 4.1. Tanklarda solucanların ürettiği kokonların görüntüsü	65
Şekil 4.2. Tankların içinde (solda) ve tanklardan alınan örneklerde yetişkin solucanların yakından görüntüleri	66
Şekil 4.3. Üç farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile zenginleştirilen toprak solucanlarında n-3 ve n-6 PUFA yağ asitlerinde gerçekleşen değişim	85
Şekil 4.4. Üç farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile zenginleştirilen toprak solucanlarında DHA ve EPA yağ asitlerinde gerçekleşen değişim	86
Şekil 4.5. Üç farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile zenginleştirilen toprak solucanlarında DHA + EPA ve DHA / EPA yağ asitlerinde oranlarında	

gerçekleşen değişim	87
Şekil 4.6. Üç farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile zenginleştirilen toprak solucanlarında n-3 ve n-6 PUFA yağ asitleri oranında gerçekleşen değişim	88
Şekil 4.7. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile yataklı ortamda zenginleştirilen toprak solucanlarında n-3 ve n-6 PUFA yağ asitlerinde gerçekleşen değişim	99
Şekil 4.8. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile yataklı ortamda zenginleştirilen toprak solucanlarında DHA ve EPA yağ asitlerinde gerçekleşen değişim	100
Şekil 4.9. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile yataklı ortamda zenginleştirilen solucanlarda DHA + EPA ve DHA/EPA yağ asitlerinde oranlarında gerçekleşen değişim	101
Şekil 4.10. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile yataklı ortamda zenginleştirilen toprak solucanlarında n-3 ve n-6 PUFA yağ asitleri oranında gerçekleşen değişim	102
Şekil 4.11. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta BY ile zenginleştirilen toprak solucanlarında n-3 ve n-6 PUFA yağ asitlerinde gerçekleşen değişim	113
Şekil 4.12. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta BY ile zenginleştirilen toprak solucanlarında DHA ve EPA yağ asitlerinde gerçekleşen değişim	114
Şekil 4.13. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta BY ile zenginleştirilen toprak solucanlarında DHA+EPA ve DHA/EPA oranlarında gerçekleşen değişim	115
Şekil 4.14. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile zenginleştirilen toprak solucanlarında n-3 ve n-6 PUFA yağ asitleri oranında gerçekleşen değişim	116
Şekil. 4.15. Denemede 96-saatlik bir zenginleştirme neticesinde solucanların ulaştıkları ağırlık ortalamaları (g). Her sütun bir ortalama \pm standart sapmayı göstermektedir. Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistik olarak birbirlerinden farklıdır (P<0.05)	116
Şekil 4.16. Farklı oranlarda solucan unu ikamesi ile beslenen pasifik beyaz karidesinde deneme sonu yaşama oranları (üstte) ve ağırlıkça büyüme değerleri (altta). Her sütun bir ortalama \pm standart sapmayı göstermektedir	118
Şekil 4.17. Deneme sonunda karideslerin ulaştırıldıkları boyut ve genel görünüm. Bu fotoğraftaki karidesler %100 solucan unu ikame edilmiş yemle beslenen bireylerden oluşmaktadır	119
Şekil 4.19. Deneme yemlerinde hammadde olarak kullanılan balık unu (BU) ve solucan ununda (SU) SFA yağ asitleri içeriği	121
Şekil 4.20. Deneme yemlerinde hammadde olarak kullanılan balık unu (BU) ve solucan ununda (SU) MUFA yağ asitleri içeriği	122
Şekil 4.21. Deneme yemlerinde hammadde olarak kullanılan balık unu (BU) ve solucan ununda (SU) PUFA yağ asitleri içeriği	122
Şekil 4.22. Denemede kullanılan beş farklı yemde belirlenen yağ asitleri ve gruplarının yüzde seviyeleri	123

- Şekil 4.23. Balık unu (BU), solucan unu (SU) ve bu hammaddelerle formüle edilen yemler arasındaki PUFA yağ asitleri ilişkisi. S0: %0 SU, S25: %25 SU, S50: %50 SU, S75: %75 SU ve S100: %100 SU içeriğini ifade etmektedir 124
- Şekil 4.24. Deneme yemlerinde ve bu yemlerle 5 hafta süreyle beslenen karideslerin kas dokularında ölçülen PUFA yağ asitleri ilişkisi. SU: Solucan unu. S0: %0 SU, S25: %25 SU, S50: %50 SU, S75: %75 SU ve S100: %100 SU içeren yemleri, S0/Kas, S25/Kas, S50/Kas, S75/Kas ve S100/Kas ise bu yemlerle beslenen karides gruplarını ifade etmektedir 126



SİMGELER VE KISALTMALAR

SBO	: Spesifik Büyüme Oranı
YÇO	: Yem Çevrim Oranı
SFA	: Doymuş Yağ Asitleri
MUFA	: Tekli Doymamış Yağ Asitleri
PUFA	: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
HUFA	: Yüksek Doymamış Yağ Asitleri
LC-PUFA	: Uzun Zincirli Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
KM	: Kuru Madde
HK	: Ham Kül
BY	: Balık Yağı
EFA	: Esansiyel Yağ Asitleri
EPA	: Eikozapentaenoik Asit
DHA	: Dokozaheksaenoik Asit
ARA	: Arakidonik Asit
LNA	: Linolenik Asit
ALA	: Alfa Linoleik Asit
PER	: Protein Etkinlik Oranı
BU	: Balık Unu
SU	: Solucan Unu
ALT	: Alanin Amino-Transferaz
VU	: Vermihumus
SPR/SPF	: Specific Pathogen-Free/ Specific Pathogen-Resistant
Ç.Ü. SÜF	: Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
RAS	: Resirküle Sistem

1. GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliğinde formüle edilen yemlerin ilgili türün tüm besin ihtiyaçlarını dengeli olarak karşılaması ve aynı zamanda ekonomik ve sürdürülebilir hammaddelerden imal edilmesi tercih sebebidir. Yetiştiriciliği yapılan türde en iyi yaşama oranı, büyüme ve sağlıkla ilgili olumlu performans alınabilmesi için yemin ayrıca sindirilebilirliğinin ve bazı durumlarda da su stabilitelerinin yüksek olması istenir. Beslemenin akvakültür tesislerinin işletme masraflarının büyük bir kısmını (%40-60 civarında) oluşturduğu ve yemlerin içeriklerini oluşturan hayvansal protein ve lipid kaynaklarının (balık unu/yağı) da pahalı olduğu dikkate alındığında, bu hammaddelerin kullanımında tasarrufa yönelik yapılan herhangi bir araştırma sektör açısından daima büyük önem taşır. Teminindeki dalgalanmalar ve karasal hayvanlarla kullanım rekabeti, bu denizel hammaddelerin fiyatının her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Balık ununa alternatif daha ekonomik ve sürdürülebilir protein kaynaklarından bitkisel ve hayvansal orjinli birçok seçenek araştırılmaya ve halen besleme çalışmalarının temelini oluşturmaya devam etmektedir.

Akvakültürde, balık yağı ile birlikte kullanılan balık unu, su canlılarının hem esansiyel aminoasit hem de esansiyel yağ asitleri ihtiyaçlarını karşıladığı için, beslemede çok büyük önem arz eden hammaddelerdir (Medale ve Kaushik, 2009). Özellikle denizel türlerin beslenmesinde büyük bir fizyolojik öneme sahip olan n-3 yağ asitlerinden EPA (eikozapentaenoik asit) ve DHA'nın (dokozaheksaenoik asit) balıklar ve karidesler tarafından vücutlarında sentezlenemediği için (Tocher, 2010), yem formülasyonlarında bu eksikliğin balık unu ve balık yağı ile giderilmesi gerekmektedir. Balık yemlerinin maliyetlerinin azaltılması amacıyla, balık unu yerine bitkisel protein kaynaklarının kullanımı giderek yaygınlaşmakla birlikte, daha ucuz alternatif hayvansal protein kaynaklarının da yem sektöründe kullanımına yönelik arayışlar sürmektedir. Bunlar içerisinde, protein kaynakları olarak bazı bitkisel unlar (soya, mısır, kanola, ayçiçeği, yulaf, pamuk tohumu, algler, bitkisel silajlar v.b) ile çeşitli hayvansal unlar [(böcek, tavuk atığı, kril, kalamar, kan, solucan, tek hücre protein (single cell protein), hidrolize edilmiş tüy, geri dönüşüm atıkları, maya, bakteri vb.) sayılabilir. Bu seçeneklerin birçoğu ticarileştirilememiş olup, alternatif arayışlar günümüzde de halen devam etmektedir.

Besinsel olarak dengeli ve düşük maliyetli alternatif yem kaynakları her zaman büyük bir ilgi alanı olmuştur. Bu kapsamda, dünyanın pek çok ülkesinde olduğu gibi, ülkemizde de üretimleri hızla yaygınlaşmakta olan toprak solucanları ciddi bir potansiyel taşımaktadır. Bu solucanlar çürütmekte olan organik atıklardan özellikle de büyükbaş, küçükbaş, tavuk, domuz ve at gübrelere üzerinde basit üretim teknikleriyle yoğun bir şekilde üretilmektedir. Gerçekten de toprak solucanları pahalı alet/ekipman gerektirmeyen yöntemlerle kolay ve düşük maliyetlerle üretilen canlılardır. Solucanlar içerisinde en kolay ve ucuza üretilen türün kırmızı Kalifornia toprak solucanı olarak bilinen *Eisenia fetida* olduğu bildirilmektedir. Solucan gübresi (vermikompost) üreten çiftliklerde yan ürün olarak değerlendirilen toprak solucanları yüksek protein, kaliteli aminoasit, zengin n-3 yağ asitleri ve mineral içerikleri ile iyi bir besin kaynağıdır (Stafford ve Tacon 1985; Paoletti ve ark, 2003; Istiqomah, 2009). Toprak solucanlarının protein kalitesinin balık ununa benzer olduğu ve yüksek oranlarda esansiyel aminoasit içerdikleri bildirilmiştir (Tacon ve ark, 1983; Tacon ve Metian, 2009; NRC, 2011).

Solucanlar 1940'lı yıllardan beri ABD'de balıkların avcılığında canlı yem olarak kullanılmakta (Mason ve ark, 1992) ve ayrıca akvaryumculuk sektöründe de uzun zamandır değerlendirilmektedir. Toprak solucanlarının değişik formlarının (kuru, sıvı, canlı veya solucan unu) alternatif protein kaynağı olarak sucul canlılardan kurbağalar (Latsamy ve Preston 2007), kanatlılardan piliç (Rezaipour ve ark, 2014; Zivar ve ark, 2015), balık (Yağub 1997; Sogbesan ve ark, 2007; Loan ve ark, 2009; Mohanta ve ark, 2016) ve karides (Langer ve ark, 2011; Chiu ve ark, 2015) yemlerinde kullanımları gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Esansiyel yağ asitlerinden EPA ve DHA açısından zengin olan balık unu ve balık yağından farklı olarak, kırmızı toprak solucanı *E. fetida* EPA açısından oldukça zengin olmasına karşın, DHA açısından fakir bir besin kaynağı olarak bilinmektedir (Liu ve ark, 2008). Dolayısıyla, akvakültür endüstrisinde canlı bir yem kaynağı olarak kullanılacaksa, bu eksikliğin bir şekilde giderilmesi gerekmektedir (Liu 2006). Bunun için denizel kuluçkahanelerde rutin bir uygulama olan *Artemia* ve rotiferlerin besin içeriklerinin zenginleştirilmesine benzer tekniklerin denenmesi bir çözüm yolu olabilir.

Doğadan yakalanan deniz solucanlarının (poliket) karides kuluçkahanelerinde hastalık bulaştırma riski, besin içeriklerindeki farklılıklar ve fiyatlarının yüksekliği nedeniyle son zaman-

larda kültür koşullarında çiftliklerde yetiştirilen seçeneklere ilgi daha da artmıştır. Ayrıca, teminindeki sıkıntılar ve düzensizlikler ve yüksek fiyatları nedeniyle alternatif yapay ve canlı yem kaynaklarına yönelik ilgi de yükselmiştir. Bu doktora çalışmamızda, bu kapsamda, toprak solucanlarının deniz akrobalarına hem fiyat hem de kullanılabilirlik ve besin içerikleri açısından alternatif oluşturup oluşturamayacakları detaylı bir şekilde araştırılmak istenmiştir. Bu alanda yapılan tek çalışmada, Darmawiyanti (2013) toprak solucanlarından *Pheretima*'nın besin içeriklerinin genel olarak zengin olduğunu, ancak fosfolipit, kolesterol ve beta-karotene eksikliklerinin giderilmesi gerektiğini bildirmiş ve yaptıkları bu çalışmada, üstte belirtilen besinlerce zenginleştirilmiş solucanların Pasifik beyaz karidesi (*Penaeus vannamei*) anaçlarının beslenmesinde deniz solucanları (poliket: *Nereis* sp.) yerine rahatlıkla kullanılabileceğini göstermiştir. Ancak, toprak solucanlarından *E. fetida*'nın n-3 yağ asitlerince ve özellikle de HUFA'larca (bilhassa DHA) fakir olduğu ve bu açıdan zenginleştirilmeleri gerektiği (Liu ve ark, 2008) bilinmesine karşın, bu konuda nasıl bir teknik kullanılabilirliği, olası bir zenginleştirme durumunda bunun karides beslemeye yansımalarının nasıl olacağı hususlarında herhangi bir araştırma henüz yapılmamıştır.

Literatürde toprak solucanlarının genel olarak yüksek ve kaliteli protein yapısına sahip oldukları bildirilmesine rağmen, bu nitelikler aslında türden türe ve beslendikleri yeme göre değişmektedir (Tacon ve ark, 1983; Dong ve ark, 2010). Bir çok araştırmacı, toprak solucanlarının su ürünleri beslemede başarıyla kullanılabildiğini, ancak diğer bazıları ise solucan kullanımının balıklar da büyüme ve sağlık ile ilgili sorunlar yarattığını belirtmektedir. Salmonidlerde balık unu yerine düşük oranlarda solucan unu kullanımı büyümeyi arttırmış, ancak yüksek değişim oranlarında büyüme olumsuz etkilenmiştir (Akiyama ve ark, 1984). Nandeeshia ve ark (1988) balık unu yerine solucan unu kullanımının sazan balıklarında büyümeyi olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Nguyen ve ark (2010) kedi balıklarında (*Pangasius* sp.), balık unu yerine, dondurulmuş solucan yemi kullandıklarında balıklarda büyümenin azaldığını, ancak yemlere taze solucan karıştırıldığında ise, tam tersine yüksek oranlarda büyüme elde ettiklerini belirtmişlerdir. Dondurulmuş veya soğuk-kurutulmuş (freeze-dried) solucanların (*E. fetida*) alabalıklarca tercih edilmediği (lezzetli bulunmadığı için), fakat bu solucanlardan ekstrakte edilen proteinlerin yem kaynağı olarak uygun olduğu belirlenmiştir (Medina ve ark, 2003). *E. fetida* solucanlarının

sölomik (coelomic) sıvısının bazı balıklarda ve omurgalılarda toksik etkilerde bulunduğu (Ohta ve ark, 2003), diğer yandan omurgasızlarda ise daha az sorun yarattığı bildirilmiştir (Kobayashi ve ark, 2001). Isıl işleme tabi tutulmuş sölomik sıvıda toksisite azaltılabilmekte, solucanların ısı ile kurutulmaları veya sıcak suda kısa süreli pişirilmeleri de toksik etkiyi düşürerek aynı zamanda lezzet sıkıntısını giderebilmektedir (Tacon ve ark, 1983). Pucher ve ark. (2014) solucanların güneş altında kurutulmalarının ve ayrıca yemlere düşük oranlarda eklenmelerinin bu sorunları ortadan kaldırdığını bildirmektedir. Nitekim, bu araştırmacıların bulguları, güneşte kurutulmuş ve yemlere balık unu yerine %0, %50 ve %100 oranında eklenmiş solucan ununun (*Perionyx excavatus*) kafeslerde büyütülen sazan balıklarının büyüme oranlarında belirgin artışlar sağladığını göstermiştir.

Son yıllarda toprak solucanlarının karides beslemede kullanılabilme potansiyeli üzerine çalışmalar yapılmaya ve olumlu bulgular elde edilmeye başlanmıştır. Liu ve ark (2008), Çin karidesi (*Penaeus chinensis*) juvenillerinde yem formülasyonlarına solucan (*E. fetida*) eklemesi yapmışlar ve 1:3 oranında taze solucan/kuru yem karmasının büyüme oranını önemli ölçüde yükselttiğini ve taze solucan beslemesi ile karides etindeki protein kalitesinin, besinsel değerinin ve kas kalitesinin artırılabilceğini bildirmişlerdir. Liu ve ark (2008), solucan yeminde esansiyel yağ asitlerinden DHA oranının düşük çıktığını, dolayısıyla solucan ilave edilecek yemlere (özellikle anaç yemleri olarak kullanılacaksa) DHA takviyesinin yapılması gerektiğini önermişlerdir. Piedad-Pascual (1985) deniz solucanlarından *Nereis* sp. ile kıyaslandığında, toprak solucanı (*E. fetida*) eklenen yemlerle besledikleri *P. monodon* karideslerinde daha yüksek canlı ağırlık artışı ve yaşama oranı elde etmiştir. Bu araştırmacı karma yemlere taze solucan karıştırılmasından ziyade, solucanların kurutulmuş formda (un halinde) yeme eklenmesinin daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Chiu ve ark. (2015) Pasifik beyaz karidesinin (*Penaeus vannamei*) beslenmesinde fermente edilmiş soya ve solucan ununun 4:1 oranında kullanılabilceğini, ancak bu karışımın karma yemdeki oranının balık ununun %80'inden fazla olmaması gerektiğini belirtmişlerdir. Kurutulmuş solucan ununun (*Aporrectodea caliginosa*) balık unu yerine ikame edilebilme potansiyelinin araştırıldığı bir diğer çalışmada, Habashy (2012) beş farklı ikame oranı (%0, 25, 50, 75 ve 100) denemiş ve bu yemlerle besledikleri tatlı su karideslerinde (*Macrobrachium rosenbergii*) en yüksek büyüme

performansı ve en düşük yem çevrim oranını (YÇO) %25 ikame oranında belirlemişlerdir. Halen toprak solucanlarının özellikle de yağ asitleri profilleri, HUFA'larca zenginleştirilebilme potansiyelleri ve bunların da yem olarak karides anaçlarının olgunlaştırılmaları esnasında üreme performanslarına olan etkileri henüz herhangi bir bilimsel araştırmaya konu edilmemiştir. Darma-wiyanti (2013) toprak solucanlarının Pasifik beyaz karidesi (*P. vannamei*) anaçlarının üreme performansı üzerine etkilerini araştırmış ve sonuç olarak fosfolipit, kolesterol ve karotence zenginleştirilmiş toprak solucanlarının karides anaçlarının beslenmesinde deniz solucanları (poliket) yerine rahatlıkla kullanılabileceğini göstermiştir. Bugüne kadar yapılmış olan literatür taramalarında halen toprak solucanlarının yağ asitleri profillerinin özellikle n-3 esansiyel yağ asitlerince zenginleştirilmesine yönelik herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bilhassa, toprak solucanlarında HUFA'lardan DHA'nın normalde düşük olan seviyesinin olası bazı zenginleştirici solüsyon/maddelerle yükseltilmesinin, toprak solucanlarının denizel türlerin anaçlarının olgunlaştırılıp yumurtlatılmasında önemli bir yem kaynağı olarak değerlendirilmesine imkan verebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, uygun teknik ve yöntemlerle işlenen ve kurutulmuş solucan unlarının, yem formülasyonlarına katkı maddesi olarak eklenmesiyle, içerdikleri bazı mikro-besinler ve/veya maddeler sayesinde karideslerde büyümeyi uyarıcı etkilerde bulunabileceği de ön-görülmektedir.

Ülkemizde yoğun olarak yetiştirilmeye başlanan kırmızı toprak solucanının canlı ve/veya kurutulmuş toz (un) formunda düşük maliyetli ve kaliteli bir alternatif protein kaynağı veya katkı maddesi olabileceği öngörüsüyle, bu tezde:

- * İlk aşamada; farklı organik atıklar ile beslenen toprak solucanlarında büyüme, üreme ve vermikompost üretimi I. DENEME'de araştırılmış, deneme sonunda bazı solucanlarda ve balık ununda yağ asitleri profilleri kıyaslamalı olarak incelenmiş ve böylece bu teze temel oluşturacak bazı bilgilerin elde edilmesi hedeflenmiştir.
- * İkinci aşamada; su ürünlerinde anaç beslemede kullanabilme hedefiyle, *E. fetida*'nın özellikle HUFA içeriğinin hızlı bir şekilde (12-96 saat) zenginleştirilebilmesi amacıyla, II. DENEME'de ticari bir zenginleştirici (S-Presso) kullanılarak, yataksız ortamda farklı doz ve sürelerde solucanların yağ asitleri profillerinin zenginleştirilebilme potansiyeli araştırılmıştır.

- * Üçüncü aşamada; zenginleştirmede yataksız ortamda sorunlar yaşanması nedeniyle, III. DENEME’de solucanların HUFA içeriklerinin bu kez yataklı ortamda farklı S-Presso dozları ve süreleri içerisinde zenginleştirilebilmesi tekniği çalışılmıştır.
- * Dördüncü aşamada; daha ekonomik bir hammadde olan balık unu (BU)/balık yağı (BY) ile solucanların HUFA içeriklerinin, yine farklı doz ve sürelerle (24-96 saat) zenginleştirilmesine yönelik araştırmalar IV. DENEME’de yürütülmüştür.
- * Beşinci aşamada ise; balık ununa ikame olabilmesi amacıyla, V. DENEME’de kurutulmuş solucan ununun farklı oranlarda yemlere eklenmesi (%0, 25, 50, 75 ve %100) ve bu yemlerle beslenen Pasifik beyaz karidesinde (*Penaeus vannamei*) büyüme, yem tüketim performansları ve hammadde/yem/kas dokusu yağ asitleri profilleri arasındaki ilişkilerin araştırılması amaçlanmıştır.

Böylece, bu çalışma ile ilk kez *E. fetida*’nın yağ asitleri içeriklerinin farklı zenginleştiriciler ile esansiyel yağ asitlerinden özellikle HUFA’lar (bilhassa DHA) açısından zenginleştirilip zenginleştirilemeyeceği ve karides beslemede solucan ununun, balık ununa alternatif bir hammadde olup olamayacağı detaylarıyla ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tezin bu bölümünde öncelikle çalışmaların temelini oluşturan lipitler ve yağ asitleri, yetiştiricilikte kullanılan canlı yem kaynakları (larva ve anaçlar için) ve bunların besince zenginleştirilmeleri, yemlerde kullanılan alternatif protein kaynakları, deneme materyali olarak kullanılan toprak solucanların tanıtımı (sistemik, biyolojisi, ekolojik istekleri), Türkiye’de toprak solucanlarının mevcut üretim durumu ve bunlardan yararlanma alanları, toprak solucanlarının besin değerleri ve besinleri, kara hayvanları (kanatlılar), balıklar ve karides beslemede toprak solucanının kullanım durumu ve son olarak da tezin son çalışmasında kullanılan Pasifik beyaz karidesi (*P. vannamei*) ile ilgili literatür bilgileri verilmesi amaçlanmıştır.

2.1. Lipitler ve Yağ Asitleri

Bu tezde ağırlıklı olarak toprak solucanlarının yağ asidi profilleri ve esansiyel yağ asitleri (EFA) ile, bu canlı yem kaynaklarının besin içeriklerinin lipitlerce zenginleştirilmesi üzerine çalışıldığı için, öncelikle lipitlerin kimyasal yapıları ve içerikleri hakkında temel bazı bilgiler verilmek istenmiştir.

Lipitler suda çözünmeyen, ancak organik solventlerde (eter, kloroform, benzen ve aseton gibi) çözdürülebilen biyomoleküllerdir. İçeriklerinde sıvı/katı yağlar, mumlar (vax), gliserofosfolipitler, prostaglandin ve steroidler bulunur. Lipitlerin steroidler haricindeki tüm diğer bileşenlerinde yağ asitleri mevcuttur.

Yağ asitleri tüm membran lipitlerinin ve depo yağlarının (trigliserit) yapısında yer alırlar. Bunlar doymuş ve doymamış yağ asitleri olarak sınıflandırılırlar, ki doymuş yağ asitlerinde karbon zincirleri arasında çift bağ mevcut değildir, oysa doymamış yağ asitlerinde en az bir adet çift bağ bulunur. Doymamış yağ asitleri düşük sıcaklıklarda erime özelliğine sahip olup, oda sıcaklığında sıvı formdadırlar. Diğer yandan, doymuş yağ asitlerinin erime sıcaklıkları daha yüksek olup, oda sıcaklığında katı formdadırlar. Karbon zincirlerinde tek çift bağ bulunduran yağ asitleri **tekli doymamış yağ asitleri (MUFA)**, iki ve daha fazla çift bağ bulunduranlar ise **çoklu doymamış**

yağ asitleri (PUFA) olarak isimlendirilirler. Karbon zincirinde 20'den fazla karbon atomu barındıran ve 3 ve daha fazla çift bağ içerenler de **yüksek çoklu doymamış yağ asitleri (HUFA veya LC-PUFA)** olarak bilinirler. Sıvı yağlar daha fazla doymamış, katı yağlar ise ağırlıklı olarak doymuş yağ asitleri içerirler.

Yağlar enerji depolardır ve bunlar nötral lipidler olarak bilinir, membranların yapısında yer alan lipidler ise polar lipidler olarak isimlendirilirler. En basit yağ asiti olan iki karbonlu etanoik yağ asitinin kimyasal formülü;

$\text{CH}_3\text{-COOH}$ 'dir.

Oniki karbonlu laurik asitin kimyasal formülü ise;

$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{10}\text{-COOH}$ 'dir.

Yağ asitlerinde karbon numaralama metil uçtan itibaren başlar. Aşağıda 18 karbonlu bir yağ asitinde karboksil gruptan itibaren karbon sayımı gösterilmiştir.



Karbon sayısı, çift bağ sayısı ve çift bağın bağlandığı konum itibarıyla, yağ asitlerinde standart isimlendirme şöyle yapılır;

C20 : 5n-3
(Eikozapentaenoik asit)

Burada 20 rakamı zincirde bulunan karbon atom sayısını, 5-rakamı çift bağ sayısını ve n-3 ise çift bağlardan ilkinin metil gruptan itibaren kaçınıcı karbon atomuna bağlandığını gösterir.

Diğer hayvanlarda olduğu gibi su ürünlerinde de lipidler vücudun enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılırlar ve hücre yapısı ile hücre membranlarının içeriklerinde yer alırlar. Nötral

lipitlerden triasilgliserol ve serbest yağ asitleri enerji kaynağı olarak işlev görürken, özellikle fosfolipitler hücre membran yapılarında ve eikozanoidlerden bazı hormonların (prostaglandin gibi) sentezlenmesinde ve bu işlem esnasında enerji kaynağı olarak işlev görürler. Sargent ve ark (1995) n-3 PUFA'ların balıklar için mutlaka, n-6 PUFA'ların ise kısmen gerekli olduklarını, 18:3n-3 ve 18:2n-6 yağ asitlerinin tatlısu balıkları tarafından, bu yağ asitlerinin homologları olan 22:6n-3 ve 20:4n-6'ya dönüştürülebildiklerini, oysa denizel türlerin bu çevrimi yapamadıklarını ve özellikle 22:6n-3 ve 20:4n-6 (arakidonik acid, ARA)'yı diyetleriyle almaları gerektiğini bildirmiştir. Diğer tüm omurgalılar gibi, balıkların da büyüme, normal gelişim ve üreme için uzun zincirli PUFA'lardan dokozahegzaenoik (DHA), eikozapentaenoik (EPA) ve arakiodonik aside ihtiyaç duydukları bilinmektedir (Sargent ve ark, 1995). DHA, EPA ve ARA'ların hepsi hücre membran yapılarının içeriklerinde ve fonksiyonlarında rol oynarlar. Ancak PUFA'lardan hücre membranlarında bulunan temel yağ asitlerinin ağırlıklı olarak DHA ve EPA olduğu bilinmektedir. Tatlı su balıklarında EFA gereksiniminin yemde yaklaşık olarak toplam yağ asitlerinin %1-2'si oranında bulunan alfa-linolenik (ALA, 18:3n-3) ve linoleik (LNA, 18:2n-6) asitlerinden, deniz balıklarında ise %0.5-1.7 oranında HUFA'lardan (DHA ve EPA) karşılanabildiği belirtilmiştir (Sargent ve ark, 1995). DHA'nın EPA'ya kıyasla esansiyel yağ asiti olarak daha yüksek bir etkinlik derecesine sahip olduğu ve kritik dokularda (görme ile ilgili sinirler, retina ve merkezi sinir sistemi gibi) çok önemli roller oynadığı bildirilmiştir (Watanabe ve ark, 1989; Sargent ve ark, 1993).

Su ürünlerinde genellikle C16 ve C20 zincirlerinden oluşan yağ asitleri daha yaygın olup, bunların haricindekiler daha az yaygındır (Çizelge 2.1). 20-karbonlu EPA ve ARA, lokal hormonlar olarak bilinen (prostaglandin gibi) bazı eikozanoidlerin prekürsörü oldukları için önemlidirler (Champe ve ark, 2008). PUFA'lardan, özellikle C20 ve üzerindeki çoğunlukla ancak denizel mikro-algler tarafından sentezlenirler ve sonrasında besin zincirinde üst halkalara ulaştırılırlar (Sargent ve ark, 1999).

Lipitler krustaseler için de önemli enerji kaynakları olup, kabuk değişimi ve büyümede önemli rollere sahiptirler (Arts ve ark, 2001). EFA'lar krustaseler tarafından vücutlarında yeterli miktarlarda sentezlenemez ve normal bir büyüme ve gelişim için yemle alınmaları gereklidir (Kanazawa ve ark, 1979a,b; Arts ve ark, 2001). Canlı yemlerden *Artemia* ve yuvarlak kurtlardan

nematodlar genellikle esansiyel yağ asitleri açısından fakirdirler ve akvakültürde larva beslemede zenginleştirilmeleri gereklidir (Navarro ve ark, 1999). HUFA eksikliğinde karideslerde büyüme düşer, stress direnci azalır ve mortalite yükselir (Mutti ve ark, 2017). Dolayısıyla, HUFA'lardan özellikle EPA ve DHA'ların normal hücre fonksiyonlarının üretilmesi ve fonksiyonlarının sürdürülmesinde, osmoregülasyon, prostaglandin sentezinde ve bağışıklık sisteminin aktifleştirilmesinde çok önemli rollere sahip olduğu bilinmektedir (Lèger ve Sorgeloos 1992). Sheen ve Wu (1999) zenginleştirilmemiş zooplankton ile beslediklerinde yengeç (*Portunus trituberculatus*) juvenillerinin kabuk değişime periyotlarının uzadığını, yaşama oranı ve yüzme aktivitesinin düştüğünü gözlemişlerdir.

Lima ve ark (2016) yaptıkları bir derlemede, PUFA'lerden LNA (linoleik asit), alfa-linolenik (ALA), EPA ve DHA'nın esansiyel olduklarını, ancak ARA'nın esansiyel olmadığını bildirmişlerdir. Herhangi bir denizel tür için bir yem formülasyonu hazırlanırken türün ihtiyacı olan PUFA'ların ve özellikle de HUFA'ların mutlaka yeterli miktarlarda formülasyona eklenmesi gerekmektedir. Özellikle, karidesler için esansiyel yağ asitlerinden EPA ve DHA gibi önemli yağ asitlerinin yemlerde yeteri oranda bulunabilmesi için, balık unu ve bilhassa balık yağının kullanılması son derece önem arz etmektedir. İşte yetiştiriciliği yapılan tüm denizel türlerde yaygın olarak kullanılması gereken bu hammaddelerin doğadan sınırlı miktarlarda elde edilebiliyor olması ve fiyatlarının da sürekli olarak yüksek seyretmesi nedeniyle, su ürünleri sektörü uzun zamandır daha sürdürülebilir ve ekonomik kaynaklar elde etmeye yönelik araştırmalar yapmayı sürdürmektedir. Şu ana kadar, balık unu ve yağına alternatif olabilecek bazı hayvansal kaynaklar (krill, çeşitli böcekler vb.) veya bitkisel kaynaklar (soya, kanola gibi vb.) üzerine yoğunlaşmıştır. Zaten, bu tezin konularından birisi de kırmızı toprak solucanından elde edilecek olan unun, bu ihtiyacın karşılanabilmesine yönelik iyi bir alternatif oluşturup oluşturmayacağı hipotezine dayandırılmıştır.

2.2. Akvakültürde Kullanılan Canlı Yem Kaynakları ve Bunların Besince Zenginleştirilmesi

2.2.1. Larva Beslemede Kullanılan Canlı Yem Kaynakları

Karides yetiştiriciliğinde canlı yem kullanımı temelde anaç beslemede (yetişkin *Artemia*, peri karidesi ve poliket) ve larva yetiştiriciliğinde (mikro-alg, rotifer ve *Artemia* nauplisi veya

metanaplisi) tercih edilmektedir. Sektörde geliştirilmiş olan mikropartikül, mikrokapsül gibi çeşitli yapay yem tiplerine karşın (Leger ve ark, 1986; Jones ve ark, 1993), halen larva yetiştiriciliğinde, geleneksel olarak canlı rotifer ve *Artemia* kullanımı çok yaygındır. Ancak, larva beslemede kullanılan bu canlı zooplanktonların HUFA içerikleri genellikle zayıf olup, larvaların (özellikle deniz balıkları) besin ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır (Leger ve ark, 1986; Webster ve Lovell 1990). Leger ve ark (1986) hem rotifer hem de *Artemia*'nın yağ asitlerindeki karbon zincirlerini uzatma veya desature etme yeteneklerinin sınırlı olduğunu ve aldıkları besinlerle yağ asitleri profillerinin değiştirilebildiğini bildirilmiştir. Karides larva beslemede mikro-alg kullanımının yaygın olması sebebiyle, canlı *Artemia*'nın HUFA eksiklikleri önemli sorunlar yaratmıyor olsa da, özellikle levrek/çipura gibi birçok deniz balıkları larvalarında bu besinlerin HUFA'larca (özellikle EPA ve DHA) zenginleştirilmesi zorunluluğu vardır. Bu zenginleştirme işlemi ülkemizde de tüm denizel kuluçkahanelerde başarı için kaçınılmaz bir gereklilik haline dönüşmüş olup, rutin olarak tüm işletmelerde yaygın bir şekilde uygulanmaktadır.

Piyasada zenginleştirmede kullanılan pekçok farklı yapıda ticari ürün olmakla birlikte, en yaygın kullanılan ürünler suda emülsifiye olan ürünlerdir. Bunlardan bazıları; Selco, DHA Super Selco, S-Presso, Algamac ve türevleri sayılabilir. Bu ürünler *Artemia* ve rotifer gibi suyu filtre ederek beslenen zooplanktonlar tarafından sudan alınıp tüketilebilmekte ve sindirim sisteminde ve dokularda biriktirilebilmektedir. Böylece, bu zooplanktonların besin içerikleri HUFA (özellikle EPA, DHA, ARA) vitamin C, pigment veya diğer bazı besin maddelerince (mineraller gibi) 12, 24 veya 48 saat gibi kısa süreler içerisinde yükseltilecek, larval besleme için daha uygun besin kaynakları haline getirilebilmektedir (Watanabe 1991).

Bu doktora tezinde, zenginleştirici olarak tercih edilen S-Presso ürününün besin içeriği Çizelge 2.2'de özetlenmiştir (Inve Aquaculture, Belçika). Bu ürün deniz balıkları ve deniz krustaselerinin larva yetiştiriciliğinde, başarı için besleme protokollerinde kullanılması gerekli olan ve fakat HUFA'larca oldukça fakir olduğu bilinen canlı larva besinlerinden rotifer ve *Artemia*'nın n-3 esansiyel yağ asitlerini (özellikle DHA ve EPA gibi) zenginleştirmek amacıyla denizel kuluçkahanelerde yaygın olarak kullanılan bir zenginleştirici emülsiyondur (Sorgeloos ve ark, 2001).

Çizelge 2.1. Bazı yağ asitlerinin gruplar içerisindeki yerleri, formülleri ve isimleri

	YAĞ ASİTLERİ	İSİMLENDİRME
SFA DOYMUŞ YAĞ ASİTLERİ	<i>C4:0</i>	Bütirik Asit
	<i>C6:0</i>	Kaproik Asit
	<i>C8:0</i>	Kaprilik Asit
	<i>C10:0</i>	Kaprik Asit
	<i>C12:0</i>	Laurik Asit
	<i>C14:0</i>	Miristik asit
	<i>C16:0</i>	Palmitik Asit
	<i>C18:0</i>	Stearik Asit
	<i>C20:0</i>	Aarakidik Asit
	<i>C22:0</i>	Behenik Asit
<i>C24:0</i>	Lignoserik Asit	
MUFA TEKLİ DOYUNMAMIŞ YAĞ ASİTLERİ	<i>C10:1</i>	Caproic Asit
	<i>C12:1n3</i>	Lauroic Asit
	<i>C14:1n5</i>	Miristoleic Asit
	<i>C15:1</i>	Nervonik Asit
	<i>C16:1n7</i>	Palmitoleic Asit
	<i>C18:1n9</i>	Oleik Asit
	<i>C24:1n9</i>	Oksinervonik Asit
PUFA ÇOKLU DOYUNMAMIŞ YAĞ ADITLARI	<i>C18:2n6</i>	Linoleik Asit (LA)
	<i>C18:3n3</i>	Linolenik Asit (LNA)
	<i>C20:4n6</i>	Arakidonik Asit (ARA)
	<i>C20:5n3</i>	Eikosapentaenoik Asit (EPA)
	<i>C22:5n3</i>	Dokozapentaenoik Asit (DPA)
	<i>C22:6n3</i>	Dokozahexaenoik Asit (DHA)

Takeuchi ve ark (1999) ile Suprayudi ve ark (2004) bir canlı yem kaynağı olarak *Artemia*'nın düşük seviyede EPA ve yok denecek kadar düşük seviyede DHA içerdiğini ve bundan dolayı da larva beslemede kullanılmadan önce mutlaka zenginleştirilmeleri gerektiğini bildirmişlerdir. Diğer bir canlı yem kaynağı olan nematodlar da EFA (özellikle de DHA) açısından fakirdirler: bunlarında tek yem kaynağı olarak kullanılmaları durumunda zenginleştirilmeleri gereklidir (Honnens ve ark, 2014).

Mutti ve ark (2017) n-3 yağ asitlerince zenginleştirilmiş *Artemia* ile besledikleri karides (*Farfantepenaeus paulensis*) larvalarını 8 günlük postlarva (PL8) aşamasına ulaştırdıklarında, salinite ve amonyak stress testlerine tabi tutmuş ve neticede zenginleştirilmiş *Artemia* ile beslenen grubun (En-Art) stres direncinin yükseldiğini ve büyümenin de olumlu etkilendiğini belirlemişlerdir. Bunun devamında, En-Art grubu ile yürütülen 40-günlük ilave çalışmada da, kontrol grubuna göre, En-Art grubunun daha yüksek bir büyüme performansı gösterdiklerini kaydetmişlerdir. HUFA'ca zenginleştirilmiş *Artemia*'larda yapılan analizlerde EPA ve DHA'nın yüksek seviyelere çıktığı; bunun da, PL'lerde belirlenen n-3 PUFA profillerine belirgin bir şekilde yansıdığı anlaşılmıştır.

Rees ve ark (1994) *Penaeus monodon* post-larvalarını (PL5'ten PL15'e kadar) farklı oranlarda HUFA'ca zenginleştirilmiş *Artemia* ile beslenmiş ve ardından osmotik strese tabi tuttuklarında, orta seviyede HUFA'ca zenginleştirilmiş *Artemia* ile beslenen grupta osmotik stres direncinin yükseldiğini kaydetmişlerdir. Yüksek oranda HUFA ile zenginleştirilmiş *Artemia* ile beslenen grupta, büyümede herhangi bir avantaj elde edilemediği için, bu araştırmacılar aşırı dozda n-3 HUFA kullanımının karideslerin beslenmesinde herhangi bir yarar sağlayamayabileceğini not etmişlerdir.


2.2.2. Anaç Beslemede Kullanılan Canlı Yem Kaynakları

Karides anaç beslemede genellikle kuluçkahanelerde kalamar, yumuşakçalar (kara midyesi, kum midyeleri veya istiridyeler), deniz solucanları (poliketler) ve krustaseler (zenginleştirilmiş yetişkin *Artemia*, yengeç, küçük karidesler) kullanılır. Bazı kuluçkahanelerde dana veya domuz ciğeri de kullanılmaktadır. Karides anaçlarında beslemede kullanılan canlı yem kaynaklarından en önemlileri ise yetişkin *Artemia* ve poliket (deniz) solucanlarıdır. Son zamanlarda, hastalık vektörü olmaları risklerinden dolayı krustaselerin anaç beslemede kullanılmasını tercih edilmemeye başlanmıştır. Bazı araştırmalarda krustaselerin canlı iken besin içeriklerinin zenginleştirildiği ve ardından hasat edilerek dondurulduğu ve böylece besin olarak değerlendirildiklerinde istenmeyen enfeksiyonların önüne geçilebileceği bildirilmiştir. Örneğin, Tziouveli ve ark (2012) *Artemia*'ları HUFA açısından zenginleştirdikten sonra dondurmuş ve ardından karides

(*Lysmata amboeensis*) anaçlarını besledikleri çalışmalarında, %11 civarına kadar yükselen DHA ve 3.6'ya kadar çıkan DHA/EPA oranı sayesinde, daha yüksek bir larva açılma oranı ve daha fazla sayıda yavru üretilebilmişlerdir. Mura ve ark (1997) iki farklı peri karides türünü (*Branchipus pasai* ve *Chirocephalus kerkyrensis*) alg, maya ve HUFA'ca zenginleştirilmiş maya ile besleyerek, bu türlerde yağ asitleri profillerinin nasıl etkilendiğini araştırmış ve her iki krustase türünde de tüketilen yemlerdeki yağ asitlerinin kısmen krustaselerdeki profillerle benzeştiğini, ayrıca bu krustaselerin yağ asiti biyoçevrim yeteneğine de sahip olduklarını belirtmişlerdir.

Çizelge 2.2. S-Presso zenginleştirme ürününün tipik besinsel değeri (Inve Aquaculture, Belçika)

Nem	%58
Ham Protein	%2
Lipit	%32
Ham Kül	%2
Fosfor	%0.5
Vit. A	110.000 IU/kg
Vit. D3	10.000 IU/kg
Vit. E	5.400 mg/kg
Vit. C	8.000 mg/kg
Antioksidanlar	Ethoxyquin, BHA, Propylgallate
Toplam n3-HUFA	150 mg/g Kuru Ağırlık
DHA/EPA	9



Velu ve Munuswamy (2004) yetişkin boyutlarda bir peri karidesi türünü (*Streptocephalus dichotomus*) farklı zenginleştiricilerle (ALGAMAC 2000 ve DHA-DELCO) farklı süreler boyunca HUFA'ca zenginleştirmiş ve bu karideslerdeki yağ asitleri profillerini incelemiştir. Bu çalışma neticesinde peri karidesinin linoleik, linolenik, EPA ve DHA seviyelerinin belirgin bir şekilde yükseltilebildiğini ve böylece bu canlının anaç karides beslemede canlı (hatta dondurulmuş şekilde) yem kaynağı olarak kullanılabileceğini bildirmiştir.

Yüksek EPA, DHA ve ARA içeriklerine ilâveten üreme üzerindeki diğer bazı olumlu özelliklerinden dolayı, deniz karideslerinin anaç beslenmesinde kalamar, poliket ve yumuşakça kullanımı daha sıklıkla tercih edilmektedir. Bunların içerisinde canlı olarak kullanılabilen canlı besin kaynağı poliketlerdir (deniz solucanları). Bray ve Lawrence (1992) poliketlerin Pasifik beyaz karidesinde (*P. vannamei*) başarılı naupli üretimi için kritik öneme sahip olduğunu, Lytle ve ark (1990) ise poliketlerin sadece HUFA açısından zengin olmadıklarını, aynı zamanda üremeyi uyaran bazı hormonlar da içerebileceklerini bildirmişlerdir.

Karides ve kalkan balıklarının anaçlarının beslenmesi ve olta balıkçılığında kullanılmak üzere poliket üretimi yapan birçok firma mevcuttur. Bunlar ürünlerini canlı, dondurulmuş veya un haline getirilmiş halde piyasaya sürmektedirler. Odds (2013) poliketlerin (*Nereis virens*) karides (*P. vannamei*) anaçlarının beslenmesinde kullanımının anaç başına daha yüksek naupli üretimine neden olduğunu, bu larvalarda büyüme ve yaşama oranının daha yüksek çıktığını, bu başarının poliketlerin içeriğinde bulunan HUFA, prostaglandin ve bromofenollerden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Koeleman ve Schuitemaker (2009) bu poliketlerin balık yemlerinde balık unu yerine %100 oranında kullanılabileceklerini kayda geçirmişlerdir. Hoa ve ark (2009) değişik oranlarda taze kalamar, poliket, istiridye ve domuz ciğeri kullanarak bir anaç olgunlaştırma çalışması yapmış ve %37.39 kalamar, %16.50 poliket, %27.14 istiridye ve %18.98 domuz ciğeri kullandıkları yemleme rejiminin yumurtlama sıklığı, yumurta sayısı, döllenme ve larva açılma oranı açısından daha olumlu sonuçlar verdiğini; bu sonuçların bahse konu olan yem rejiminde yüksek ARA/EPA ve DHA/EPA'dan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Wouters ve ark (1999) n-3/n-6 PUFA'ların oranının 2-3:1, Cahu ve ark (1994) ise karides anaç diyetlerinde fosfolipitlerin yemdeki oranının %2 olması gerektiğini bildirmişlerdir. Palacios ve ark (1999) tiasilgliseritlerin karides embriyo ve nauplilerinin temel enerji ihtiyaçlarını karşıladığını ve üreme, yumurta ve postlarva kalitesi üzerine etkili olduğunu göstermiştir. Farklı karides türleriyle yapılan çalışmalarda, yemlerde gerekli olan HUFA içeriğinin %0.5 ile 1 arasında olması gerektiği önerilmiştir (Kanazawa ve ark, 1979a; Xu ve ark, 1994). Karidesler için esansiyel aminoasitlerin metiyonin, arjinin, treonin, triptofan, histidin, izolösin, lösin, valin ve fenilalanin olduğu bilinmektedir (Akiyama, 1992).

Doğadan yakalanan solucanların hastalık bulaştırma riski, besin içeriklerindeki farklılıklar ve fiyatlarının yüksekliği nedeniyle son zamanlarda kültür koşullarında çiftliklerde yetiştirilen deniz solucanlarına ilgi daha da artmıştır. Ayrıca, teminindeki sıkıntılar ve düzensizlikler ve yüksek fiyatlar (kilosu 35 ABD Doları'na kadar yükselmektedir) nedeniyle alternatif yapay ve canlı yem kaynaklarına yönelik ilgi de yükselmiştir. Bu doktora çalışmamızda, bu kapsamda, toprak solucanlarının deniz akrabalarına hem fiyat hem de kullanılabilirlik ve besin içerikleri açısından alternatif oluşturup oluşturamayacakları detaylı bir şekilde araştırılmak istenmiştir. Bu alanda yapılan tek çalışmada, Darmawiyanti (2013) toprak solucanlarından *Pheretima*'nın besin içeriklerinin genel olarak zengin olduğunu, ancak fosfolipit, kolesterol ve beta-karotene eksikliklerinin giderilmesi gerektiğini bildirmiş ve yaptıkları bu çalışmada, üstte belirtilen besinlerce zenginleştirilmiş solucanların Pasifik beyaz karidesi (*Penaeus vannamei*) anaçlarının beslenmesinde deniz solucanları (poliket: *Nereis* sp.) yerine rahatlıkla kullanılabilirliğini göstermiştir. Ancak, toprak solucanlarından *E. fetida*'nın n-3 yağ asitlerince ve özellikle de HUFA'larca (bilhassa DHA) fakir olduğu ve bu açıdan zenginleştirilmesi (Liu ve ark, 2008), bu konuda nasıl bir teknik kullanılabilirliği, olası bir zenginleştirme durumunda bunun karides beslemeye yansımalarının nasıl olacağı hususlarında herhangi bir araştırma henüz yapılmamıştır.

2.3. Akvakültürde Mevcut Yem Protein Kaynakları Nelerdir?

Su ürünleri yetiştiriciliğinde en yaygın kullanılan ve en pahalı hayvansal protein kaynağı olan hammadde balık unudur. Bu hammadde doğal kaynaklardan elde edilen en dengeli ve yüksek kalitede hayvansal protein kaynağıdır. Akvakültürde, balık yağı ile birlikte kullanılan balık unu, su canlılarının hem esansiyel aminoasit hem de esansiyel yağ asitleri ihtiyaçlarını karşıladığı için, beslemede çok büyük önem arz eden hammaddelerdir. Özellikle denizel türlerin beslenmesinde büyük bir fizyolojik öneme sahip olan n-3 yağ asitlerinden EPA ve DHA'nın balıklar ve karidesler tarafından vücutlarında sentezlenemediği için (Tocher, 2010), yem formülasyonlarında bu eksikliğin balık unu ve yağı ile giderilmesi gerekmektedir. Yetiştiricilikte kullanılan yemlerde genellikle %30-55 civarında protein olacak şekilde formülasyonlar yapılır, ancak bunu yaparken ilgili türün optimal büyümesine imkan verebilecek aminoasit miktar ve

dengesinin de gözetilmesi şarttır. İdeal bir yem hammaddesi olan balık unu yüksek (%65-72) oranlarda protein içerir ve tüm denizel türlerin ihtiyaçları olan aminoasitleri dengeli bir şekilde içerir (Medale ve Kaushik, 2009). Teminindeki dalgalanmalar ve karasal hayvanlarla kullanım rekabeti, bu hammaddenin fiyatının her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Balık ununa alternatif daha ekonomik ve sürdürülebilir protein kaynaklarından bitkisel ve hayvansal orjinli birçok seçenek araştırılmaya ve halen besleme çalışmalarının temelini oluşturmaya devam etmektedir. Balık unu yerine bitkisel protein kaynaklarının kullanımı giderek yaygınlaşmakla birlikte, daha ucuz alternatif hayvansal protein kaynaklarının da yem sektöründe kullanımına yönelik arayışlar sürmektedir. Bunlar içerisinde, protein kaynakları olarak bazı bitkisel unlar (soya, mısır, kanola, ayçiçeği, yulaf, pamuk tohumu, algler, bitkisel silajlar v.b) ile çeşitli hayvansal unlar [(böcek, tavuk atığı, kril, kalamar, kan, solucan, tek hücre protein (single cell protein), hidrolize edilmiş tüy, geri dönüşüm atıkları, maya, bakteri vb.)] sayılabilir. Bu seçeneklerin birçoğu ticarileştirilememiş olup, alternatif arayışlar günümüzde de halen devam etmektedir. Bu kapsamda, dünyanın pek çok ülkesinde olduğu gibi, ülkemizde de üretimleri hızla yaygınlaşmakta olan toprak solucanları ciddi bir potansiyel taşımaktadır.

EPA ve DHA'ca zengin olan balık unu ve yağdan farklı olarak, kırmızı toprak solucanı *E. fetida* EPA açısından oldukça zengin olmasına karşın, DHA açısından fakir bir besin kaynağı olarak bilinmektedir (Liu ve ark, 2008). Dolayısıyla, akvakültür endüstrisinde canlı bir yem kaynağı olarak kullanılacaksa, bu eksikliğin giderilmesi gerekmektedir. Bunun için denizel kuluçkahanelerde rutin bir uygulama olan *Artemia* ve rotiferlerin besin içeriklerinin zenginleştirilmesine benzer tekniklerin denenmesi bir çözüm yolu olabilir.

2.4. Toprak Solucanı Üretiminde Türkiye'deki Mevcut Durum Nedir?

Yaklaşık bir 10-15 yıllık solucan-gübre üretim mazisi olan ülkemizde bugün 3000 adet civarında solucan üretim tesisi olduğu tahmin edilmektedir. İrili ufaklı bu tesislerde yaklaşık olarak 3 milyon üzerinde bir solucan popülasyonu ile, 1 milyon tonun üzerinde organik gübre üretilmediği bildirilmektedir (Anonymous, 2017). Ülkemizdeki tarımsal ve hayvansal organik atıkların toplam miktarının 500 milyon ton olduğu dikkate alındığında, bu sektörün halen ne kadar

yüksek bir büyüme potansiyeline sahip olabileceği tahmin edilebilir. Gerçekten de, ülkemizde sadece Çaykur firmasının yıllık 60 bin ton civarında çay atığını imha ettiği bildirilmektedir. Bu tip kaynakların değerlendirilmesi ve katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi (solucan gübresi gibi) ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır.



Şekil 2.1. Uzakdoğu ülkelerinde büyük kitleler halinde üretilen solucanlardan elde edilen solucan unu ve sıvı solucan katkı maddesi

Sayıları hızla artmaya devam etmekte olan solucan üretim tesislerinde, bir süre sonra solucan biyomaslarının ihtiyacın çok üzerinde seviyelere çıkması kaçınılmaz olacak ve işletmeler solucanlarını yan ürün olarak satmaya çalışacaktır. Yapılan hesaplamalarda 1 adet solucanın yılda yaklaşık olarak 1300 kat çoğaldığı bilinmektedir. Bu çok değerli hayvansal protein kaynağının en iyi değerlendirme alanlarından birisi de yem sanayisi olacaktır. Nitekim, özellikle Çin gibi birçok

Uzakdoğu ülkelerinde solucan unu ve sıvı solucan katkı maddesi pazarlanmakta ve bunların akvakültür yemlerinde kullanımı yaygınlaşmaktadır (Bkz. Şekil 2.1).

2.5. Kırmızı Toprak Solucanı *Eisenia fetida*

Binlerce toprak solucanı türü arasında gübre üretimi için en uygun türlerden birisi de kırmızı toprak solucanı olarak bilinen *Eisenia fetida* (Savigny 1826)'dır. En çok bilinen bu tür dışında *Eisenia andrei*, *Dendrobaena veneta*, *Dendrodrilus rubidus*, *Drawida nepalensis*, *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus*, *Eudrilus eugeniae*, *Polypheretima elongata* türleri de kültüre uygun türler olarak kabul edilmektedir. Bunlardan *E. fetida*, *D. veneta*, *D. rubidus* ve *L. rubellus* doğal ortamda ülkemiz topraklarında da kaydedilmiştir. Hızlı üreme, yaşam döngülerinin kısa olması, yüksek besin tüketme özellikleri ve geniş çevre toleransları nedeniyle kırmızı toprak solucanı *E. fetida* ülkemizde de kültür amaçlı olarak en yoğun tercih edilen türdür.

2.5.1. *Eisenia fetida*'nın Taksonomisi

Alem: Hayvanlar

Filum: Annelida

Sınıf: **Oligochaeta**

Takım: **Haplotaxida**

Familiya: **Lumbricidae**

Cins: ***Eisenia***

Tür: ***Eisenia fetida*** (Savigny, 1826)

2.5.2. *Eisenia fetida*'nın Morfolojisi

Yuvarlak halkalı solucanlardan *E. fetida* ince uzun ve üzerinde herhangi bir ekstremiteler barındırmayan bir vücuda sahip olduğu için, toprak içerisinde çok rahat hareket edebilme yeteneğinde olan bir omurgasız canlıdır. Vücut segmentlerden ibaret olup (Şekil 2.2), her segment üzerinde kıl benzeri setalar mevcuttur. İlk segmentlerinin üzerinde peristomium denen bir ağız ve

son segmentinde de anüs bulunur. Toprak solucanları ağızlarında bulunan ve dil benzeri bir organ olan prostomium ve nemli vücut derileri sayesinde dış ortamdaki koşulları hisseder ve bu sayede toprak içerisinde nasıl ve ne yöne hareket etmesi gerektiğine karar verirler. Solunum nemli vücut derisi sayesinde gerçekleştirilir. İyi-gelişmiş bir sinir, dolaşım, sindirim, boşaltım, kas ve üreme sistemleri mevcuttur. Kapalı bir kan dolaşım sistemine sahiptirler. Sindirim sistemi ağızdan başlar ve tüm vücut boyunca ilerleyerek en uçtaki anüste son bulur. Solucanlar toprağın içerisinde veya yüzeyde bulunan organik atıklarla beslenen canlılardır. Ağızdan alınan toprak materyali (veya gübre) güçlü kaslardan oluşan sindirim sisteminde enzimlerle karıştırılır ve toprak ile yutulan besinler (bakteri, mantar, protozoa, nematodlar ve diğer mikro-organizmalar ile dekompoze bitkisel ve hayvansal materyaller) parçalanarak sindirilir.

Derileri aracılığıyla solunum yapan solucanların yaşadıkları ortamın sürekli olarak nemli olması gereklidir. Aylarca suda yaşayabilirler, ancak nemsiz ortamlarda kurumaları halinde ölürlür. Işığa karşı hassastırlar ve güçlü gün ışığında paralyze olabilir, hatta ölebilirler. Toprak içerisinde hareket etmelerini kolaylaştırmak için tünel kazarlar ve bu esnada mukus salgılayarak kayganlığı artırırlar. Tünelin çeperi ile temas eden mukus salgısı sertleştiğinde tünel çeperi kalıcı hale getirilir ve böylece tüneller solucanlar için kalıcı yollar haline dönüştürülür (Tram ve ark, 2005).

2.5.3. Ekolojisi

Doğal şartlarda, kurak dönemlerde solucanlar toprağın daha derin katmanlarına inerler veya nemli alanlara göç ederler. Genellikle yaşadıkları ortamın nem içeriğinin %60-85 arasında olması yeterlidir. Oksijensiz koşullara özellikle karbondioksit ve hidrojen sülfür miktarının arttığı durumlarda hızla buldukları ortamlardan kaçma eğilimine girerler. Ortam koşullarının pH aralığı 6.8-8.5 arasında olabilir, ancak nötr pH koşullara yakın ortamları (7.2-7.8 pH) tercih ederler.

E. fetida ağırlıklı olarak nemli ve organik maddece zengin bölgelerde, genellikle toprağın yüzeye yakın kısımlarında, hayvansal gübre yığınlarında, bitkisel organik atıkların bol olduğu bahçelerde, zengin çürükçül topraklarda, ahırlarda, çürümüş bitkisel materyaller arasında ve tatlısu kaynaklarının kenarlarında görülür ve farklı iklim koşullarında yaşayabilirler. Atıklarla beslenerek, bu materyalleri daha besleyici gübre formlarına dönüştürürler. Yüksek miktarlarda yem tüketebi-

len ve hızlı üreyebilen solucanlar bol atıkların olduğu yerlere erişebilmeleri halinde, bu bölgelerde hızlı ve sağlıklı bir populasyon geliştirebilirler. Bir solucanın günde kendi ağırlığının en az yarısı kadar organik atık tüketebildiği bilinmektedir. Vermikompost (solucan gübresi üretimi) çalışmalarında solucanlara besin olarak genellikle ahır gübresi (büyükbaş, at gübresi, tavuk gübresi vb.) ve ilaveten bazı sebze ve meyvelerden (elma, muz, pancar, lahana, kavun, havuç, çay posası, mısır, buğday, salatalık, yumurta kabuğu vb.) oluşan yem karışımları verilir.

Toprak solucanı yetiştiriciliğinde özellikle nem ve sıcaklık gibi çevresel parametrelerin optimumunda tutulması önemlidir. Solucanlar doğada toprağın içerisinde kışın daha derin bölgelere inerek hayatta kalabilirler, ancak dondurucu koşullar altında yaşamlarını sürdüremezler. İdeal büyüme ve üreme sıcaklıklarının 20-27°C'ler civarında olduğu bildirilmektedir. Kokon üretiminin (içinde döllenmiş yumurta ve sonrasında embriyoların geliştiği bir nevi kese) 10 °C'nin altında azaldığı, 4°C'nin altında üretim ve gelişiminin durduğu, yüksek sıcaklıklarda (30°C'nin üzerindeki) ise solucan üretiminin tamamen olumsuz etkilendiği bilinmektedir (Sherman, 2003).

2.5.4. Üremesi

Toprak solucanları hermafrodit canlılar olup, aynı bireylerde her iki gamet çeşidi bulunur. Üreme öncesinde, baş kısmından itibaren vücutlarının 1/3'lük kısmında, vücudu halka veya kemer gibi saran 'klitellum' denen bir şişkinlik oluşur (Şekil 2.2). İlk aşamada beyaz veya kırmızımsı renkte olan klitellum çiftleşme öncesinde portakalimsı renge dönüşür. Klitellum, solucanlarda kokon materyallerinin salgılanmasında işlev gören bir yapıdır. Klitellumun görülmeye başlaması bireylerin üreyebilecek hale dönüştüklerinin göstergesidir. Çiftleşme anında solucanlar birbirlerine ters istikamette yapışırlar ve karşılıklı sperm değişimi yaparlar; döllenme bundan sonra kokon (limon görünümlü) içerisinde gerçekleşir. Birkaç saat sürecek olan çiftleşme esnasında her solucan kendi vücudunun etrafında halka şeklinde bir mukus tabakası salgılamaya başlar. Çiftleşme tamamlanıp bireyler birbirlerinden ayrıldığında bu mukus tabakası sertleşerek solucanın baş kısmına doğru kayarak hareketlenir ve ardından vücuttan kayarak toprağa bırakılır. Toprak solucanlarında iki birey arasında gerçekleşen çiftleşme anında, birkaç döllenmeye yetecek kadar gamet değişimi karşılıklı olarak yapılabilir.

Yetişkin solucanlar (*E. fetida*) yaklaşık 0.5-1.5 g ağırlıkta olup bu boyutlara yaklaşık kokondan çıkıştan itibaren 50 to 55 gün sonra erişirler. Yetişkinler her üç günde bir kokon üretebilir ve 23 gün sonra ilk yavrular kokondan çıkabilirler. Kokon, aslında dömlü yumurtaları ve yavruların çıkışa kadar besin gereksinimlerini karşılayabilecek seminal ve amniyotik besin sıvılarını da içeren, limon şekilli sertleşmiş mukustan ibaret bir yapıdır. *E. fetida* için, bir kokondan çıkacak olan yavru sayısı ve açılma süresi çevresel koşullara bağlı olarak değişebilmektedir. Ancak, genel olarak, bir kokondan 3-4 adet yavru yaklaşık 30-75 gün (1-2.5 ay) içerisinde çıkar ve bu yavruların da yetişkin hale dönüşebilmeleri için 53-76 gün (ortalama 2-2.5 ay) geçmesi gerekir. Toprağa yeni bırakılan kokonlar sarımsı renkte olurlar (Şekil 2.2), ancak ilerleyen dönemlerde renk (içinde gelişen embriyolar nedeniyle) kahverengiye doğru koyulaşır. Uygun koşullarda her yetişkin solucan (>3 ay) haftada 2-3 kez kokon üretebilir (Sherman, 2003).

2.5.5 Yaşam Döngüsü

Uygun olmayan koşullar altında, toprak solucanları dormant (inaktif) yaşam moduna girebilmektedirler. Bu durumda solucanlar bir düğüm şeklinde kıvrılarak pembe renge bürünürler. Uygun koşullarda ise popülasyondaki birey sayısı hızla çoğalabilir. Bir solucanın haftada 3 adet kokon ürettiği ve her kokondan 3 adet yavru çıktığı dikkate alındığında, sadece tek bir adet yetişkin solucanın 3 ayda 100 adedin üzerinde birey üretebileceği hesaplanabilir. Bu süreçte, yetişkin hale dönüşen bazı yavrularda üreme faaliyetine girdiği düşünüldüğünde, aslında üreme hızının çok daha yüksek olacağı tahmin edilebilir. Bundan dolayı, kültür koşullarında zaman zaman popülasyonun seyreltilmesi ve yeni bir ortama aktarılması veya hasat edilen solucan biyomasının satışının yapılması gerekebilir. Ortamda bol miktarda besin olduğunda, toprak sıcaklığının (16-27°C) ve neminin %60-65 civarlarında olması, üremenin yoğun olmasına neden olur. Ancak iklim koşullarının üsttekilerin dışında olması durumlarında solucanlar üremeyi yavaşlatır veya durdururlar. Kokonlardaki yavruların kötü koşullarda dormant hale dönüştüğü ve koşullar düzelene kadar bazen 3 yıla kadar bu durumda bekleyebildikleri bilinmektedir.

Döllenmeden en az 4 hafta sonra kokonlardan çıkan yavrular, ilk önce beyaz iplikçikler halinde gözüktürler ve yaklaşık 8 saat içerisinde hemoglobin kazanarak renkleri pembe kiremit

rengine dönüştürür. Yapılan bir çalışmada Venter ve Reinecke (1988) *E. fetida*'nın her kokon içerisinde 2.7 yavru üretebildiğini, kokonlarda inkübasyon süresinin 23 gün olduğunu ve yavruların 45-60 günde yetişkin hale geldiklerini belirlemişlerdir. Sıcaklık, nem ve besin koşullarına göre yavrular 2-2.5 ay içerisinde yetişkin hale dönüşerek, tam bir jenerasyon dönemini (yavru aşamasından yeniden üreyebilen yetişkin hale geçme arası süre) 3-5 ay içerisinde tamamlarlar. Beslenme koşulları yetişkin boyutlarını doğrudan etkiler ve iyi koşullarda solucanlar yetişkin aşamaya 12-13 ile 17-18 cm boylarda ulaşırlar. Kültür koşullarında *E. fetida*'nın 4-8 yıl yaşayabildiği bildirilmiştir.

2.6. Toprak Solucanlarının Değerlendirilme Alanları

Toprak solucanlarının pek çok değişik kullanım alanları ve yararları vardır (Bkz. Tuan, 2010). Bu tezin konusu olmadığı için, toprak solucanlarının farklı kullanım alanlarına çok detaylı olarak girilmeyecek, ancak yine de bu konuların bir kısmı özet olarak burada yer alacaktır.

Toprak solucanlarının Asya'da 230 yıl önce bakteriyel ve virütik insan hastalıklarının tedavisinde kullanıldığı ve halen bu alanda çalışmalara devam edildiği bilinmektedir (Titov ve ark, 2006; Liu ve ark, 2012). Plavsin ve ark (2017) toprak solucanlarının sölomik sıvısının bitkilerde parazitik fungus *Fusarium oxysporum* üzerinde antifungal bir etki yarattığını bildirmiştir.

Doğal olarak toprak yüzeyine yakın bölgelerde organik materyal ve mikro canlılarla beslenen solucanlar toprağın yapısını zenginleştirir, havalandırır ve toprağın su tutma kapasitesini artırırlar. Solucanlar kullanılarak üretilen vermikompostlar, organik maddelerin kısa sürede besince daha değerli hale dönüştürülmesine, çevre kirliliğinin azaltılması ve hatta vermikompostun sadece bitkisel üretim de değil de, hayvanların beslenmelerinde bile kullanılabilmesine imkan vermektedir (Tuan, 2010). Bazı ülkelerde solucanların evsel ve bazı endüstriyel atıkların dekompoze edilerek çevreyi kirlenmelerinin önlenmesinde kullanıldığı da görülmektedir (Frederickson ve ark, 1997).

Paoletti ve ark (2003) solucanların besin kalitesinin inek sütü ve tavuk yumurtasına eşdeğer nitelikte olduğunu bildirmiştir. Hatta, bu özelliklerinden dolayı da bazı ülkelerde insan gıdası olarak kullanılmakta, Venezuela yerlilerinin protein kaynağı olarak sıklıkla solucan tükettikleri bilinmektedir (Tuan, 2010). Solucanlar yüksek ham protein (%57-80), lipit (%2.9-20)

ve düşük ham kül içerirler (Stafford ve Tacon, 1985; Tuan, 2010). Ayrıca, yapılan birçok araştırmada solucanların aminoasit ve yağ asitlerinin kompozisyonlarının zengin olduğu, hatta balık unu ve yağına eşdeğer olduğu ortaya konmuştur (Istiqomah ve ark, 2009; Paoletti ve ark, 2003). Dynes (2003) solucan ununun yüksek oranda HUFA içerdiğini, Stafford ve Tacon (1985) da düşük oranlarda kül içerikleri nedeniyle de balık yemlerinde iyi bir hammadde kaynağı olarak kullanılabileceklerini belirtmiştir. Öte yandan, vermikompost işlemleri esnasında ortaya çıkan yüksek amonyak ve organik materyalin sadece bitkisel üretimde değil, aynı zamanda su ürünleri sektöründe havuzların gübrelenmesinde, hatta bazen de doğrudan yapay yem formülasyonlarında da değerli bir hammadde kaynağı olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Dynes, 2003).



Şekil 2.2. Kırmızı toprak solucanının (*Eisenia fetida*) ve bunların kokonlarının (koza) görüntüleri

Araştırmacılar, toprak içerisinde bulunan mikro-organizmaların solucanların beslenmesinde önemli bir role sahip olduklarını belirtmektedirler. Bilhassa, fungusların ve ardından da protozoa ve bakterilerin solucanlar tarafından besin olarak değerlendirildikleri, ancak bunların karışımlarının büyüme açısından daha yararlı oldukları bildirilmektedir (Edwards ve ark, 1985). Basit bazı ön-hazırlıklarla çok geniş bir organik atık yelpazesinden (mutfak atıkları, tarımsal atıklar, hayvan atıkları, yeşil yapraklar, vb.) solucanlara yem karmaları hazırlanabilmesi mümkündür. Solucanlar basit ve ekonomik düzeneklerde üretilir ve kısa süre içerisinde sayıları çok yüksek rakamlara çıkartılabilir. Kokonlardan çıkan bireyler 4.5-5.5 hafta içerisinde yetişkin hale dönüşebilirler ve kısmi yada düzenli seyreltmelerle (hasat) popülasyondaki büyüme hızı sürdürülebilir. Genellikle 6-

8 haftada bir aktarım veya seyrelme sıklığının optimal biyomas için uygun olduğu bildirilmektedir. İlk stoklamadan itibaren 2 ay beklendikten sonra, 40-50 günde bir popülasyonun biyomasının iki katına çıkarılabilmesi ve solucanların taze, kurutulmuş veya dondurulmuş formlarda değerlendirilebilmesi mümkündür (Tuan, 2010).

Yapılan bazı çalışmaların sonuçlarından, solucanların balık beslemede kullanımlarında bazı komplikasyonlar yaratabileceği ve bunlara çözümler üretilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Solucanların besin kaynağı olarak su ürünlerinde kullanıldığı ilk çalışmalardan birinde Tacon ve ark (1983) alabalıklar için solucan ununun yemlerde kullanılmasının lezzet sorunu yarattığını, Stafford ve Tacon (1984) ise, solucan katkılı yemlerle beslemenin yem alımı ve büyümeyi olumsuz etkilediğini göstermişlerdir. Diğer yandan hareket kabiliyetlerini arttırmak amacıyla solucanların salgıladıkları mukusun toksik veya antibesinsel özelliklere sahip olabileceği de raporlanmıştır (Tacon ve ark, 1983; Nandesha ve ark, 1988). Bazı araştırmacılar, beslemede kullanılacak olan solucanların bazı durumlarda paraziter bulaşma veya ağır metaller açısından risk yaratabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Stafford ve Tacon (1984), evsel atıklarla büyütülen solucanlarla beslenen alabalıklarda ağır metal birikimleri görülebileceğini iddia etmiş, ancak analizlerinde buna yönelik bir bulgu elde edememişlerdir. Ağır metal riskinin yok edilebilmesi veya azaltılabilmesi için solucanların hasat sonrasında yıkanması, haşlanması ve bazen de belli bir süre boyunca aç bırakılmak suretiyle iç organlarının boşaltılması önerilmektedir. Ayrıca, ısı işlem uygulanmasının (pişirme) da antibesinsel veya toksik bazı olası maddelerin eliminasyonunda işe yarayabileceği bildirilmektedir (Tacon ve ark, 1983; Nandeesha ve ark, 1988).

Solucan ununun su ürünleri yemlerinde kullanımlarının yaygınlaştırılabilmesi için büyük ölçeklerde ve ekonomik olarak üretimlerinin yapılabilmesi ve pratik hasat tekniklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Nitekim, son zamanlarda, Çin başta olmak üzere birçok uzakdoğu ülkesinde yüksek tonajlarda solucan unu üretimi yapılmakta ve balık ununa göre daha uygun fiyatlarla satışa sunulmaktadır.

2.7. Toprak Solucanlarının Besin Değeri

Gunya ve ark (2016), *E. fetida*'nın besin içeriklerini araştırdıkları bir çalışmada, soğuk-kurutulmuş (freeze-dried) ve fırında kurutulmuş örneklerde temel besin bileşenleri, mineraller ve yağ asiti profillerini çalışmışlardır. Genel olarak, mineral ve temel besin bileşenleri açısından soğuk-kurutulmuş solucanların besin kaynağı olarak daha değerli olduklarını, ancak yağ asitleri açısından fırında kurutulmuş olanların daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada, soğuk-kurutulmuş ve fırında kurutulmuş solucanların protein ve lipid içerikleri sırasıyla %66.2 ve %59.7 ile %10 ve %9.5 olarak belirlenmiştir. Nguyen ve ark (2010) kuru ağırlık üzerinden %57.2 ham protein, %7.94 ham yağ, %1.12 lif (fiber), %1.45 kalsiyum ve %0.7 fosfor içerikleri ile toprak solucanlarının kedi balıkları için değerli bir besin kaynağı olduğunu bildirmişlerdir. Ignacio ve ark (1993) solucan ununun (*E. fetida*) %65.2 protein içerdiğini, Reinecke ve ark (1991) ise esansiyel aminoasitler açısından da zengin olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Fadaee (2012) yaptığı bir derlemede, bu hammaddenin hem n-3 yağ asitleri hem de esansiyel aminoasitler açısından zengin olduğunu belirtmiştir.

Ebadi ve ark (2013) *E. fetida*'yı metabolize edilebilir enerji ve yağ asitleri açısından balık unu ile kıyaslamış ve neticede toprak solucanlarında ve balık ununda enerji değerlerinin sırasıyla 3258 ve 3211-3566 kcal/kg KM (kuru madde) olduğunu, (MUFA+PUFA)/SFA oranlarının da 1.26 ile 0.59-0.75 olduğunu belirlemişlerdir. Bu araştırmacılar, solucanların C8-C12 zincir uzunluğundaki yağ asitleri açısından balık unundan daha zengin olduğunu, ancak balık ununda miristik (C14) ve palmitik (C16) yağ asitlerinin daha yüksek seviyede olduğunu bulmuşlardır. Genel olarak, n-3 ve n-6 PUFA'ların her iki hammaddede benzer oranlarda bulunduğunu, hatta bazı durumlarda solucan ununda bu yağ asitlerinin daha da yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Buna göre araştırmacılar, solucan ununun enerji ve (MUFA+PUFA)/SFA oranı açısından uygun bir hammaddede olduğunu ve kara hayvanları, kanatlılar veya su ürünleri yemlerinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Dedeke ve ark (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, dört farklı toprak solucan türünde (*Eudrilus eugeniae*, *Hyperiodrilus africanus*, *Alma millsoni* ve *Libyodrilus violaceus*) amino asit profilleri araştırılmış ve bu türlerin hepsinde de 9 adet esansiyel aminoasitlerden lizin, histidin,

arjinin, treonin, valin, metiyonin, izolösin, lösin ve fenilalanin ile sekiz esansiyel olmayan aminoasitlerden aspartic asit, serin, glutamic asit, prolin, glisin, alanin, sistin ve tirozin kaydedilmiştir. Pek çok yem hammaddesinde sınırlayıcı faktör olarak bilinen lizin ve metiyonin açısından, her üç toprak solucan türünde de bu amino asitlerin seviyesi lizin için 4.95-5.70 g/100 g protein ve metiyonin için ise 2.08-2.30 g/100 g protein gibi yüksek oranlarda belirlenmiştir. *E. fetida* ile yapılan bir diğer çalışmada, solucanların lipid içeriklerinin %2.5-5.2 (ıslak ağırlık üzerinden) gibi yüksek olduğu, dokulardaki lipitin %47-54'ünün C10-C24, %23'ünün MUFA, %13'ünün ise PUFA (C14-C22)'lerden oluştuğu bildirilmiştir (Khodolova ve ark, 1978).

Hansen ve Czochanska (1975), toprak solucanlarında lipit ve yağ asitleri üzerine kapsamlı bir çalışma yürütmüş ve bu canlılarda yağ asitlerinin ağırlıklı olarak C10 ile C32 arasında olduğunu, PUFA'ların (özellikle linoleik and linolenik yağ asitlerinin) yüksek çıktığını bildirmişlerdir. Bu araştırmacılar, doğadan topladıkları solucanların yağ asitleri içeriklerinin mevsimlere bağlı olarak değişiklik gösterdiklerini de kaydetmişlerdir.

2.8. Toprak Solucanlarının Kültür Koşullarında Beslendikleri Besinler

Singh ve ark (2013) yaptıkları bir çalışmada *E. fetida*'nın büyümesini en olumlu etkileyen sığır gübresi ve zirai/evsel atık komibasyonlarını araştırmış ve en etkili kombinasyonun sığır gübresi ile nohut unu olduğunu, bunu sığır gübresi/samanın izlediğini belirlemiştir. Gruplar içerisinde en hızlı üreme, dolayısıyla da en yüksek solucan sayısı (24 saat içerisinde bile) nohut unu kullanılan kombinasyonlarda elde edilmiştir.

Hayvan atıklarının *E. fetida*'nın büyüme ve üremesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, Garg ve ark (2005) sığır, bufalo, at, eşek, koyun, keçi ve deve gübrelere kullanmış ve çalışmada her 100 g gübreye 5 adet yeni açılmış solucan yavrusu stoklayarak, 15-hafta süreyle solucanlarda biomas artışı, mortalite, cinsel olgunluk ve kokon üretimini takip etmişlerdir. Hiçbir grupta mortalite ile karşılaşılma, solucanların sığır, koyun ve keçi gübrelere hızlı büyüdükleri gözlenmiştir. Maksimum ağırlık artışı ve en hızlı büyüme oranı koyun gübresinde elde edilmiştir. Net biyomas kazancı sırasıyla koyun > eşek > bufalo > keçi ≈ sığır ≈ at > deve gübrelere belirlenmiştir. Her solucanın günde ürettiği kokon sayısı şu sırayla değişmiştir: koyun

> sığır \approx at \approx keçi > deve > eşek > buffalo gübresi. Solucan sayısındaki artış koyun gübresinde 39.5-kat gerçekleşirken, at gübresinde bu rakam 26-kat olarak gerçekleşmiştir.

Khomami ve ark (2016) ahşap talaşı ve şeker kamışı küspesinin ciddi bir çevre sorunu oluşturabildiğini bildirmiştir. Buna çözüm üretmek adına, bu araştırmacılar sığır gübresi, sığır gübresi + şeker kamışı küspesi (4:1, hacim olarak), sığır gübresi + ahşap talaşı (4:1 hacim olarak) kombinasyonlarının *E. fetida*'nın büyüme, üreme ve karbondioksit salınımı üzerine etkilerini araştırmışlar ve sığır gübresinin şeker kamışı birlikteliğinde daha iyi bir büyüme ve üreme sağladığını bulmuşlardır. Bu atıkların tümünde de toprak solucanlarının sisteme eklenmesi neticesinde 15 gün içerisinde CO₂ salınımının azaltılabileceğini belirlemişlerdir.

Evsel lağım atıkları ve sığır gübrelere zengin besinler içerir, ancak doğru yöntemlerle işlenmezlerse çevresel sorunlara neden olabilirler. Li ve ark (2016) farklı oranlarda evsel lağım atıkları ile sığır gübresi karışımlarında *E. fetida* üreterek, bu koşullarda solucanlarda üreme ve ortamda gerçekleşen fizikokimyasal parametreleri incelemişlerdir. Denemede gruplar arasında, solucanların üremelerinde farklılıklar belirlemişler ve *E. fetida*'nın bazı ağır metalleri ortamdaki uzaklaştırabildiğini bulmuşlardır.

Chauhan ve ark (2010) üç farklı toprak solucan türünün (*Eisenia foetida*, *Eudrilus eugeniae* ve *Perionyx excavatus*) vermikompost üretimini kıyasladıkları bir çalışmada, dekompoze olmuş bitkisel atıklarla karıştırılan sığır gübresi içerisinde (1 haftalık) *E. fetida*'nın belirgin bir şekilde diğer türlerden daha başarılı bir şekilde üreyebildiğini bulmuşlardır.

2.9. Beslemede Toprak Solucanlarının Kullanımı

2.9.1. Kara Hayvanlarının Beslenmesinde Toprak Solucanlarının Kullanımı

Istiqomah (2009), ek hayvansal protein kaynağı olarak, kanatlıların yemlerinde kullanılan solucan ununun, balık unu veya et unundan daha yararlı olduğunu, benzer şekilde Edwards (1985) de solucan unu ilave edilmiş yemlerle beslenen piliçlerde (broiler) yem değerlendirme etkinliği ve kas doku gelişiminin daha iyi gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Rezaipour ve ark (2014) piliçlerde yaptıkları bir çalışmada, solucan unu eklenmiş yemlerle beslenen gruplarda PER (protein etkinlik oranı) değerinin benzer olduğunu, ancak göğüs et oranının solucan unu ile beslenenlerde daha

yüksek çıktığını ve sonuçta solucan ununun broiler beslemede kullanılabileceğini kaydetmişlerdir. Cova ve ark (2008) farklı oranlarda toprak solucan unu (*E. andrei*) ilave edilmiş yemlerin farelerde büyüme, kan parametreleri ve kan koleterol seviyesi üzerine etkilerine bakmışlardır. Denemede üç yemi test etmek isteyerek, bunlarda %0 solucan unu (SU), %25 SU+%75 BU (balık unu) ve %50 SU+%50BU kullanmışlar ve denemeyi 28 gün sürdürmüşlerdir. Ağırlık ölçümleri 0, 7, 14 ve 28. günlerde yapılmış ve son günde de kan örnekleme ile karaciğer ALT enzimi (alanin amino-transferaz) araştırılmış ve ayrıca karaciğer biopsi işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları büyüme, hepatik dokular ve ALT değerlerinde herhangi bir farklılık olmadığını göstermiştir.

Bahadori ve ark (2015) solucan (*E. fetida*) unu (SU) ve vermihumus (VU) ununun piliçlerde büyüme ve yem çevrim performansları ve karkas özellikleri üzerine etkilerini araştırmış ve bu amaçla 5 farklı yem formüle etmişlerdir [(A: Kontrol (%0), B: %1 VU, C: %1 SU + %1 VU, D: %2 SU + %1 VU, E: 3% SU + 1% VU)]. Deneme sonuçları; yem tüketimi ve yem değerlendirme oranının solucan unu artışı ile istatistiki olarak azaldığını ($P<0.05$) ve gruplar arasında ağırlık kazancının muamelelerden etkilenmediğini göstermiştir ($P> 0.05$). Özetle, bu çalışmada %2-3 solucan unu takviyesinin piliçlerde YÇO oranını belirgin bir şekilde iyileştirdiği anlaşılmıştır.

2.9.2. Balıklarda Toprak Solucanlarının Kullanımı

Toprak solucanları uzun yıllardır balık avcılığında ve ayrıca akvaryum sektöründe canlı yem olarak değerlendirilmektedir. Değişik formlarda (kuru, sıvı, canlı veya un halinde) alternatif protein kaynağı/katkı maddesi olarak balık, kurbağa ve karides beslemede büyük ilgi çekmeye başlamışlardır. Toprak solucanlarının yağ asitleri (özellikle n-3) ve amino asitler açısından balıklar için uygun bir besin kaynağı oldukları belirtilmektedir (Nandeeshia ve ark, 1988). Istiqomah ve ark (2009) toprak solucanı ununda (*Lumbricus lobellus*) ham protein ve ham kül oranlarını sırasıyla %63.06 ve %5.81 olarak belirlemişlerdir.

Solucan katkılı yemler karabalık (*Clarias garepinus*) yavrularında yüksek yaşama oranı, daha hızlı büyüme ve stres koşullarına da daha yüksek direnç sağlamıştır (Ng ve ark, 2001). Velasquez ve ark (1991) alabalıklarda %25 ile %50 ikame oranlarında (balık ununa) solucan

katkılı yemlerin daha az tüketilmelerine rağmen, daha iyi bir büyüme sağladıklarını bildirmiştir. Nil tilapyası (*O. niloticus*) yavrularında solucan destekli yemler ile ağırlık artışı, spesifik büyüme ve yem çevrim oranı, balık unu içeren ticari yemden (kontrol) daha iyi sonuç vermiştir. Balık unu yerine *E. fetida* ununun yemlere %5 ile 30% oranlarında eklenmesi alabalıklarda kontrol grubuna (solucan unu içermeyen) benzer bir büyüme ve yem değerlendirme etkinliği sağlamıştır (Stafford ve Tacon, 1985).

Dedeke ve ark (2013) 7-hafta süren bir çalışmada, Afrika kedi balıklarının (*Clarias gariepinus*) yavrularının beslenmesinde solucan (*Libyodrilus violaceus*) ununun, balık unu yerine ikame edilebilme potansiyelini araştırmışlardır. Bu çalışmada balık unu, %0, 15, 25, 35 ve %50 oranında solucan unu ile değiştirilmiş ve bu yemlerin balıklarda büyüme ve yem tüketim performans parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Deneme sonunda, en yüksek büyüme (final ağırlık, canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı) %25 ikame oranında elde edilmiştir. Bu oranın üzerindeki ikamelerde balıklarda büyüme olumsuz etkilenmiştir. Dolayısıyla, bu araştırmacılar Afrika kedi balığı yavruları için %25 ikame oranının önerilebileceğini bildirmişlerdir.

Literatürde toprak solucanları ile her zaman olumlu sonuçlar alınamamıştır. Salmonidlerde balık unu yerine düşük oranlarda solucan unu kullanımı büyüme artırmış, ancak yüksek değişim oranları olumsuz sonuçlar vermiş (Akiyama ve ark, 1984). Nandeesha ve ark (1988) balık unu yerine solucan unu kullanımının sazanlarda büyüme olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Kedi balıklarında (*Pangasius* sp.), balık unu yerine, dondurulmuş solucan kullanımı balıklarda büyüme azaltmış, ancak yemlere taze solucan karıştırılması ise tam tersine yüksek oranlarda büyüme sağlamıştır (Nguyen ve ark, 2010). Dondurulmuş veya soğutulmuş (freeze-dried) solucanların (*E. fetida*) alabalıklarca tercih edilmediği (lezzetli bulunmadığı için), fakat bu solucanlardan ekstrakte edilen proteinlerin yem kaynağı olarak uygun olduğu belirlenmiştir (Medina ve ark, 2003). *E. fetida* solucanlarının sölomik (coelomic) sıvısının bazı balıklarda ve omurgalılarda toksik etkilerde bulunduğu (Ohta ve ark, 2003), diğer yandan omurgasızlarda ise daha az etkili olduğu bildirilmiştir (Kobayashi ve ark, 2001). Isıl işleme tabi tutulmuş sölomik sıvıda toksisite azaltılabilmekte, ısıl kurutma veya sıcak suda kısa süreli pişirme de toksik etkiyi düşürerek aynı zamanda kötü lezzet sıkıntısını giderebilmektedir (Tacon ve ark.,

1983). Pucher ve ark (2014) solucanların güneş altında kurutulmalarının ve ayrıca yemlere düşük oranlarda eklenmelerinin uygun olduğunu bildirmiştir. Güneşte kurutulmuş ve balık unu yerine yemlere %0, %50 ve %100 oranında eklenmiş solucan ununun (*Perionyx excavatus*) kafeslerde yetiştirilen sazan balıklarında büyümede belirgin artışlar sağladığı gösterilmiştir.

Velasquez ve ark (1991) 4 farklı dozda *E. fetida* ununu balık unu yerine %0, 25, 50 ve 100 oranlarında ikame etmiş ve alabalıklar üzerinde yaptığı testlerde, balıkların hiçbir grupta da sağlık sorunları yaşamadığını, % 25 ve 50 ikame-gruplarının kontrol grubuna göre daha az yem tüketerek daha iyi büyüdüklerini belirlemişlerdir. Bu araştırmacılar YÇÖ ve PER değerlerinin bu gruplarda daha iyi olduğunu, karaciğer somatik indeksi ve fileto kimyasal kompozisyon verilerinin ise tüm gruplarda benzer çıktığını, sadece artan solucan unu ikamesiyle fileto lipid içeriklerinde düşmeler olduğunu kaydetmişlerdir.

Mukti Pada ve ark (2012) Nil tilapyası ile yaptıkları bir besleme çalışmasında, %32.2 oranında solucan unu eklenen bir yem ile 12 hafta besledikleri balıkları kontrol grubu ile kıyaslamış ve solucan unu takviyeli yemin daha iyi bir canlı ağırlık artışı ve SBO ile daha iyi bir YÇÖ sağladığını belirlemişlerdir. Bu grupta, PUFA ve n-3/n-6 değerlerinin kontrol grubundan daha iyi sonuçlar verdiği ortaya konmuştur. Bu çalışma ayrıca, solucan unu katkılı yem ile balıkların et kalitesinin de (daha yüksek n-3 ve n-3/n-6 nedeniyle) yükseltilebileceğini, böylece tüketime yönelik daha sağlıklı balık üretilebileceğini göstermiştir.

Pucher ve ark (2014) havuz içine yerleştirdikleri kafeslerde yaptıkları bir çalışmada, balık unu yerine %0, %50 ve %100 oranlarında solucan (*Perionyx excavatus*) unu ekleyerek deneme yemleri yapmış ve bu yemleri adi sazanda (*Cyprinus carpio*) test etmişlerdir. Deneme sonuçları solucan unu katkılı yemlerle beslenen balıkların, bu hammaddenin yemdeki oranının artışı ile birlikte daha iyi bir büyüme gösterdiklerini ortaya koymuştur. Bu araştırmacılar, solucan unu takviyesi ile beslenen balıkların, ortamda zooplankton ve diğer doğal besinlerin de olması sayesinde, sazanların besin ihtiyaçlarını daha iyi karşılayabildiğini düşünmüşlerdir. Bu araştırmacılar, sonuç olarak, kırsal bölgelerde, bu tip bir besleme rejiminin balık üretiminde önemli avantajlar sağlayabileceğini de not etmişlerdir.

Tram ve ark (2005) yaptıkları bir çalışmada, balık unu yerine farklı oranlarda solucan (*P. excavates*) unu eklenen yemlerle beslenen kedi balığında (*Clarias macrocephalus x C. gariepinus*) büyüme ve yem tüketim performans değerlerini araştırmışlardır. Denemede kullanılan solucanlar domuz gübresi içerisinde yetiştirilmiş ve ardından kurutularak un haline getirilmiş, balık unu (BU) ise balık atıklarından elde edilmiştir. Kontrol yeminde %100 BU, deneme yemlerinde ise BU'nun %25, 50, 75 ve %100'ü solucan unu (SU) ile değiştirilmiştir. Denemede kullanılan SU kuru madde üzerinden %57.2 protein, %7.94 lipit ve %1.12 fiber (lif) içermiştir. Deneme sonunda, en düşük YÇO ve en yüksek ağırlık kazancı, günlük büyüme oranı ve SBO %75 SU-ikame oranında, en düşük büyüme ve en yüksek YÇO ise kontrol yemi ile beslenen grupta bulunmuştur. Sonuç olarak bu araştırmacılar, kedi balıkları için SU'nun çok değerli bir besin kaynağı olduğunu ve bu balığın beslenmesinde balık unu yerine %75 oranında kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Chaves ve ark (2015) meyve, solucan ve soya temelli bir yem ile Nil tilapyası ve sazan yavrularını beslemişler ve %33.9 solucan (*E. fetida*) unu içeren bir yem karışımının (yerel hammaddelerle üretilmesinden dolayı) daha ekonomik olması ve ticari yem ile aynı büyüme (ağırlık ve total boy) ve yem tüketim performans avantajı sunması nedeniyle, rahatlıkla önerilebileceğini bildirmişlerdir. Bu araştırmacılar, çalışmalarında kullandıkları solucan ununun ham protein, ham lipit ve ham lif (fiber) oranlarını sırasıyla %70.3, %6.6 ve %10.9 olarak bildirmişlerdir.

Krome ve Focken (2016), kontrol yeminde %12'i balık unu içerecek şekilde %32 proteini yemler yapmışlar ve bu kontrol yemindeki balık unununun %30, %70 ve %100'ünü solucan (*P. excavatus*) unu ile ikame etmişlerdir. Yemde, diğer protein kaynakları olarak; soya, pirinç kepeği ve buğday unu kullanarak gerektiği yerde aminoasit takviyeleri de yapmışlardır. Araştırmacılar, solucan unu katkılı yemlerle beslenen sazan (*C. carpio*) yavrularında yem tüketiminde palatabilite (lezzet) sorunu ile karşılaşmamış, ancak yine de kontrol yeminin belirgin bir şekilde daha yüksek büyüme ve PER sağladığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, solucan unu içeren yemlerle beslenen balıklarda, protein metabolizmasının bir şekilde olumsuz etkilendiğini, bunun için solucan unu işleme yöntemleri ile ilgili olarak, daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir.

Zou ve ark (2012) altın balıkların (*Carassius auratus*) beslenmesinde, farklı oranlarda toprak solucanı (*E. fetida*) unu ve taze vermikompost içerecek şekilde 7 farklı yem üretmiş ve 100 gün süren deneme sonunda %5 solucan unu ve %4 vermikompost katkılı yemlerle beslenen balıklarda büyümenin arttığını ve YÇÖ değerlerinin de düştüğünü kaydetmişlerdir. Özellikle YÇÖ açısından vermikompost ilavesinin, sadece solucan unu eklenmiş yeme nazaran daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir. Alabalık beslemede, balık unu yerine yemlere kurutulmuş *E. fetida* unu %5, 10, 20 ve 30% oranında eklenmiş ve kontrol grubuna benzer bir büyüme ve yem değerlendirme etkinliği elde edilmiştir (Stafford ve Tacon, 1985). Bu araştırmacılar solucan unu eklenmiş (%5,10 ve 20) yemlerle beslenen alabalıklarda tüm vücut karkas lipit miktarlarında önemli artışlar belirlemişlerdir.

Kostecka ve Paczka (2006), *E. fetida*'yı lepistes balığında (*Poecilia reticulata*) yem olarak kullanmış ve kontrol (yapay yem) grubu ile kıyaslamıştır. Beslemede kullanılmadan 24-saat önce, solucanlar kültür ortamından alınmış ve bir kabın içerisine yerleştirilmiş ıslak peçeteler üzerinde bekleterek, bağırsaklarının boşalması sağlanmıştır. Bunun ardından, solucanlar dondurulmuş ve sonrasında da çözdürülerek kıyılmış ve ilk grupta bulunan balıklara yeterli miktarda verilmiştir. Diğer grup ise; %38 oranında protein içeren bir yapay yemle (kontrol) beslenmiştir. Neticede, solucan ile beslenen anaç balıklarının, diğer gruba kıyasla, iki kat daha fazla yavru üretebildiği belirlenmiştir.

Mohanta ve ark (2016) *Labeo rohita* balıkları ile yaptıkları bir çalışmada, %52-53 protein içeren solucanlarla (*E. fetida*) 3 farklı deneme yemi hazırlamıştır. Bu yemlerden birincisinde (a) solucanlar 48 saat aç bırakıldıktan sonra haşlanmış ve ardından 0.5 mm boyutlarında kıyılmış, ikincisinde (b) solucanlar haşlandıktan sonra mikserde çekilmiş, içine yağsız süt tozu, yumurta, jelatin, mineral ve vitamin karışımları eklenerek buharda pişirilmiş ve böylece kek haline getirilmiş, üçüncü yemde (c) hammaddeler ise 2 mm çapında pelet formunda hazırlanmıştır. Tüm yemler %50 protein içerecek şekilde ayarlanmıştır. İlk yemin tamamı solucandan ibaret iken, solucan kekinde %60 solucan ve pelet yeminde ise %40 solucan unu kullanılmıştır. 35-gün süren deneme neticesinde, içeriğinde %40 solucan unu bulunan pelet yemin, bu balığın yavrularının yetiştiriciliğinde rahatlıkla kullanılabileceği önerilmiştir.

2.9.3. Karides Beslemede Solucan Kullanımı

Son yıllarda, karides beslemede de solucan kullanılmaya başlanmış ve olumlu bulgular elde edilmiştir. Piedad-Pascual (1985) deniz solucanlarından (poliket) *Nereis sp.* ile kıyaslandığında, toprak solucanı (*E. fetida*) eklenen yemlerle beslediği *P. monodon* karideslerinde daha yüksek canlı ağırlık artışı ve yaşama oranı elde etmiştir. Bu araştırmacı karma yemlere taze solucan karıştırılmasından ziyade, solucanların kurutulmuş formda (un halinde) eklenmesinin daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Chiu ve ark (2015) *P. vannamei* beslemede fermente edilmiş soya ve solucan unununun 4:1 oranında kullanılabileceğini, ancak bu karışımın karma yemdeki balık unununun %80'ninden fazla olmaması gerektiğini belirtmişlerdir.

Habashy (2012) tatlısı karidesi (*Macrobrachium rosenbergii*) için 4 farklı yem içerisine balık unu yerine %0, 25, 50, 75 ve %100 solucan unu kullanmış ve bu yemlerle yürüttükleri deneme sonunda, en yüksek yaşama oranı, en iyi büyüme oranı (SBO) ve YÇO'yu %25 solucan unu ikame edilmiş yem ile elde etmişlerdir. Dolayısıyla, bu araştırmacılar tatlı su karidesinin beslenmesinde balık unu yerine %25 solucan unu ikamesinin rahatlıkla önerilebileceğini bildirmişlerdir.

Liu ve ark (2008) Çin karidesi (*Fenneropenaeus chinensis*) ile yaptıkları bir çalışmada, yapay yem içerisine farklı oranlarda *E. fetida* karıştırarak, bu yemlerle besledikleri karideslerde büyüme ve bazı biyokimyasal özellikleri araştırmışlardır. Sonuçlar, solucan destekli yemlerin tecih edildiğini ve 1:3 oranında (yapay yem/taze yem) karıştırıldığında büyümenin arttığını göstermiştir. Taze yem oranının artışıyla birlikte karides kas dokusundaki toplam aminoasit, esansiyel aminoasit, lezzet ile ilgili aminoasitler (glutamin, asparagin, glisin ve alanin) ve yem alımını uyaran aminoasitlerin (metiyonin, lisin ve glisin) oranının yükseldiği bulunmuştur. Diğer yandan, taze yem oranının artışıyla birlikte kaslardaki total, esansiyel ve n-3 yağ asitleri ile n-3/n-6 oranında düşme görülmüştür. Araştırmacılar DHA'nın taze yemdeki oranının çok düşük olduğunu, ancak bunun karides büyümesine olumsuz etkide bulunmadığına dikkat çekmişlerdir. Sonuç olarak, bu araştırmacılar, *E. fetida*'nın karides yemlerinde ana protein kaynağı olarak kullanılması gerektiği durumlarda, yemlere DHA takviyesi yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Liu (2006) bir araştırmada, hem Pasifik beyaz karidesi (*P. vannamei*) hem de Çin karidesinde (*F. chinensis*) yapay yemlere 1:3 oranında taze veya dondurulmuş *E. fetida* karıştır-

dıklarında, karideslerde büyüme, immünolojik parametreler ve et kalitesinde yükselme kaydetmişlerdir.

Darmawiyanti (2013) toprak solucanlarının Pasifik beyaz karidesi (*P. vannamei*) anaçlarının üreme performansı üzerine etkilerini araştırmış ve denemesinde A) deniz solucanı (*Nereis* sp.), B) toprak solucanı (*Pheretima* sp.), C: fosfolipit, kolesterol ve karotence zenginleştirilmiş toprak solucanı, D: fosfolipit, kolesterol ve karotence zenginleştirilmiş toprak solucanı unu olmak üzere dört farklı yem test etmiştir. Üstte belirtilen besinlerce zenginleştirilmiş solucanların Pasifik beyaz karidesi (*Penaeus vannamei*) anaçlarının beslenmesinde deniz solucanları (poliket: *Nereis* sp.) yerine rahatlıkla kullanılabilceğini göstermiştir.

Bugüne kadar yapılmış olan literatür taramalarında halen toprak solucanlarının yağ asitleri profillerinin özellikle n-3 esansiyel yağ asitlerince zenginleştirilmesine yönelik herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bilhassa, toprak solucanlarında HUFA'lardan DHA'nın normalde düşük olan seviyesinin olası bazı zenginleştirici solüsyon/maddelerle yükseltilmesinin, toprak solucanlarının denizel türlerin anaçlarının olgunlaştırılıp yumurtlatılmasında önemli bir yem kaynağı olarak değerlendirilmesine imkan verebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, uygun teknik ve yöntemlerle işlenen ve kurutulan solucan unlarının, yem formülasyonlarına katkı maddesi olarak eklenmesiyle, içerdikleri bazı mikro-besinler ve/veya maddeler sayesinde karideslerde büyümeye yardımcı etkilerde bulunabileceği de öngörülmektedir.

2.10. Pasifik Beyaz Karidesi (*Penaeus vannamei*)

Karides yetiştiriciliği Dünya'da ağırlıklı olarak tropik ülkelerde (Tayland, Vietnam, Hindistan vd.) ve açık sistemler olarak tanımlanan, akışkanlığı olan (flow-through) büyük toprak havuzlarda ve daha çok da yarı-entansif veya entansif stoklama koşullarında yürütülmektedir. Ancak, ılıman (ABD, Çin, Japonya, İspanya, İtalya ve Yunanistan) ve hatta soğuk ülkelerde (Almanya, Hollanda, Belçika vd.) üretim çok daha küçük sera/kapalı binalar (indoor) içerisinde resirküle (kapalı-devre) sistemlerde yapılmaktadır. Bu tip yetiştiricilik sistemlerinde başıyla kullanılabilen en yaygın karides türü Pasifik beyaz karidesi olarak bilinen *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*'dir.



Şekil 2.3. Ç.Ü. Su Ürünleri Fakültesi, Deniz Ürünleri Ar-Ge Tesisimizde TÜBİTAK 215O006 projesi kapsamında 2017'de üretilen Pasifik beyaz karidesi (*Penaeus vannamei*) (en alttaki fotoğraf)

Son 15-20 seneden beri sürekli olarak ıslah edildiği için yüksek stoklama yoğunluklarında bile hızlı büyüebilmesi, pazarlama boyutlarına 3.5 ay gibi çok kısa bir sürede ulaşabilmesi, kanibalistik davranışlarının son derece düşük olması, hastalıklara dirençli (SPR/SPF) varyetelerinin mevcudiyeti ve düşük proteinli yemleri iyi değerlendirebilmesi gibi özellikleri, bu karides türünün doğal yaşam alanlarından tüm Dünya'ya (ABD'den Brezilya'ya, Çin'den Endonezya'ya, Hin-

distan'dan Tayland'a kadar) yayılmasına neden olmuştur. Şu anda, karides yetiştiricilik sektörünün %90'ından fazlası, ıslah edilmiş olan Pasifik beyaz karidesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu karides türünün 2014 yılı Dünya üretim rakamının 3.668.681 ton olduğu bildirilmiştir (FAO, 2016). Dünya karides çiftliklerinin anaç ve yavru ihtiyaçlarının çok büyük bir bölümü halen ABD'nin özellikle Hawaii Adasında bulunan ıslah tesislerinden temin edilmektedir.

Bu karides türünün post-larvaları (yavrular) ülkemize ilk kez Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın izniyle 2007 yılında Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi (Ç.Ü. SUF) tarafından getirilmiş ve üretim performansları test edilmiştir. Ticari bir firma ile ortaklaşa olarak yapılan deneme üretimi neticesinde, post-larvalar (PL7-8) 4 ayda pazarlama boyutu olan 20 g (50 adet/kg) ağırlığa kadar ulaştırılmıştır. Ülkemizde tüm yetiştiricilik aşamaları çalışılmış, üremeleri, sıcaklık toleransları ve beslenmeleri üzerine de bazı bilimsel çalışmalar yürütülmüştür (Kumlu ve ark., 2010a,b; 2011; Sarıpek ve Eroldoğan, 2016). Son zamanlarda, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM 13/ArGe/34) ve TÜBİTAK (215O006) tarafından destlenen yüksek bütçeli projelerle bu karides türünün ülkemizde ticarileştirilmesine daha da ağırlık verilmiştir. 2017 (alt fotoğraf) yılında üstte belirtilen TÜBİTAK projesi ile Ç.Ü. SUF'de farklı stoklama yoğunluklarında entansif koşullarda pazarlama boyutlarına kadar büyütülen Pasifik beyaz karideslerinin görüntüleri Şekil 2.3'te görülmektedir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez kapsamındaki çalışmalar Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi'ne (Ç.Ü. SUF) ait olan Deniz Ürünleri Ar-Ge Tesisi'nde yürütülmüştür.

3.1. Deneme Materyalleri

Çalışmada kullanılan kırmızı toprak solucanları (*Eisenia fetida*) Ç.Ü. SUF'teki Ar-Ge tesisimize Argesol Tarım Hayvancılık San. Tic. Şirketi (Balıkesir)'nden getirilmiş ve denemelerde kullanılana kadar 0.6x3x0.5 m boyutlarında 3 adet tankta kültüre alınmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Tesisimizde bulunan ve solucanların stok kültürlerinin yapıldığı tanklar ve kültür ortamının görüntüsü

3.2. Denemelerin Dizaynı ve Yönetimi

Tesisimizde tanklar içerisinde yetiştirdiğimiz ve beslenmelerinde %50 inek gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posası kullandığımız kırmızı solucanlar gerektiğinde hasat edilerek, yıkanıp temizlenerek, yeni ortamlarında besince zenginleştirmeye tabi tutulmuş veya doğrudan canlı olarak, bazen de kurutulduktan sonra karides beslemede kullanılmıştır (Şekil 3.1). Elimizdeki stoklar yetmediği durumlarda, üstte belirtilen Argesol firmasından yeniden solucan satın alınmıştır. Bu firma zaten başlangıç kültürü için kendilerinden solucan temin ettiğimiz ve bizimle aynı solucan yem karmasını kullanan bir ticari firmadır.

3.3. Denemeler

Bu tez çalışması 5 farklı denemeden oluşturulmuştur. Bunlar;

3.3.1. I. DENEME

Farklı Yem Karmalarının (Besin) Toprak Solucanında Büyüme, Üreme ve Vermikompost Üretimi Üzerine Etkileri

Bu deneme toprak solucanının farklı besi ortamlarında (yem karmaları) kültürlerinin yapılması ve bu ortamlarda büyüme ve üreme performanslarının takip edilmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu deneme sonucunda elde edilecek bilgi ve tecrübe birikiminin tezdeki diğer denemelerin daha sağlıklı yürütülebilmesine katkı getirmesi ve ilaveten balık ununa kıyaslamalı bir şekilde yağ asitleri profilleri çalışılarak alternatif bir hammadde olup olmayacağını araştırılması amaçlanmıştır.

3.3.1.1. Deneme Ünitesinin Kurulması

Bu çalışma Ç.Ü. SUF'a ait olan Deniz Ürünleri Ar-Ge Tesisi'nde 6 ay süreyle yürütülmüştür. Deneme için RMA Yatırım Makine Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. (Tarsus)'den satın alınan 105 L hacme sahip 15 adet siyah renkli (65x31x54 cm) plastik tanklar (kops kutuları) kullanılmıştır. Denemede her grup için bu plastik tanklardan üst üste olacak şekilde üçer adet

yerleştirilmiştir (Şekil 3.2). Üçlü tanklardan ikinci katta (ortada) bulunan tankın tabanı ve dörtkenarı (45 cm yüksekliğe kadar) 2 mm çapında matkap ucu ile belli aralıklarla delinmiş ve böylece su tahliyesi ve hava giriş-çıkış imkânı sağlanmıştır. Üçlünün en tabanında bulunan tank üstten sızan tanklardan gelen suyu toplamak amacıyla kullanıldığı için, bu tankta delme işlemi gerçekleştirilmemiştir. En üstte kullanılan (üçüncü) tankta da (ikinci tankta olduğu gibi) taban ve yanlardan delinmiştir. En üstteki tankın tabanının delinmesinin nedeni; ortadaki tankta (ikinci) vermikompost üretiminin tam kapasiteye ulaşmasıyla beraber, solucanların yeni besine ulaşabilmelerini sağlamak üzere ikinci tanktan en üst (üçüncü) tanka çıkabilmeleri sağlamaktır.

3.3.1.2. Denemenin Kurulması

Çalışmanın başlangıcında her deneme tankının hacminin yaklaşık %5-6'sı civarında yem karması (%50 inek gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posası) her deneme tankının tabanına yatak olarak serilmiş ve ardından solucanlar stoklanmıştır. Argesol firmasından getirtilen solucanların, denemede kullanılacak olan yeni ve farklı yem karmalarına 1 hafta süreyle adapte edilebilmeleri amacıyla; ilgili firmadan temin edilen yem karması ile tarafımızca hazırlanan yeni yem karmaları 1:1 oranında karıştırılarak solucanlara her iki günde bir olacak şekilde verilmiştir. Her deneme grubu için ayrı ayrı hazırlanan yem karmaları öncelikle 5 L suda ısıtılarak yumuşatılmış (3 saat süreyle) ve ardından tankların tabanına eşit şekilde yayılarak yatak yapma işlemi tamamlanmıştır.

Denemede her tanka 500 adet solucan stoklanmıştır. Tankların yüzeyine her iki günde bir kez olmak üzere püskürtmeli su tabancasıyla yaklaşık 1 L su püskürtülerek besin ortamı nemlendirilmiştir. Nemlendirme işlemi özellikle kültür ortamına beslemenin yapılmadığı günlerde uygulanmıştır. Bir hafta süren adaptasyon periyodundan sonra, solucanların yeni kompost karmalarına alıştıkları ve tükettikleri gözlenmiş, ardından deneysel tanklara kompost eklemesi haftada bir kez ve 10'ar cm yüksekliğinde uygulanmıştır. Birim alandaki solucan sayısının azlığından dolayı, yemleme oranı 3. haftadan itibaren yeniden düzenlenerek haftada 2'şer cm olarak değiştirilmiştir. Solucanların ışıktan rahatsız olmamaları ve nem oranının hızla düşmemesi için tankların üzerleri gün boyunca plastik siyah renkli bir örtü ile kapatılmıştır.

3.3.1.3. Solucan Temini

Denemede test edilecek 5 grup için 3000 adet solucan üstte belirtilen firmadan getirilmiş ve deneme tanklarına stoklanmadan önce 25-30 tanesi tek tek tartılarak (0.01 g hassas terazide) ortalama ağırlıkları 0.44 g olarak ölçülmüştür.

Deneme grupları aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur;

A GRUBU: %60 büyükbaş hayvan gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

B GRUBU: %60 at gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

C GRUBU: %60 koyun gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

D GRUBU: %85 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

E GRUBU: %60 tavuk gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

Daha yüksek yoğunluklarda üretim yapılabilmesi ve ticari firmaların kullandıkları karma yemlerin test edilebilmesi amacıyla 1 ay sonra üstte belirtilen firmadan yeniden 6000 adet daha solucan getirilmiş ve bunlar ikiye bölünerek 2 ayrı grup daha oluşturulmuştur (F1 ve F2). Bu solucanlarda da başlangıç ortalama ağırlığını belirlemek amacıyla bireysel tartımlar yapılmış (50 adet üzerinden) ve ortalama ağırlık 0.45 g olarak ölçülmüştür.

F1 GRUBU: %50 büyükbaş hayvan gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posası.

F2 GRUBU: %50 büyükbaş hayvan gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posası.

Deneme başladıktan sonra C grubunda beklenmeyen ağır bir koku oluşmuş ve solucanların kendilerini ünitenin dışına atma refleksi gösterdiği gözlenmiştir. Ünite içerisinde yapılan incelemede solucanların %93'ünün öldüğü tespit edildiğinden, deneme kalan dört grup ile (A, B, D ve E) devam ettirilmiştir.



Şekil 3.2. Denemede her grup için üç adet olarak kullanılan plastik tankların görünümü. A: Tabanı delikli hasat tankı, B. Solucanların stoklandığı tank, C: A-tankındaki fazla suyun tabandan süzülerek biriktirildiği tank

Toplamda 6 ay süren bu çalışmada örneklemelerimiz ayda bir kez yapılmış olup, örnekleme her tanktan ilk 3 aylık periyotta alınan yaklaşık 1 kg besi ortamı örneğinde (yem karması + yatak veya vermikompost), ikinci 3 aylık dönemde ise aşırı çoğalma nedeniyle alt örnekleme yapılarak solucan ve kokon sayıları 100 g örneklerde incelenmiştir. Örnekleme-lerde ayrıca solucan boy uzunluğu ve ağırlığı da bireysel olarak ölçülmüştür. Solucan tartımları esnasında karma besin ortamından (yaşadıkları yer) ayıklanan solucanlar tatlı suda iyice yıkanmış ve üzerlerindeki ıslaklık bir peçete ile alındıktan sonra bireyler tek tek 0.01 g hassasiyette bir elektronik terazi ile tartılmıştır.



Şekil 3.3. Denemede yetiştiriciliği yapılan sağlıklı solucanlar

3.3.1.4. Çevresel Parametreler

Deneme gruplarının pH, nem ve sıcaklık parametreleri bir dijital toprak nem-ölçer, bir toprak pH-ölçer ve bir toprak sıcaklık-ölçer cihazlarıyla adaptasyon sürecinde iki gün arayla, adaptasyon döneminden sonraki haftalarda ise haftada bir kez olmak üzere, her grup için düzenli olarak ölçülmüştür.

3.3.1.4. Temel Besin Bileşenleri ve Yağ Asitleri Analizi İçin Örnekleme

Çalışmanın sonunda belirlenen ve bundan sonra yapılacak çalışmalarda kullanılması planlanan besleme rejiminde (GRUP F1 ve F2) bulunan solucanlardan 100'er adet örnek alınmış (Şekil 3.3) ve bu örneklerde, tezimizin ilerleyen kısımlarında detaylı olarak anlatıldığı şekilde

temel besin bileşenleri (ham protein, ham lipid, kuru madde ve ham kül) analizlerinin yanı sıra, yağ asitleri profillerine balık unu ile birlikte bakılmıştır.

3.3.2. II. DENEME

S-Presso Kullanılarak Toprak Solucanının Yataksız Ortamda HUFA'ca Zenginleştirilmesi

Bu deneme, hızlı zenginleştirme yapabilmek amacıyla, solucanların kültür ortamlarına (kompost içerisine) dört farklı oranda (%0, 10, 25 ve 50, ağırlık/ağırlık olarak) ticari bir zenginleştirici (S-Presso, Inve Aquaculture, Belçika) eklenmesiyle solucanların yağ asidi profillerinde nasıl değişimler gerçekleştirebileceğini araştırmak için planlanmıştır. Bu amaçla, her solucanın günde kendi vücut ağırlığı kadar yem tükettiği dikkate alındığında, deneme planında solucan yemi ve zenginleştirici miktarları ve deneme grupları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir;

0/S-Presso: 100 g Kompost + 0 g S-Presso (Kontrol Grubu),

10/S-Presso: 100 g Kompost + 10 g S-Presso,

25/S-Presso: 100 g Kompost + 25 g S-Presso,

50/S-Presso: 100 g Kompost + 50 g S-Presso.

Her deneme grubu için 1-L hacme sahip ve tabanı düz plastik kaplar her deneme grubu için 3 adet olarak kullanılmış (Şekil 3.3) ve her kap içerisine yukarıda deneme grupları için ayrı ayrı belirtilen kompost karışımı (%50 büyükbaş gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posası) + zenginleştirici (S-Presso) eklendikten sonra yine her kaba 300 adet yetişkin solucan tek tek sayılarak stoklanmıştır (Şekil 3.4 ve 3.5).

Deneme ortam sıcaklığı 26°C'de klimatize edilmiş bir ortamda yürütülmüş, pH ve nem oranları ise 7.1-7.3 ve %65-70 oranında ölçülmüştür. Nemlendirme işlemi günde iki kez (saat 09:00-09:30 ile 18:00-18:30) bir su püskürtme tabancasıyla yapılmıştır.



Şekil 3.4. Zenginleştirme denemelerinin yürütüldüğü ortam ve koşullar (kops kutuları içine yerleştirilen plastik kültür kapları)

Deneme başlatılırken, her kabın tabanına 15-20 adet 0.5 mm çapında delikler açılmış, her kabın içerisine öncelikle 100 g yem karması konmuş, sonrasında üstte belirtilen oranlarda tartılan zenginleştirici (sıvı formda) yem karmasına eklenerek karıştırılmış ve son olarak da ortama solucanlar aktarılmıştır. En yüksek doz olan 50/S-Presso grubunda ilk gecenin sabahında ciddi mortalite ve kaçışlar görüldüğü için, bu dozun çok yüksek olduğuna karar verilerek bu grup denemeden çıkartılmıştır. Böylece, deneme 0/S-Presso, 10/S-Presso ve 25/S-Presso gruplarıyla devam ettirilerek sonuçlandırılmıştır.

Solucanların yağ asitleri analizi için denemenin başında (0'nci) ve 12, 24, 48 ve 96'nci saatlerinde örnekleme yapılmış ve her örneklemede 50 adet solucan temizlenip yıkanarak (Şekil 3.5) 20 mL'lik plastik kapaklı tüplere alınmıştır. Bunların dışında S-Presso'dan ve kompost karışımlarından da (0 ve 96'nci saatlerde) ayrı ayrı örnekler alınarak (Şekil 3.6), yağ asitleri analizleri yürütülene kadar, -20°C'de bir derin dondurucuda korunmuştur.



Şekil 3.5. Denemede zenginleştirici olarak kullanılan S-Presso ürünü ile deneme esnasında düzenli olarak kültür kaplarının su ile nemlendirilmesi işlemi

3.3.3. III. DENEME

S-Presso Kullanılarak Toprak Solucanının Yataklı Ortamda HUFA'ca Zenginleştirilmesi

Bu denemede, öncelikle her plastik kaba toplamın %50'si oranında (100 g) yatak (stok kültürde kullanılmakta olan kompost karması) yerleştirilmiş ve ardından 100 g yeni kompost + dört farklı oranda (%0, 10, 25 ve 50) S-Presso ilave edilmiştir. Bu amaçla yine her solucanın günde kendi vücut ağırlığı kadar yem tükettiği dikkate alındığında, deneme planında kompost karışımı ve zenginleştirici miktarları ve oranları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

0/S-Presso: 100 g Yatak + 100 g kompost + 0 g S-Presso

10/S-Presso: 100 g Yatak + 100 g kompost + 10 g S-Presso

25/S-Presso: 100 g Yatak + 100 g kompost + 25 g S-Presso

50/S-Presso: 100 g Yatak + 100 g kompost + 50 g S-Presso



Şekil 3.6. Solucan hasadı ve tatlı suda temizlenmiş hali

Bu denemede de, her grup için yine 1-L hacme sahip ve tabanı düz ve delikli olan plastik kaplardan her grup için 3'er adet kullanılmış ve kompost olarak yine %50 büyükbaş gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posası tercih edilmiştir. Her kaba öncelikli olarak 100 g yatak yerleştirilmiş ve ardından 100 g kompost içerisine üstte belirtilen oranlarda zenginleştirici iyice karıştırıldıktan sonra, bu karışım yatak üzerine serilmiştir. Son olarak her kaba 300 adet yetişkin solucan stoklanmış ve her kaptan denemenin 12, 24, 48 ve 96'ncı saatlerinde 30'ar adet solucan ömeklenmiştir. Plastik tüpler içerisine yerleştirilen ve markalanan örnekler yağ asitleri analizlerinde kullanılmak üzere -20°C'de korunmuştur.

Bu deneme 2. DENEME ile paralel olacak şekilde ve aynı koşullarda yürütüldüğü için solucan başlangıç, S-Presso ve 96. saatlerde kompost örneklerinin alınmasına gerek duyulmamıştır. Ekstradan yatak kullanılan bu denemede, test edilen en yüksek zenginleştirme dozunda (50/S-Presso) herhangi bir sorun gözlemlenmemiş ve dolayısıyla da deneme 96'ncı saate kadar tüm gruplarla devam ettirilmiştir. Deneme koşulları 2. DENEME'de belirtildiği şekilde sürdürülmüştür.

3.3.4. IV. DENEME

Balık Unu/Balık Yağı Kullanarak Toprak Solucanının HUFA'ca Zenginleştirilmesi

Bu deneme daha ekonomik bir yağ asidi/aminoasit kaynağı olan balık unu (BU) /balık yağı (BY) ile toprak solucanlarının zenginleştirilebilme potansiyelini araştırmak amacıyla planlanmıştır. Bu amaçla hamsi unu veya yağı (Sibal A.Ş., Sinop) tercih edilmiştir. Deneme grupları aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur;

A) Balık Unu Kullanarak Solucanların Zenginleştirilmesi

- 0/BU** : 100 g Yatak + 100 g Kompost + 0 g BU
10/BU : 100 g Yatak + 90 g Kompost + 10 g BU
25/BU : 100 g Yatak + 75 g Kompost + 25 g BU
50/BU : 100 g Yatak + 50 g Kompost + 50 g BU

Hammaddeler tek tek tartılarak üstte özetlenen oranlarda karıştırıldıktan ve karışım 1-L'lik kültür kaplarına aktarılıp iyice nemlendirildikten sonra, her kaba 300 adet solucan sayılarak eklenmiş ve deneme, üç tekerrürlü olarak başlatılmıştır (Şekil 3.7). Kültür kaplarında bir gece geçirdikten sonra, sabah saatlerinde kontrol edilen solucanların, (özellikle 3. ve 4. gruplarda) kapların dışına çıkarak hızla kaçmaya çalıştıkları gözlenmiştir. Bazı solucanların laboratuvarın zeminine kadar ulaştıkları ve hatta kuruyarak zarar gördükleri anlaşılmıştır. Bu gözlem daha düşük BU konsantrasyonu olan 10/BU'da görülmemesine rağmen, BU'nun genel olarak solucan beslemede çok uygun bir hammadde olmadığına kanaat getirilmiş ve BU yerine balık yağı ile denemenin yeniden başlatılmasına karar verilmiştir. Böylece ertesi gün, balık yağı ile solucanların farklı zenginleştirme dozlarında ve farklı sürelerle zenginleştirilmelerine yönelik deneme aşağıda özetlenen gruplarla yeniden başlatılmıştır.



Şekil 3.7. Denemede kullanılan yem kamalının ve balık ununun hazırlanma aşaması

B) Balık Yağı Kullanarak Solucanların Zenginleştirilmesi

Bu denemede solucanlar dört farklı balık yağ (BY) konsantrasyonu (%0, 2.5, 5 ve %10 ağırlık/ağırlık olarak) ve üç farklı periyot boyunca (24, 48 ve 96. saatler) zenginleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Deneme kurulduktan sonra yapılan gözlemlerde solucanlarda herhangi bir rahatsızlık veya stres ibareleri görülmemesi üzerine, deneme 96'ncı saate kadar sürdürülmüştür. Deneme grupları aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur;

0/BY : 100 g Yatak + 100 g Kompost + 0.0 g BY

2.5/BY : 100 g Yatak + 100 g Kompost + 2.5 g BY

5/BY : 100 g Yatak + 100 g Kompost + 5.0 g BY

10/BY : 100 g Yatak + 100 g Kompost + 10.0 g BY

Bu deneme de, daha önce detaylı bir şekilde 3. DENEME için bahsedilen koşullar altında yürütülmüş ve 96 saat içerisinde tamamlanmıştır. Deneme süresince ilk örnekleme 24'üncü saatte başlatılmış ve ardından 48 ve 96'ncı saatlerde diğer örnekleme gerçekleştiril-

miştir. Her örneklemede 50 adet solucan ayıklanmış, yıkanmış ve peçetelerle kurutulduktan sonra kapaklı plastik tüplere aktararak derhal -20°C 'de dondurulup, analizler yapılincaya kadar bu ortamda bekletilmiştir (Şekil 3.8). Yağ asitleri analizleri için, deneme öncesinde solucanlardan 50 adet, BU ve BY'nin her birisinden 50-g, deneme sonunda ise gruplardaki solucanlara ilaveten, BY eklenmiş ve 96 saat solucanlar tarafından besin olarak değerlendirilmiş kompost karmalarından da 100'er gram örnekleme yapılmıştır. Deneme koşulları 2. DENEME'de belirtildiği şekilde sürdürülmüştür.



Şekil 3.8. Balık yağı ile zenginleştirildikten sonra temizlenip yıkanan ve yağ asitleri analizi için test tüplerine stoklanmaya hazırlanan solucanlar

3.3.5. V. DENEME

Toprak Solucanı Ununun Protein Kaynağı Olarak Karides (*Penaeus vannamei*) Yemlerinde Kullanımı

Bu deneme karides yemlerinde protein kaynağı olarak solucan ununun (SU) balık unu yerine (BU) ikame edilebilme potansiyelinin araştırılması amacıyla planlanmıştır.

3.3.5.1. Deneme Materyali

Bu projedeki denemelerde kullanılan karides (*Penaeus vannamei*) yavruları (1.85 g) Ç.Ü. SUF'te bulunan stoktan temin edilmiştir. Deneme Deniz Ürünleri Ar-Ge Tesisi'mizde kurulu olan ve 15 adet tanktan oluşan bir kapalı-devre su sisteminde (RAS) yürütülmüştür. Denemede kullanılan solucan ununun (*Eisenia fetida*) elde edilebilmesi için Argesol (Balıkesir) firmasından 20.000 adet solucan temin edilmiş ve iki hafta süreyle kendi stok tanklarımızda beslendikten sonra hasat edilmiş, temizlenmiş ve tatlı suda iyice yıkandıktan sonra kurutma aşamasına geçilmiştir.

3.3.5.2. Deneme Yemlerinin Hazırlanması

Deneme için beş farklı formülasyonda (Çizelge 1) üretilen yemler Ç.Ü. SÜF'teki Deniz Ürünleri Ar-Ge Tesisi'mizde bulunan ve her biri 0.7 m çapında (300-L) olan fiberglas tanklarda (15 adet), her yem grubu için üç tekerrürlü olarak 5-hafta süreyle test edilmiştir.

Denemede test edilen 5 yem grubu aşağıda sıralanmıştır;

SU-0	: %100 g BU (Kontrol Yemi)
SU-25	: %75 BU + %25 SU
SU-50	: %50 BU + %50 SU
SU-75	: %25 BU + %75 SU
SU-100	: %100 SU

Çizelge 3.1. Deneme yemlerinde kullanılan hammaddeler düzeyleri (%) ve hesaplanan besin içerikleri

Hammaddeler (%)	DENEME GRUPLARI				
	SU-0	SU-25	SU-50	SU-75	SU-100
Balık unu ¹	30.0	22.5	15.0	7.5	-
Solucan Unu	-	7.5	15.0	22.5	30.0
Soya Küspesi ²	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Mısır Gluteni ³	13.0	14.0	14.0	15.0	15.8
Buğday unu ⁴	36.0	35.0	34.6	33.15	31.9
Balık yağı ¹	2.4	2.4	2.8	3.0	3.3
Soya lesitini (%70) ⁴	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Vitamin Premiksi ^{1*}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Mineral Premiksi ^{1**}	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Stay-C ¹	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Bağlayıcı (Buğday Gluteni) ⁴	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Metiyonin ⁵	-	-	-	0.15	0.20
Lisin ⁵	-	-	-	0.10	0.20
TOPLAM	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Kuru Madde	90.5	90.8	91.0	91.30	91.5
Ham Kül	6.05	5.89	5.7	5.50	5.30
Sindirilebilir Enerji MJ/kg	15.2	14.21	13.2	12.3	11.3
Ham Protein	38.1	38.31	38.0	38.2	38.3
Ham Lipit	9.1	8.88	9.0	8.9	9.0
Ham Selüloz	1.5	1.38	1.2	1.0	0.9

¹ Sibal A.Ş., Sinop, ² Doğalsan, Adana, ³ Sunar Mısır Ent. Tes. San. ve Tic. A.Ş., Adana, ⁴ Hammaddeler.com, ⁵ Sigma Aldrich (ABD).

* Vitamin Premiksi (yemde mg/kg olarak): retinyl acetate 2.58 mg, DL-cholecalciferol 0.037 mg, DL- α tocopheryl acetate 30 mg, menadione sodium bisulphite 2.5 mg, thiamin 7.5 mg, riboflavin 15 mg, pyridoxine 7.5 mg, nicotinic acid 87.5 mg, folic acid 2.5 mg, calcium pantothenate 2.5 mg, vitamin B12 0.025 mg, ascorbic acid 250 mg, inositol 500 mg, biotin 1.25 mg and choline chloride 500 mg.

** Mineral Premiksi (yemde mg/kg olarak): calcium carbonate (40% Ca) 2.15 g, magnesium hydroxide (60% Mg) 1.24 g, potassium chloride 0.9 g, ferric citrate 0.2 g, potassium iodine 4 mg, sodium chloride 0.4 g, calcium hydrogen phosphate 50 g, copper sulphate 0.3 g, zinc sulphate 40 g, cobalt sulphate 2 g, manganese sulphate 30 g, sodium selenite 0.3 g.

Deneme yemlerinde kullanılacak olan hammaddelerin tamamının temel besin bileşenleri analiz edildikten sonra, deneme rasyonları WinFeed 2.8 programı kullanılarak, NRC (2011) tarafından karidesler için önerilen besin madde gereksinim düzeyleri dikkate alınarak formülize edilmiştir (Bkz. Çizelge 1).

Solucan unu elde edebilmek için, hasat edilerek iyice temizlenip yıkandıktan sonra -20°C'de bir derin dondurulan solucanlar, doğranmış ve ardından bir liyofilizatörde (freeze-drier) -50°C'de 0.05 bar basınç altında 24 saat süreyle kurutulmuştur. Deneme yemlerinde kullanılacak olan hammaddelerin tamamı bir değirmenden geçirilip ince ayarda un haline getirildikten (100-150 µ) sonra, tek tek tartılarak titiz bir şekilde bir mikser içerisinde karıştırılmış ve ardından %35-40 oranında su ile nemlendirilerek bir pelet makinesinden (Pasfil Makina, İstanbul) geçirilmiştir. Pelet makinesine bağlı olarak çalışan bir kesici bıçak ile yemler 1.0 mm çapında ve 4-5 mm uzunlukta peletlenmiş ve ardından da bir basınçlı buhar pişiricisi ile 110°C ve 0.5 bar basınç altında 30 dk süreyle pişirilerek jelatinize olması sağlanmıştır (Şekil 3.7-3.9). Yem formülasyonlarına %3 oranında eklenmiş olan bağlayıcı (buğday gluteni) madde ile birlikte yemlerin su stabiliteyi daha da artırılmıştır. Pelet makinesinden çıkan yemler yaklaşık olarak 5-6 saat süreyle gölgelik bir alanda ve üzerlerine hava üfleyen bir vantilatör sayesinde kurutulmuş, nem oranları %10'nun altına indirilmiştir (Şekil 3.10).

Karidesler bu yemlerle günde 4 kez (09.00, 13.00, 18.00 ve 23.00 saatlerinde) tank biyoması üzerinden (%10) elle beslenmişler, ancak ağırlıklı olarak bir sonraki yemleme zamanında tank tabanında tüketilmeyen yemlerin miktarına bakılarak yemleme oranı ayarlanmıştır. Günlük olarak verilmesi hesaplanan yem miktarının %60'ı eşit oranlarda olmak üzere saat 09.00, 13.00 ve 18.00'de verilirken, geri kalan %40'ı ise saat 23.00'te verilmiştir. Deneme boyunca karideslerin yem alım aktiviteleri sürekli olarak gözlenmiş ve özellikle gündüz saatlerinde yem atıklarının kalmamasına özen gösterilmiştir. Elde edilen yem tüketim verileri deneme süresince günlük verilecek yem miktarının ayarlanmasında (arttırıp azaltılması) kullanılmıştır.

Beslemede her tank için ayrı ayrı kapaklı plastik kaplar kullanılmış ve her hafta net olarak tüketilen yemler kaydedilmiştir. Besleme faaliyetleri dışında deneme yemleri daima kutuların içinde ve +4°C'de bir buzdolabında korunmuştur. Deneme süresince, çözünmüş oksijen ve

sıcaklık günlük olarak (YSI Oksijenmetre, USA), pH (Hanna pH-metre), amonyak, nitrit ve nitrat ise (test kitleri) haftalık olarak ölçülmüştür. Tanklarda biriken dışkı ve yem atıkları günlük olarak sifonlanmıştır.



Şekil 3.9. Deneme yemlerinin preslendiği pellet makinası (üste), hammaddelerin öğütüldüğü makina (solda) ve peletlerin pişirildiği düzenek (sağda)

3.3.5.3. Denemenin Yürütülmesi

Deneme 5 muamele (yem-grubu) ve üç tekerrürlü olarak 300-L kapasiteli 15 adet tankta kapalı-devre bir su rejiminde (RAS) 5-hafta süreyle yürütülmüştür (Şekil 3.11 ve 3.12). Deneme öncesinde, yaklaşık 60 adet karides stok gruptan (1 adet 1x10x1 m beton tanktan) örneklenerek bireysel olarak tartılmış ve ortalama ağırlık belirlenmiştir. Ardında stoktan çekilen

karidesler her bir tankta toplamda 30 adet olacak şekilde rasgele dağıtılmıştır. Karidesler ilk haftada biyomasın %8-10'unu üzerinden beslenmeye başlanmış, ancak denemenin sonlarına doğru bu oran % 3-5'e kadar düşürülmüştür. Besleme elle yapılmış ve tank tabanında olası tüketilmeyen yemlerin gözlenmesi bir sonraki yemlemenin ne oranda yapılacağına dair ipucu vermiştir.

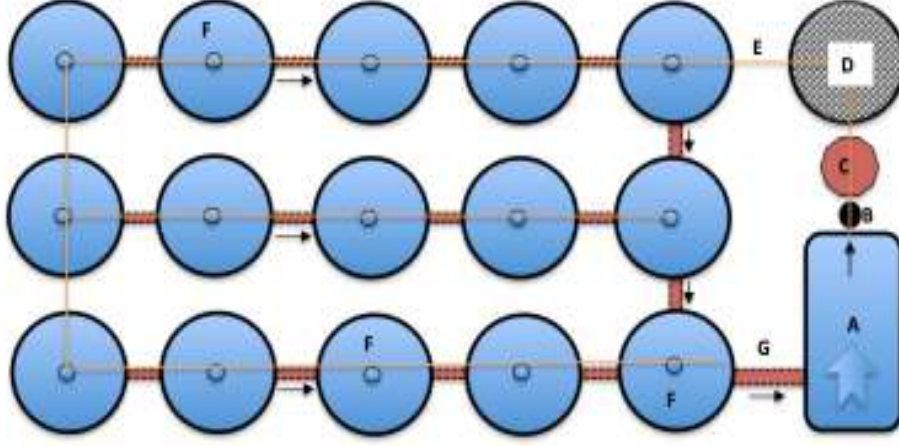
Deneme boyunca düzenli olarak sabah ve akşam yapılan ölçümler neticesinde RAS sisteminde su sıcaklığı 5 hafta süreyle $30.2 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 'de, tuzluluk $\%20.4 \pm 1.0$ 'de, pH 8.23 ± 0.41 'de tutulmuştur. Üstte belirtilen tuzluluk oranı deniz suyu ($\%39$) ile kuyu suyunun (tatlı su) karıştırılması suretiyle elde edilmiştir. Deneme süresince buharlaşma ve sifonla gerçekleşen su kayıplarını telafi etmek için haftada $\%2-5$ oranında RAS sistemine taze su girdisi sağlanmıştır. Azotlu atıklardan toplam amonyak <0.05 mg/L, nitrit 0 ile 0.5 mg/L arasında ve nitrat ise 0.25 ile 100 mg/L arasında değişmiştir. Havalandırma sayesinde çözülmüş oksijen RAS sisteminde hiçbir zaman 7-8 mg/L'nin altına inmemiştir. Buna göre deneme süresince ölçülen su parametreleri Pasifik beyaz karidesi için optimal olarak kabul edilen değerler arasında seyretmiş ve deneme sonuçlarını herhangi bir şekilde olumsuz olarak etkilememiştir.

RAS sisteminin çözülmüş oksijen seviyesi 1 adet çift fanlı 1 HP'lik hava motorundan basılan havanın, her tankta yerleştirilen 1 adet hava taşı aracılığıyla, suya verilmesi suretiyle doymun seviyede tutulmuştur. Sera içerisinde kurulan ünite doğal fotoperiyoda maruz kalmış, ancak ışık şiddeti tankların üzerinin bir örtüyle örtülmesi suretiyle $\%90$ oranında azaltılmıştır. Deneme tanklarının üzerine örtülen gölgeleme filesi aynı zamanda karideslerin tank dışına zıplamalarını da engellemiştir. Deneme ünitesinde su döngüsü 24 saat içerisinde $\%400-500$ civarına ayarlanmış ve bu döngü deneme boyunca sürdürülmüştür.

Karideslerin ellenmeye karşı olan aşırı hassasiyeti nedeniyle denemede karides ara ölçümlerinin yapılmamasına karar verilmiştir. Gerek bu denemenin başlangıç tartımlarında gözlediğimiz kasılma kayıpları, gerekse uzun yıllardır elde ettiğimiz tecrübelerden, tank koşullarında karideslerin minimum düzeyde ellenmesi gerektiği, aksi takdirde kas spazmı nedeniyle ciddi ölümlerle karşılaşılabilceği bilinmektedir. Bu sebeple bireysel ağırlık ölçümlerinin sadece deneme sonunda ve tanklarda canlı kalan tüm bireylerde gerçekleştirilmesi planlanmıştır.



Şekil 3.10. Denemede kullanılan soğuk-kurutulmuş (freeze-dry) solucanların öğütülmesi (üst sol köşe), yemlerin peletlenmesi (alt) ve kurutulması işlemleri (üst sağ köşe).



Şekil 3.11. Denemede kullanılmış olan deneme ünitesinin planı. A: Çökeltme/Rezervuar Tankı, B: Pompa, C: Kum Filtresi, D: Biyofiltre, E: Temiz Su Dönüş Hattı, F: Deneme Tankları, G: Drenaj Hattı.



Şekil 3.12. V. DENEME'nin yürütüldüğü RAS sisteminin görüntüsü

3.3.5.4. Performans Ölçümü

Deneme yemlerinin büyüme ve yemden yararlanma performansları üzerine etkileri aşağıdaki formüllerle belirlenmiştir;

- Spesifik büyüme oranı (%/gün) = $[(\ln W_s - \ln W_b) / \text{gün}] \times 100$
- Yem değerlendirme oranı = $\text{Tüketilen yem (g)} / \text{canlı ağırlık artışı (g)}$

Burada, W_b deneme başı ağırlık, W_s ise deneme sonu ağırlıktır.

3.4. Genel Analizler

3.4.1. Lipit Analizi

Örneklerin lipit analizi Folch ve ark (1957)'na göre yapılmıştır. Alınan 3 g örnek üzerine (et doku) 100 mL methanol + kloroform karışımı (1:2 oranında) eklenerek blender yardımıyla karıştırılmış, daha sonra bu örnekler üzerine %0.4'lük CaCl_2 solüsyonundan 20 mL eklenerek bir süzme kağıdından (Schleicher ve Schuell, 595½ 185 mm) süzülen örnekler, 105°C'de 2 saat süreyle kurutma dolabında bekletilip darası alınmış olan balon jöjelere süzdürülmüştür. Balonların ağızları parafilm ile kapatılarak 1 gece karanlık bir ortamda bekletilmiş ve ertesi gün methanol + sudan oluşan üst tabaka, bir ayırma hunisi yardımıyla atıldıktan sonra, balon içinde kalan solüsyondaki kloroform, rotary evaporatör ile uçurulmuştur. Bu işlemden sonra, balonlar etüvde 1 saat süreyle 90°C'de bekletilerek içerisindeki kloroformun tamamen uçması sağlanmış ve desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra da, 0.1 mg hassasiyetinde terazide tartılmıştır. Lipit oranının (%) hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

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

3.4.2. Kuru Madde ve Ham Kül Analizleri

Kuru madde ve ham kül analizlerinde kullanılacak porselen krozeler ilk önce 103°C’de 2 saat süreyle etüvde kurutulmuş ve ardından desikatörde soğutulularak darası alınmıştır. Krozeler içine homojenize edilmiş örnekten 3-3.5 g tartılmış ve 103°C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra tekrar tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir.

Ham kül tayini için de yine aynı örnekler yakma fırınına yerleştirilerek 550°C’de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar yakılmıştır. Desikatörde soğuma işleminden sonra final tartımı yapılarak hesaplamalar aşağıdaki formüller kullanılarak yapılmıştır.

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

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

3.4.3. Ham Protein Analizi

Ham protein analizi AOAC (1990)’na göre yapılmıştır. Protein analizi için örneklerden yaklaşık 1.0 g alınmış ve 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 K₂SO₄+7.5 mg/s Selenyum karışımı) ve 6 mL sülfürik asit (H₂SO₄) ve 1 mL hidrojen peroksit (H₂O₂) eklenerek yakma ünitesinde 420 °C’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 solüsyonu ve borik asit solüsyonlarıyla destile edilmiştir. Destilat yakalama kısmına 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.

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

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

3.4.4. Yağ Asitleri Analizi

Lipitlerin metil esterleri (FAME) Metcalfe ve Shmitz (1961)'in metodlarında uyguladıkları bazı değişikliklerle beraber Czesny ve Dabrowski (1998)'ye göre yapılmıştır. Lipit miktarı tespit edilen balon jojelere 2 mL heptan koyulup iyice çalkalandıktan sonra tüplere aktarılmış, üzerine 2 M'lik metanolik KOH'dan 4 mL eklenerek 4 °C'de 4000 devirde 10 dk santrifüj edilmiştir. Daha sonra faz oluşumu için 1 gün buzdolabında bekletilip üstte oluşan fazdan otomatik pipetle 1 mL alınarak kahverengi şişelere alınmıştır. Hesaplanan heptan miktarı alınarak üzerine eklenmiş ve vorteksle karıştırılmıştır. Elde edilen karışım GC okumaları için GC tüplerine aktarılmıştır.

$$\text{Heptan miktarı} = [(\text{Balon jojedeki yağ miktarı}) \times 1000] / 50$$

Yağ asidi profilleri gaz kromatografisi (Agilent7820A-GC) ile belirlenmiştir. Analizlerde kapiler kolon (100 m x 0.25 mm x 0.2 µm film kalınlığı), taşıyıcı gaz olarak 1 mL/dk akış hızında helyum gazı ve dedektör olarak da FID dedektörü kullanılmıştır. Örnekler GC'ye oto örnekleme ile 1-µL olarak enjekte edilmiştir. Örneklerin GC analizindeki fırın sıcaklık programı; 120°C'de 1 dk bekleme, 10°C/dk'lik artışla 230°C'ye çıkış ve bu sıcaklıkta 10 dk bekleme şeklinde gerçekleştirilmiştir. Analiz süresince dedektör sıcaklığı 280°C, enjeksiyon portunun sıcaklığı ise 250°C olacak şekilde ayarlanmıştır. Örneklerden elde edilen pikler,

Sigma Chemical Company'den temin edilen standart piklerle karşılaştırılarak tanımlanmış ve yağ asitleri tanımlanan piklerin konsantrasyonları % olarak hesaplanmıştır.

3.4.4. İstatistik Analizler

Tüm veriler için Saphiro-Wilk's normalite ve homojenite testleri yapıp doğrulandıktan sonra, Tek-Yönlü (One-way) veya İki-yönlü varyans analizleri (ANOVA) ile test edilmiştir. Zenginleştirme denemelerinde Doz, Süre ve her ikisi arasındaki interaksiyonların belirlenebilmesi amacıyla önce İki-yönlü ANOVA uygulanmış ve ardından doz ve süre için ayrı ayrı Tek-yönlü ANOVA testleri gerçekleştirilmiştir. Gruplar arasında fark belirlenmesi halinde, posthoc testlerinden Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılarak farklı olan gruplar ortaya çıkartılmıştır. Bu tezde uyguladığımız tüm istatistik analizler SPSS 20.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. I. DENEME

Farklı Kompost İçeriklerinin Toprak Solucanlarında (*Eisenia fetida*) Büyüme, Üreme ve Vermikompost Üretimi Üzerine Etkileri

4.1.1. Çevresel Parametreler

Denemenin ilk 6 aylık süresinde solucanların büyüme, üreme ve vermikompost üretimi amacıyla tutuldukları tanklarda çevresel parametrelerde önemli bir değişim ve gruplar arasında belirgin bir farklılık oluşmamıştır (Çizelge 4.1). Kültür ortamı ideal sayılabilecek seviyelerde sürdürülerek mevcut koşullarda optimal üreme ve vermikompost üretim koşulları sağlanmıştır. Solucanların yaşadıkları ortam sıcaklığı 25°C civarında, pH 7.0-7.1 arasında ve nem ise %45.3 ile %60.63 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.1. Deneme esnasında 6 aylık süreçte ölçülen çevresel parametrelerin 3'er aylık periyotlardaki ortalamaları. Her değer bir ortalama \pm standart sapmayı ifade etmektedir.

Parametreler	A Grubu	B Grubu	D Grubu	E Grubu	F1 Grubu	F2 Grubu
<i>İLK 3 AYLIK DÖNEM</i>						
Toprak pH'sı	7.0 \pm 0.09	7.10 \pm 0.8	7.10 \pm 0.08	7.0 \pm 0.09	7.0 \pm 0.08	7.0 \pm 0.08
Toprak Sıcaklığı (°C)	25.51 \pm 0.66	25.96 \pm 0.41	25.42 \pm 0.75	25.53 \pm 0.69	25.35 \pm 0.79	25.20 \pm 0.86
Oda Sıcaklığı (°C)	27.0 \pm 0.00	27.0 \pm 0.00	27.0 \pm 0.00	27.0 \pm 0.00	27.0 \pm 0.00	27.0 \pm 0.00
Nem (%)	45.3 \pm 9.30	51.0 \pm 6.63	52.1 \pm 6.04	49.8 \pm 7.80	47.6 \pm 5.85	50.6 \pm 6.38
<i>İKİNCİ 3 AYLIK DÖNEM</i>						
Toprak pH'sı	7.04 \pm 0.05	7.15 \pm 0.11	7.10 \pm 0.01	7.05 \pm 0.05	7.02 \pm 0.04	7.02 \pm 0.04
Toprak Sıcaklığı (°C)	25.65 \pm 0.91	25.68 \pm 0.87	25.43 \pm 0.51	25.37 \pm 0.66	25.33 \pm 0.91	25.44 \pm 0.88
Oda Sıcaklığı (°C)	27.0 \pm 0.00	27.0 \pm 0.00	27.0 \pm 0.00	27.0 \pm 0.00	27.0 \pm 0.00	27.0 \pm 0.00
Nem (%)	58.81 \pm 7.33	57.50 \pm 5.21	60.63 \pm 7.10	58.45 \pm 6.56	59.90 \pm 5.52	58.81 \pm 3.94

4.1.2. Büyüme ve Üreme

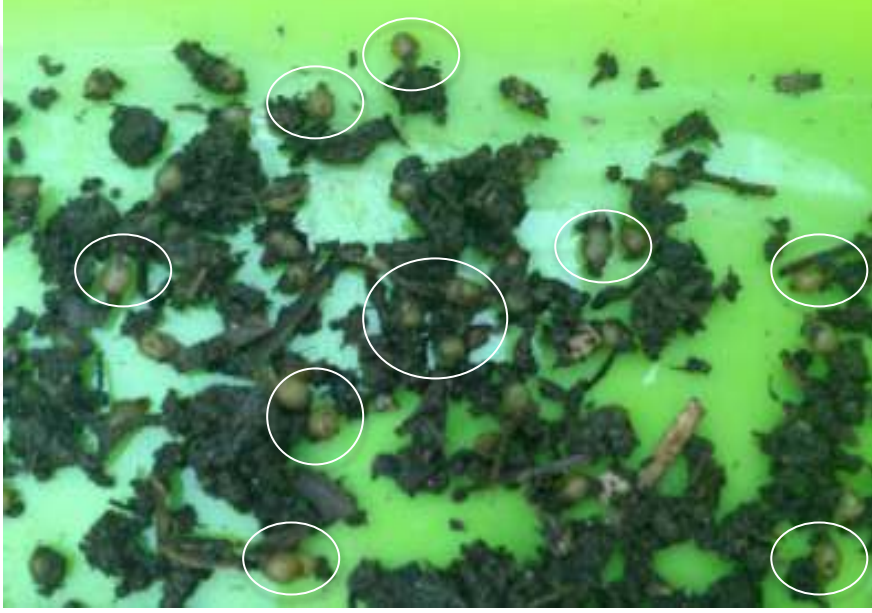
Deneme 0.44 g ortalama ağırlıkta solucanlarla başlatılmış ve ilk ay sonrasında bile A, B, D ve E gruplarında ortalama ağırlıklar 0.50 ile 0.53 gramlara kadar çıkmıştır (Çizelge 4.2). Kültürün 3. aydaki ölçüm döneminde ise aynı gruplarda büyüme verileri ortalama 0.51 g ile 0.59 g arasında değişmiştir. Buna göre; en hızlı canlı ağırlık artışı grup E'de (%60 tavuk gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu) görülmüştür. Kültürün üçüncü ayında yapılan örneklemede 1 kg besi ortamında belirlenen kokon sayıları 61 adet ile 93 adet arasında değişmiştir. Buna göre tüm gruplarda da kabul edilebilir seviyede üremenin gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Çizelge 4.2. İlk üç aylık dönem ve son 3 aylık dönemde yapılan solucan büyüme ölçüm değerleri ve kokon sayıları (her değer bir ortalama \pm standart sapmayı ifade etmektedir). Kokon sayımı her gruptan tesadüfen alınan 1 kg veya 100 g kompost içerisinde yapılmış sayıma tekabül etmektedir

DENEME GRUPLARI	Başlangıç Ağırlık (g)	1. Ay Ortalama Ağırlık (g)	2. Ay Ortalama Ağırlık (g)	3. Ay Ortalama Ağırlık (g)	Kokon Sayıları (1 kg'daki)
İLK 3-AYLIK DÖNEM					
A	0.44 \pm 0.29	0.50 \pm 0.06	0.51 \pm 0.05	0.51 \pm 0.07 ^c	93 adet
B		0.51 \pm 0.07	0.53 \pm 0.04	0.54 \pm 0.05 ^{bc}	86 adet
D		0.52 \pm 0.07	0.51 \pm 0.04	0.53 \pm 0.06 ^c	72 adet
E		0.53 \pm 0.06	0.53 \pm 0.04	0.59 \pm 0.08 ^a	61 adet
			1. Ay Ortalama Ağırlık (g)	2. Ay Ortalama Ağırlık (g)	Kokon Sayıları (adet)
F1*	0.45 \pm 0.08	-	0.50 \pm 0.06	0.54 \pm 0.07	248 adet
F2*		-	0.51 \pm 0.06	0.53 \pm 0.06	296 adet
İKİNCİ 3-AYLIK DÖNEM**					
		4. Ay Ortalama Ağırlık (g)	5. Ay Ortalama Ağırlık (g)	6. Ay Ortalama Ağırlık (g)	Kokon Sayıları (100 g'daki)
A		0.50 \pm 0.06	0.48 \pm 0.07	0.49 \pm 0.01	24 adet
B		0.50 \pm 0.06	0.49 \pm 0.06	0.51 \pm 0.02	34 adet
D		0.50 \pm 0.06	0.48 \pm 0.07	0.50 \pm 0.02	36 adet
E		0.49 \pm 0.06	0.49 \pm 0.06	0.52 \pm 0.03	48 adet
F1		0.51 \pm 0.06	0.50 \pm 0.06	0.51 \pm 0.02	43 adet
F2		0.50 \pm 0.06	0.49 \pm 0.07	0.50 \pm 0.01	67 adet

A-B grupları arasında aylar bazında yapılan istatistik analizlerde farklılık çıkmaması halinde ortalamalarda farklılıklar harflerle işaretlenmemiştir. 3. ayda A-B grupları arasında farklı harflerle işaretlenen ortalamalar birbirlerinden istatistik olarak farklı bulunmuştur (P<0.05). * 1-3'ncü aylarda F1 ve F2 grupları, A-E gruplarından ayrı değerlendirilmiş ve bunlarda P>0.05 bulunmuştur. ** İkinci 3-Aylık Dönemde tüm gruplar Tek-yönlü ANOVA ile test edilmiş ve P>0.05 bulunmuştur.

Ticari firmaların yaygın olarak kullandıkları kompost-karmasının test edilebilmesi amacıyla kurgulanan F1 ve F2 gruplarında, diğer gruplara kıyasla (A, B, D, E), çok daha yüksek (3 kat) solucan stoklaması yapılmış (1500 adet/tank) ve bu gruplarda da gerek büyüme gerekse üreme faaliyetleri çok yüksek seyretmiştir. Bu yüksek yoğunluklarda bile F1 ve F2 grupları, düşük stoklama yoğunluğundaki gruplarla benzer oranlarda canlı ağırlık artışı kazanmış, ancak diğerlerine göre doğal olarak 1 kg örnekleme besisi ortamında çok daha yüksek kokon üretmişlerdir (Çizelge 4.2, Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Tanklarda solucanların ürettiği kokonların görüntüsü

Denemenin ikinci 3 aylık döneminde yapılan örnekleme-lerde alınan örneklerin miktarı 1 kg'dan 100 grama düşürülerek sayımların daha doğru çıkması hedeflenmiştir. Ayrıca örnekleme-lerde ağırlık tartımları ve kokon sayılarının haricinde, 100 g'daki solucan sayısı, solucan boy ölçümü ve ünitelerde oluşan vermikompost yüksekliği de alınmıştır. Veriler incelendiğinde ortalama solucan ağırlıklarının tüm gruplarda ve ölçüm aylarında 0.47 ile 0.51 g arasında değiştiği ve birbirlerinden farklı olmadığı anlaşılmıştır. Ancak üreme hızları açısından tüm gruplarda da kokon

üretimi ikinci 3 aylık periyotta, ilk periyoda göre, çok daha yüksek çıkmıştır. Elde edilen verilere göre, 100 g kültür ortamında üretilen kokon sayıları 24 ile 67 adet arasında değişim göstermiş ve buna göre ikinci 3 aylık dönemde F1 ve F2 grupları 2-3 kat, A-E grupları 3-8 kat daha fazla üreme faaliyetinde bulunmuşlardır.



Şekil 4.2. Tankların içinde (solda) ve tanklardan alınan örneklerde yetişkin solucanların yakından görüntüleri.

4.1.3. Tüketilen Kompost Miktarı (Vermikompost Üretimi)

4.1.3.1. İlk 3 Aylık Dönem

İlk üç ay süresince deneme gruplarında kullanılan besleme protokolleri, tüketilen kompost miktarları ve oluşan vermikompost yüksekliği aşağıdaki gibidir;

A GRUBU: %60 büyükbaş hayvan gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

- * Toplam tüketilen kompost miktarı: 53.82 kg
- * Haftalık kompost tüketimi: 4.49 kg
- * Vermikompost yüksekliği: 6 cm
- * Vermikompost miktarı: 12.09 L

B GRUBU: %60 at gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

- * Toplam tüketilen kompost miktarı: 53.82 kg
- * Haftalık kompost tüketimi: 4.49 kg
- * Vermikompost yüksekliği: 5 cm
- * Vermikompost miktarı: 10.07 L

D GRUBU: %85 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

- * Toplam tüketilen kompost miktarı: 53.82 kg
- * Haftalık kompost tüketimi: 4.49 kg
- * Vermikompost yüksekliği: 3.5 cm
- * Vermikompost miktarı: 7.05 L

E GRUBU: %60 tavuk gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

- * Toplam tüketilen kompost miktarı: 53.82 kg
- * Haftalık kompost tüketimi: 4.49 kg
- * Vermikompost yüksekliği: 5 cm
- * Vermikompost miktarı: 10.08 L

F1 GRUBU: %50 büyükbaş hayvan gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posası

- * Toplam tüketilen kompost miktarı: 42 kg
- * Haftalık kompost tüketimi: 5.25 kg
- * Vermikompost yüksekliği: 4 cm
- * Vermikompost miktarı: 8.06 L (2 Ay İçerisinde)

F2 GRUBU: %50 büyükbaş hayvan gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posası

- * Toplam tüketilen kompost miktarı: 42 kg
- * Haftalık kompost tüketimi: 5.25 kg
- * Vermikompost yüksekliği: 4.5 cm
- * Vermikompost miktarı: 9.07 L (2 Ay İçerisinde)

Üstteki verilere göre ilk 4 grup içerisinde 3 ayda üretilen vermikompost miktarı A grubunda en yüksek, D grubunda ise en düşük çıkmıştır. Buna göre; sadece bitkisel hammadde atıkları kullanılan grupta büyüme ve üreme belirgin bir şekilde düşük çıkmamış, olmasına rağmen, bu grupta vermikompost üretimi yavaşlamıştır. Yüksek miktarda solucan stoklanan ve ticari

kompost-karması kullanılan gruplarda (F1 ve F2) vermikompost üretimi 2 ay içerisinde diğer grupları yakalamıştır.

4.1.3.2. İkinci 3 Aylık Dönem

İkinci üç aylık sürede deneme gruplarında kullanılan besleme protokolleri, tüketilen kompost miktarları ve oluşan vermikompost yüksekliği aşağıdaki gibidir;

A GRUBU: %60 büyükbaş hayvan gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

- * Toplam tüketilen kompost: 45 kg
- * Haftalık kompost tüketimi: 3.75 kg
- * Vermikompost yüksekliği: 7 cm
- * Vermikompost miktarı: 26.18 L

B GRUBU: %60 at gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

- * Toplam tüketilen kompost miktarı: 45 kg
- * Haftalık kompost tüketimi: 3.75 kg
- * Vermikompost yüksekliği: 7 cm
- * Vermikompost miktarı: 24.18 L

D GRUBU: %85 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

- * Toplam tüketilen kompost miktarı: 45 kg
- * Haftalık kompost tüketimi: 3.75 kg
- * Vermikompost yüksekliği: 5.5 cm
- * Vermikompost miktarı: 18.14 L

E GRUBU: %60 tavuk gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu.

- * Toplam tüketilen kompost miktarı: 45 kg
- * Haftalık kompost tüketimi: 3.75 kg
- * Vermikompost yüksekliği: 5 cm
- * Vermikompost miktarı: 20.15 L

F1 GRUBU: %50 büyükbaş hayvan gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posası

- * Toplam tüketilen kompost miktarı: 42 kg
- * Haftalık kompost tüketimi: 3.5 kg
- * Vermikompost yüksekliği: 8 cm
- * Vermikompost miktarı: 24.18 L (5 ayda)

F2 GRUBU: %50 büyükbaş hayvan gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posası

- * Toplam tüketilen kompost miktarı: 42 kg
- * Haftalık kompost tüketimi: 3.5 kg
- * Vermikompost yüksekliği: 8.5 cm
- * Vermikompost miktarı: 26.20 L (5 ayda)

Üstteki verilere göre tüm gruplar içerisinde 6 ayda üretilen toplam vermikompost miktarı A, B ve F1, F2 gruplarında en yüksek, D grubunda (çay posası) ise en düşük gerçekleşmiştir. Buna karşın; sadece bitkisel hammadde atıkları (çay posası) kullanılan D grubunda üreme belirgin bir şekilde yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.3. Deneme boyunca örneklemlerde ölçülen ortalama çevresel parametreler, solucan ağırlığı ve kokon üretim verileri

Çevresel Parametreler	DENEME GRUPLARI					
	A	B	D	E	F1	F2
Sıcaklık	25.21 ±1.11	25.45 ±1.32	24.95 ±1.12	24.90 ±1.17	24.77 ±0.98	24.9 ±1.03
Nem	53.11 ±5.9	56.64 ±5.88	57.43 ±5.35	56.14 ±5.63	56.48 ±7.95	56.38 ±6.81
PH	7.03 ±0.05	7.07 ±0.08	7.06 ±0.05	7.06 ±0.05	7.04 ±0.051	7.06 ±0.05
Solucan Ağırlığı (g)						
Deneme Sonu Solucan *Ağırlık Ort. (g)	0.49 ±0.01	0.51 ±0.02	0.50 ±0.02	0.52 ±0.03	0.51 ±0.02	0.50 ±0.01
Deneme Sonu 100 g'daki Solucan Sayısı (adet)	19 (12 yavru)	22 (18 yavru)	77 (62 yavru)	58 (40 yavru)	44 (11 Yavru)	33 (19 yavru)
Deneme Sonu kokon Sayısı (100 g'da)	4	3	-	9	11	7
Deneme Sonu Solucan Boyu Ortalaması (cm)	11.00 ± 1.00 ^c	11.30 ± 0.57 ^b	10.61 ± 0.57 ^c	11.63 ± 0.57 ^b	12.65 ± 1.52 ^a	12.04 ± 1.00 ^a
Deneme Sonu Vermikompost Yüksekliği (cm)	13.00	12.00	9.0	10.0	12.0	13.0

Her değer bir ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar birbirlerinden istatistik olarak farklıdır.

* Deneme sonu ağırlık ortalamaları arasında istatistik bir fark bulunamamıştır (P>0.05).

Vermikompost üretimi özellikle büyükbaş hayvan gübresi kullanılan rasyonlarda daha yüksek elde edilmiştir. Diğer gruplara kıyasla, daha yoğun miktarda solucan stoklanan ve ticari kompost-karması kullanılan gruplarda (F1 ve F2) vermikompost üretimi, 1 ay geriden gelmelerine rağmen (5 ayda), daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 4.3).

4.1.4. Temel Besin Bileşenleri ve Yağ Asitleri

Bu çalışmada en iyi sonuç aldığımız ve tezin ileriki bölümlerinde de kontrol besini olarak kullanmayı planladığımız tek grup olan F1'den aldığımız solucan örneklerinde solucan ve kıyaslama yapmak amacıyla da, hamsi (*Engraulis encrasicolus*) balık ununda temel besin bileşenleri ve yağ asitleri çalışılmış ve sonuçlar Çizelge 4.4'te özetlenmiştir. Büyükbaş gübresi, at gübresi ve çay posasından oluşan bir besleme rejiminde uzun süre tutulan F1 grubundaki bu solucanlarda, balık unu kadar olmamakla birlikte, oldukça yüksek protein (%58.55) ve fakat düşük lipit seviyesi (%1.93) belirlenmiştir. Kuru madde %17.6, ham kül ise %2.5 olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.4. Çalışma sonunda F grubundan alınan solucan örneklerinde (yaş olarak) ve balık ununda yapılan temel besin bileşenleri sonuçları (kuru maddede). Her değer bir ortalama \pm standart sapmadan oluşmaktadır (n=3).

TEMEL BESİN BİLEŞENLERİ	Balık Unu (%)	Solucan (%)
<i>Kuru Madde</i>	91.22 \pm 0.39	17.60 \pm 0.51
<i>Nem</i>	8.78 \pm 0.54	82.4 \pm 0.35
<i>Ham Kül</i>	12.10 \pm 0.61	2.50 \pm 0.31
<i>Lipit</i>	9.66 \pm 0.09	1.93 \pm 0.13
<i>Ham Protein</i>	64.92 \pm 0.63	58.55 \pm 1.25

Yapılan yağ asitleri analizlerinde, solucanlarda dominant yağ asitlerinin %49.30 ile PUFA'lar olduğu, bu grubu MUFA'ların (%25.74) ve ardından SFA'ların (%20.08) izlediği görülmüştür (Çizelge 4.5). Balık ununda bu yağ asitleri gruplarının seviyelerinin aynı sırayla gidildiğinde, %41.26 (PUFA), %24.84 (MUFA) ve %33.03 (SFA) olduğu belirlenmiştir.

Yağ asitleri açısından her iki yem hammaddesi arasındaki en büyük farklılıkların SFA'larda C14:0, C16:0 ve C18:0, MUFA'larda C12:1n-3, C14:n-1, C16:1n-7, C18:1n-7,

C18:1n-9 ve PUFA'larda ise C18:2n-6, C18:3n-3, C20:2n-6, C20:3n-3, C22:6n-3 olduğu dikkat çekmiştir (Çizelge 4.5). Solucanlardaki PUFA'lardan n-3 grubunun %30.99, balık ununun ise %36.36'lık bir paya sahip olduğu hesaplanmıştır. Solucanlarda n-6 PUFA seviyesi yüksek çıkmıştır. Her iki hammadde de EPA (C20:5n-3) benzer miktarlarda bulunurken, solucanların DHA (C22:6n-3) içeriklerinin çok zayıf olduğu (%0.38) dikkat çekmiştir. Gerçekten de solucanların yağ asitleri kompozisyonlarının, aslında balık ununa benzer ve oldukça zengin olduğu, ancak herhangi bir canlının beslenmesinde olumlu sonuçlar alabilmek için öncelikle DHA açısından zenginleştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu, solucanların anaç beslemede canlı olarak kullanılmaları söz konusu ise, o zaman solucanların belli bir süre boyunca bir zenginleştirici besin ile beslenmeleri; eğer solucanlar un halinde yem rasyonlarında kullanılacak ise, o zaman DHA'ca zengin bir yem hammaddesinin (balık yağı gibi) rasyona eklenmesi suretiyle başarılabilir.

Çizelge 4.5. Çalışma sonunda F grubundan alınan solucan örneklerinde (yaş ağırlık) ve balık ununda yapılan yağ asitleri analiz sonuçları (kuru maddede). Her değer bir ortalama \pm standart sapmadan oluşmaktadır (n=3)

YAĞ ASİTLERİ	Balık Unu (%)*	Solucan (%)
C10:0	0.02 \pm 0.01	0.40 \pm 0.08
C12:0	0.05 \pm 0.00	1.68 \pm 0.21
C13:0	n.d.	1.45 \pm 0.24
C14:0	4.69 \pm 0.08	0.86 \pm 0.65
C15:0	0.03 \pm 0.00	0.92 \pm 0.02
C16:0	21.38 \pm 0.29	2.13 \pm 0.04
C17:0	0.71 \pm 0.01	3.52 \pm 0.30
C18:0	4.99 \pm 0.02	9.84 \pm 0.20
C20:0	n.d.	n.d.
ΣSFA	33.03\pm0.4	20.08\pm1.79
C10:1	n.d.	1.60 \pm 0.12
C12:1n-3	n.d.	4.26 \pm 0.32
C12:1n-5	n.d.	1.70 \pm 0.04
C14:1n-9	0.22 \pm 0.00	2.85 \pm 0.15
C15:1n-9	0.15 \pm 0.01	1.95 \pm 0.02
C16:1n-7	4.16 \pm 0.07	0.60 \pm 0.01
C17:1n-7	0.50 \pm 0.01	n.d.

C18:1n-7	2.51±0.00	8.45±0.06
C18:1n-9	15.25±0.11	2.95±0.10
C20:1n-9	0.72±0.02	0.42±0.07
C20:1n-11	0.77±0.01	0.42±0.11
C22:1n-9	0.57±0.39	0.54±0.06
C24:1n-9	n.d.	n.d.
∑MUFA	24.84±0.20	25.74±1.85
C16:2n-4	0.53±0.01	1.05±0.04
C18:2n-6	2.23±0.02	10.50±0.09
C18:3n-3	0.67±0.03	11.28±0.67
C18:3n-6	1.05±0.01	0.16±0.02
C20:2n-6	0.26±0.00	2.76±0.08
C20:3n-3	1.98±0.09	10.05±0.10
C20:3n-6	0.37±0.00	1.77±0.08
C20:4n-6	0.46±0.01	1.29±0.12
C20:5n-3	8.65±0.19	8.54±0.23
C22:5n-3	1.88±0.74	1.52±0.13
C22:6n-3	23.19±0.11	0.38±0.05
∑PUFA	41.26±0.29	49.30±2.18
∑n-3 PUFA	36.36±0.32	31.77±1.34
∑n-6 PUFA	4.37±0.03	17.53±1.48
∑n-3/n-6 PUFA	8.33	1.81
∑DHA+EPA	31.84	8.92
∑DHA/EPA	2.68	0.04

* BU (*Engraulis encrasicolus*) Sibal A.Ş.'den (Sinop) temin edilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde ettiğimiz bulgular ışığında, zenginleştiriciler kullanarak toprak solucanlarının besin içeriklerinin HUFA'ca yükseltilebilmesi için farklı denemeler (DENE-ME 2 ve 3) yürütülmesi planlanmıştır.

4.2. II. DENEME**Toprak Solucanlarının Yataksız Ortamda Farklı Zenginleştirici (S-Presso) Dozu ve Süresi İle Zenginleştirilmesi**

Bu denemede ticari bir zenginleştirici ile toprak solucanı *E. fetida*'nın farklı doz ve sürelerle özellikle HUFA'ca zenginleştirilmesi amaçlanmış ve bu çalışma için deneme öncesinde öncelikle yağ asitleri analizleri için solucan, zenginleştirici (S-Presso) ve kullanılacak kompost malzemesinden (%50 büyükbaş gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posası) yeterince örnek alınmış ve -20°C'ye aktarılmış, deneme sonrasında da %0, 10 ve %25 S-Presso eklenmiş (0/S-Presso, 10/S-Presso ve 25/S-Presso) kompostlardan (96-saatlik süresi tamamlandıktan sonra) alınan örneklerle birlikte yapılan yağ asitleri analiz sonuçları Çizelge 4.6'da özetlenmiştir. Buna göre, solucanlarda yağ asitlerinden SFA'lar %21, MUFA'lar %25.70 ve PUFA'lar ise %48.75 seviyelerinde belirlenmiştir. Denizel türler için en önemli PUFA'lardan C18:2n-6 (%10.79), C18:3n-3 (%11.67) ve EPA'nın (C20:5n-3; %8.05) solucanlarda yüksek düzeylerde bulunduğu, ancak diğer önemli bir yağ asidi olan DHA (C22:6n-3)'nin ise tam tersine (1. DENEME'de olduğu gibi) çok düşük düzeylerde (%0.3) mevcut olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Kullanılacak olan zenginleştiricide (S-Presso) yapılan analizlerde SFA, MUFA ve PUFA değerleri sırasıyla %18.86, 14.90 ve %64.28 olarak belirlenmiş olup, bu besin maddesinde en önemli yağ asitlerinden C18:2n-6'nın %7.92, C18:3n-3'ün %0.42, EPA'nın %4.11 ve DHA'nın ise %43.24 gibi çok yüksek değerlerde bulunduğu anlaşılmıştır. Solucanların beslenmesinde kullanılacak olan kompost karışımında yağ asitlerinden SFA, MUFA ve PUFA'ların oldukça yüksek oranlarda (sırasıyla %25.22, %24.72 ve %41.66), bulunduğu belirlenmiştir. Kompost içeriğinde bulunan SFA'lardan C16:0'nın %13.06, MUFA'lardan C18:1n-9'un %14.78, PUFA'lardan ise sırasıyla C22:5n-3'ün (dokozapentaenoik asit) ile DHA'nın %26.09 ile %7.7 gibi gerçekten de yüksek seviyelerde bulunduğu ve EPA'nın ise belirlenemediği dikkat çekmiştir.

İçerisine S-Presso eklendikten sonra 96-saat boyunca solucanlar tarafından tüketilen kompost içeriğinde, arta kalan SFA'ların halen stabil ve yüksek seviyede olduğu (%26.71-33.79), ancak MUFA (%14.09-26.75) ve PUFA'larda (%31.02-55.65) gruplar arasında dalgalanmalar görüldüğü belirlen-

miştir. Normal seviyesi kompost içerisinde %7.77 olan DHA oranı, zenginleştirme neticesinde 96'ncı saatte bile %14.2 ile %36.85 arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Bunun tersine, kompost içerisinde belirlenemeyen EPA seviyesi 96-saat zenginleştirme sonrasında %2.1 ile %4.58 seviyelerinde ölçülmüştür. Dolayısıyla, Çizelge 4.6'daki veriler, zenginleştirici uygulanan kompostlarda (96-saat boyunca solucanlar tarafından bir kısmı tüketilmiş olmalarına rağmen) yine de tüketilmemiş yüksek miktarlarda DHA ve EPA kaldığını göstermiştir.

Çizelge 4.6. Denemede kullanılan kırmızı toprak solucanlarında (*Eisenia fetida*) besin olarak kullanılan kompost karşımında zenginleştirici olarak kullanılan S-Presso ürününde ve deneme sonunda kompostlarda kalan yağ asitleri (%). Tüm ömeklerde analizler yağ ağırlık üzerinden yapılmıştır. Her değer bir ortalama (n = 3) ± Standart sapmadır. 'n.d.' ile işaretlenmiş veriler analizlerde belirlenememiştir

Yağ Asitleri	Solucan	Zenginleştirici (S-Presso)	Kompost ¹	Kompost+0S-Presso (96'nci Saat) ²	Kompost+10S-Presso (96'nci Saat) ³	Kompost+25S-Presso (96'nci Saat) ⁴
C100	0.41±0.08	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C120	1.65±0.21	0.03±0.00	n.d.	n.d.	n.d.	0.12±0.02
C130	1.58±0.24	1.58±0.01	n.d.	n.d.	0.42±0.03	0.10±0.01
C140	0.79±0.65	n.d.	1.54±0.06	2.35±0.35	3.11±0.31	3.06±0.11
C150	0.79±0.02	0.71±0.07	1.72±0.03	1.65±0.01	1.10±0.01	0.31±0.00
C160	2.44±0.04	11.71±0.21	13.06±0.71	15.91±1.34	17.99±1.20	15.22±0.07
C170	3.62±0.30	0.23±0.00	n.d.	n.d.	n.d.	0.23±0.02
C180	9.72±0.20	1.83±0.02	5.98±0.48	9.62±4.46	6.63±0.68	2.29±0.29
C200	n.d.	n.d.	2.92±0.18	2.64±0.36	2.15±0.05	0.36±0.03
ΣSFA	21.00±0.04	18.86±0.26	25.22±0.98	32.15±5.78	33.79±1.10	26.71±0.12
C10:1	1.57±0.22	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C12:1n-3	4.21±0.56	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C12:1n-5	1.80±0.25	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C14:1n-9	2.98±0.18	0.03±0.00	2.62±0.12	2.88±0.07	2.46±0.08	0.62±0.01
C15:1n-9	1.86±0.02	n.d.	2.14±0.05	1.96±0.10	1.19±0.01	n.d.
C16:1n-7	0.51±0.01	1.16±0.03	2.00±0.00	1.82±0.09	0.55±0.02	0.17±0.01
C17:1n-7	n.d.	0.23±0.01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C18:1n-7	8.57±0.16	1.06±0.01	3.18±0.11	3.95±1.00	5.23±0.07	1.71±0.07
C18:1n-9	2.77±0.14	9.52±0.09	14.78±0.47	14.07±4.68	15.97±2.72	8.82±0.17
C20:1n-9	0.38±0.10	0.24±0.01	n.d.	n.d.	n.d.	0.22±0.03
C20:1n-11	0.39±0.06	1.29±0.06	n.d.	n.d.	1.35±0.07	1.77±0.12
C22:1n-9	0.65±0.01	0.90±0.01	n.d.	n.d.	n.d.	0.53±0.01
24:1n-9	n.d.	0.47±0.08	n.d.	n.d.	n.d.	0.24±0.02

Σ MUFA	25.70±0.80	14.90±0.11	24.72±0.42	24.68±5.18	26.75±2.64	14.09±0.06
C16:2n-4	1.35±0.01	n.d.	1.45±0.04	n.d.	0.77±0.04	n.d.
C18:2n-6	10.79±0.25	7.92±0.27	6.35±0.39	6.46±2.95	6.67±0.65	4.87±0.02
C18:3n-3	11.67±0.50	0.42±0.00	n.d.	n.d.	n.d.	0.28±0.01
C18:3n-6	0.36±0.05	0.21±0.00	n.d.	n.d.	n.d.	0.36±0.01
C20:2n-6	2.46±0.02	0.10±0.00	n.d.	n.d.	n.d.	0.26±0.12
C20:3n-3	9.71±0.13	1.07±0.04	n.d.	n.d.	1.20±0.05	1.26±0.00
C20:3n-6	1.70±0.01	0.25±0.00	n.d.	n.d.	0.80±0.16	0.18±0.00
C20:4n-6	1.12±0.17	0.58±0.03	n.d.	n.d.	2.61±0.32	1.96±0.10
C20:5n-3	8.05±0.10	4.11±0.10	n.d.	2.19±0.94	3.30±0.26	4.58±0.13
C22:5n-3	1.26±0.18	6.40±0.01	26.09±1.11	7.51±4.21	1.46±0.21	5.06±0.01
C22:6n-3	0.30±0.05	43.24±0.48	7.77±1.92	15.24±3.77	14.20±1.90	36.85±0.50
Σ PUFA	48.75±0.98	64.28±0.11	41.66±1.23	31.40±4.09	31.02±1.88	55.65±0.40
Σ n-3 PUFA	30.99±0.49	55.23±0.35	33.86±0.80	24.94±7.04	20.16±2.33	48.02±0.65
Σ n-6 PUFA	16.42±0.50	9.05±0.24	6.35	6.46	10.08±0.45	7.62±0.25
Σ n-3/n-6 PUFA	1.89	6.10	5.33	3.86	1.98	6.30
Σ DHA+EPA	8.35	47.35	-	17.43	17.50	41.43
Σ DHA/EPA	0.04	10.52	-	6.96	4.30	8.05

¹ Kompost örneğinde belirlenen yağ asidi (YA) profili.

² Solucan ile 96-saat besleme yapıldıktan sonra alınan kompost örneğinde (0/S-Presso) belirlenen YA profili.

³ Solucan ile 96-saat besleme yapıldıktan sonra alınan kompost + 10/S-Presso örneğinde belirlenen YA profili.

⁴ Solucan ile 96-saat besleme yapıldıktan sonra alınan kompost + 25/S-Presso örneğinde belirlenen YA.

Solucanların dört farklı doz (%0, 10, 25 ve %50) ve dört farklı süre ile zenginleştirildikleri çalışmada en yüksek dozda (50/S-Presso) ilk gecenin sonunda ciddi ölümler ve deneme kaplarından kaçışlar gözlemlendiği için, bu doz seviyesinin aşırı olduğu göz önünde bulundurularak, bu grup iptal edilmiş ve böylece deneme %0, 10 ve 25 dozlarıyla devam ettirilmiştir. Deneme sonunda 12, 24, 48 ve 96'ncı saatler boyunca üç farklı S-Presso dozunda alınan örneklerde yapılan yağ asitleri analiz sonuçları Çizelge 4.7'de özetlenmiştir.

Genel olarak Doz, Süre ve Doz x Süre İnteraksiyonlarının incelendiği Two-way ANOVA (İki-yönlü varyans analizi) sonuçları SFA, MUFA, PUFA, EPA, DHA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA'lar da önemli farklılıklar göstermiştir (Bkz. Çizelge 4.8). Analiz edilen yağ asitleri içerisindeki en büyük istatistiksel farklılıklar özellikle n-3 PUFA ve daha da önemlisi DHA'da çok belirgin olarak

ortaya çıkmış, en zayıf farklılıklar ise n-6 PUFA’larda görülmüştür (‘F’ değerlerine bakınız, Çizelge 4.8). Zenginleştirme sürelerinin de incelenen yağ asitleri ve grupları üzerine önemli etkilerde bulunduğu, ancak doz muamelesi ile kıyaslandığında, bu etkilerin nispeten daha düşük olduğu anlaşılmıştır. Doz x Zenginleştirme Süresi İnteraksiyonları SFA ve MUFA dışında tüm diğer yağ asitleri ve/veya gruplarında önemli çıkmıştır (P<0.05). Grupların tek tek doz ve süre açısından kıyaslanmaları için tüm veriler ayrıca Tek-yönlü ANOVA ile incelenmiş ve istatistik farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.7*. Farklı dozlarda zenginleştirici (%0, 10 ve 25 S-Presso) ile farklı süreler boyunca (12, 24, 48 ve 96-saat) zenginleştirilen kırmızı toprak solucanlarında (*Eisenia fetida*) yağ asitleri profilleri (%). Her değer bir ortalama (n = 3) ± Standart sapmadır. NS: İstatistiki olarak önemsiz anlamında kullanılmıştır

ZENGİNLEŞTİRME SÜRESİ	Yağ Asitleri (%)	ZENGİNLEŞTİRME DOZU (%)		
		0/S-Presso	10/S-Presso	25/S-Presso
12. Saat				
	C10:0	0.38±0.05	0.23±0.03	n.d.
	C12:0	2.04±0.34	1.76±0.32	1.78±0.18
	C13:0	1.50±0.17	1.24±0.12	1.30±0.11
	C14:0	1.31±0.10	1.12±0.10	1.19±0.07
	C15:0	n.d.	0.58±0.06	0.54±0.05
	C16:0	2.82±0.26	2.39±0.63	2.48±0.10
	C17:0	2.17±0.25	1.85±0.08	1.77±0.18
	C18:0	9.79±0.84	8.50±0.54	8.32±0.90
	C24:0	n.d.	n.d.	n.d.
	ΣSFA	NS20.01±0.39^a	B17.66±1.47^b	B17.37±0.87^b
	C10:1	1.80±0.42	1.43±0.16	1.58±0.14
	C12:1n-3	4.24±0.75	3.19±0.33	3.52±0.27
	C12:1n-5	1.84±0.30	1.31±0.14	1.44±0.11
	C14:1n-9	2.69±0.15	2.24±0.15	2.25±0.13
	C15:1n-9	1.53±0.05	1.39±0.04	1.37±0.11
	C16:1n7	n.d.	0.38±0.21	0.38±0.01
	C17:1n7	n.d.	0.47±0.03	n.d.
	C18:1n7	7.84±0.48	7.16±0.23	6.89±0.32

C18:1n9	3.70±0.58	2.74±0.20	3.14±0.29
C20:1n9	n.d.	0.31±0.03	0.30±0.02
C20:1n11	0.46±0.01	0.37±0.04	0.70±0.47
C22:1n9	0.62±0.05	0.57±0.01	0.56±0.05
∑MUFA	^A24.72±0.93^{NS}	^A21.56±2.89^{NS}	^A22.13±0.51^{NS}
C16:2n4	1.24±0.16	1.08±0.05	1.10±0.09
C18:2n6	10.82±0.53	9.38±0.34	9.66±0.37
C18:3n3	9.76±0.86	8.92±0.31	8.59±0.55
C18:3n6	n.d.	0.33±0.03	0.31±0.02
C20:2n6	2.07±0.15	1.88±0.03	1.82±0.12
C20:3n3	9.79±0.23	8.97±0.14	8.70±0.48
C20:3n6	1.49±0.08	1.34±0.03	1.29±0.05
C20:4n6	0.85±0.20	0.89±0.09	0.83±0.24
C20:5n3	^A9.60±0.48^{NS}	^A9.06±0.32^{NS}	^{NS}9.22±0.19^{NS}
C22:5n3	1.43±0.09	1.10±0.08	1.28±0.09
C22:6n3	^B3.49±0.41^b	^A13.83±2.97^a	^A13.84±2.87^a
∑PUFA	^A50.54±1.20^b	^A56.80±4.03^a	^A56.64±2.26^a
∑n-3 PUFA	^A34.07±0.58^b	^A41.88±1.13^a	^C33.11±2.40^b
∑n-6 PUFA	^{NS}15.23±0.80^{NS}	^{AB}13.81±1.55^{NS}	^{NS}13.97±0.76^{NS}
∑n-3/n-6 PUFA	2.24	3.03	2.37
∑DHA+EPA	13.09	22.89	23.06
∑DHA/EPA	0.36	1.53	1.50

Çizelge 4.7'nin DEVAMI

24. Saat

C10:0	0.28±0.01	0.30±0.07	0.24±0.00
C12:0	1.77±0.20	1.66±0.08	1.09±0.05
C13:0	1.35±0.08	1.24±0.10	1.33±0.08
C14:0	1.15±0.07	0.92±0.61	1.33±0.01
C15:0	0.64±0.05	0.55±0.04	0.49±0.01
C16:0	2.06±0.08	2.73±0.04	2.97±0.13
C17:0	2.08±0.06	2.09±0.22	1.80±0.07
C18:0	10.34±0.58	8.56±0.54	9.19±0.32
C24:0	n.d.	0.88±0.01	n.d.
∑SFA	^{NS}19.66±0.34^a	^B18.93±0.83^a	^B17.10±0.57^b
C10:1	1.61±0.15	1.39±0.09	1.19±0.12
C12:1n-3	3.66±0.29	3.47±0.36	2.94±0.22
C12:1n-5	1.44±0.11	1.44±0.13	1.19±0.10
C14:1n-9	2.69±0.16	2.22±0.05	2.19±0.12
C15:1n-9	1.65±0.07	1.40±0.07	1.28±0.06

C16:1n7	0.59±0.19	0.35±0.02	0.38±0.01
C17:1n7	0.55±0.02	n.d.	n.d.
C18:1n7	8.39±0.21	6.79±0.11	7.01±0.18
C18:1n9	2.64±0.10	3.28±0.17	3.73±0.15
C20:1n9	0.41±0.03	0.33±0.01	0.33±0.01
C20:1n11	0.34±0.03	0.47±0.03	0.47±0.01
C22:1n9	0.66±0.03	0.57±0.22	0.46±0.23
∑MUFA	A^{24.63±0.66^a}	A^{21.71±0.45^b}	AB^{21.17±0.19^b}
C16:2n4	1.31±0.03	1.02±0.11	1.13±0.05
C18:2n6	10.35±0.35	9.55±0.19	10.26±0.23
C18:3n3	10.41±0.44	8.90±0.42	9.18±0.32
C18:3n6	0.38±0.01	0.34±0.04	0.38±0.03
C20:2n6	2.29±0.08	1.89±0.04	2.06±0.14
C20:3n3	10.42±0.14	8.38±0.12	8.50±0.15
C20:3n6	1.55±0.08	1.29±0.04	1.31±0.04
C20:4n6	0.80±0.26	1.09±0.02	1.11±0.06
C20:5n3	A^{9.95±0.45^a}	A^{8.87±0.28^b}	NS^{8.73±0.54^b}
C22:5n3	1.01±0.02	3.46±1.20	2.54±1.57
C22:6n3	B^{3.22±0.11^c}	B^{9.12±0.18^a}	B^{8.16±0.21^b}
∑PUFA	A^{51.01±0.80^b}	AB^{53.92±1.16^a}	B^{53.35±0.90^a}
∑n-3 PUFA	A^{36.36±1.39^{NS}}	B^{38.74±1.20^{NS}}	B^{37.12±1.21^{NS}}
∑n-6 PUFA	NS^{15.38±0.52^a}	AB^{14.16±0.26^b}	NS^{15.11±0.45^a}
∑n-3/n-6 PUFA	2.36	2.74	2.46
∑DHA+EPA	13.17	17.99	16.89
∑DHA/EPA	0.32	1.03	0.93

Çizelge 4.7'nin DEVAMI

48. Saat

C10:0	0.44±0.05	0.26±0.04	0.35±0.03
C12:0	1.14±0.22	1.24±0.13	1.31±0.08
C13:0	1.17±0.17	0.91±0.00	1.04±0.10
C14:0	0.68±0.30	1.20±0.13	0.62±0.63
C15:0	0.68±0.08	0.53±0.02	0.53±0.04
C16:0	2.01±0.06	3.20±0.19	3.36±0.04
C17:0	1.96±0.09	2.45±0.83	2.69±0.21
C18:0	12.07±0.56	10.37±1.05	8.69±0.34
C24:0	n.d.	1.29±0.03	1.46±0.08
∑SFA	NS^{20.67±0.58^{NS}}	A^{21.44±1.83^{NS}}	A^{20.05±0.77^{NS}}
C10:1	1.08±0.17	0.89±0.08	1.01±0.08
C12:1n-3	3.00±0.48	2.44±0.22	2.74±0.20
C12:1n-5	1.30±0.23	1.03±0.10	1.16±0.11

C14:1n9	2.41±0.18	1.93±0.08	1.98±0.08
C15:1n9	1.56±0.07	1.28±0.04	1.18±0.02
C16:1n7	0.79±0.04	0.43±0.12	0.34±0.01
C17:1n7	n.d.	n.d.	n.d.
C18:1n7	7.82±0.24	6.80±0.29	6.25±0.15
C18:1n9	2.22±0.08	3.46±0.08	4.05±0.12
C20:1n9	0.37±0.04	0.25±0.06	n.d.
C20:1n11	0.23±0.03	0.32±0.01	0.41±0.01
C22:1n9	0.63±0.05	0.57±0.20	0.39±0.17
ΣMUFA	B21.32±1.83^a	B18.83±0.66^b	B19.51±0.52^{ab}
C16:2n4	1.26±0.01	0.98±0.05	0.89±0.06
C18:2n6	10.31±0.39	9.10±0.38	9.21±0.18
C18:3n3	12.29±0.34	9.78±0.60	8.51±0.52
C18:3n6	0.48±0.02	0.44±0.05	n.d.
C20:2n6	2.26±0.08	2.00±0.10	2.04±0.31
C20:3n3	8.60±0.36	7.21±0.29	6.71±0.31
C20:3n6	1.51±0.04	1.33±0.04	1.20±0.02
C20:4n6	1.21±0.19	1.53±0.15	1.45±0.27
C20:5n3	B6.75±0.99^{NS}	B7.54±0.46^{NS}	NS7.84±0.25^{NS}
C22:5n3	2.70±0.26	2.79±0.45	3.73±0.04
C22:6n3	A3.58±1.21^c	B9.93±0.87^b	A14.78±0.12^a
ΣPUFA	A50.95±0.94^b	B52.64±1.70^b	A56.35±0.62^a
Σn-3 PUFA	B27.65±1.91^c	B37.26±2.89^b	AB41.56±0.98^a
Σn-6 PUFA	A15.77±0.70^a	A14.40±0.48^b	NS13.90±0.41^b
Σn-3/n-6 PUFA	1.84	2.59	4.05
ΣDHA+EPA	10.02	17.47	22.62
ΣDHA/EPA	0.48	1.32	1.89

Çizelge 4.7'nin DEVAMI

96. Saat

C10:0	0.25±0.04	0.20±0.04	0.26±0.04
C12:0	n.d.	2.34±0.26	1.33±0.19
C13:0	0.82±0.03	0.86±0.08	0.77±0.07
C14:0	0.98±0.17	1.96±0.07	1.48±0.06
C15:0	0.56±0.01	0.49±0.03	0.44±0.08
C16:0	2.04±0.09	3.45±0.19	3.74±0.37
C17:0	2.45±0.43	2.14±0.12	2.43±0.36
C18:0	11.06±0.61	8.78±0.96	7.67±0.31
C24:0	n.d.	1.75±0.13	2.12±0.13
ΣSFA	NS18.15±1.99^b	A21.98±0.70^a	A20.24±0.73^{ab}
C10:1	1.06±0.07	0.78±0.08	0.74±0.11

C12:1n-3	2.87±0.14	2.13±0.22	2.08±0.21
C12:1n-5	1.21±0.05	0.90±0.10	0.92±0.11
C14:1n-9	2.35±0.01	1.97±0.08	1.60±0.09
C15:1n-9	1.50±0.07	1.08±0.04	0.99±0.07
C16:1n7	0.49±0.37	0.33±0.05	0.32±0.04
C17:1n7	n.d.	n.d.	n.d.
C18:1n7	7.86±0.37	6.64±0.04	5.95±0.32
C18:1n9	2.32±0.12	3.19±0.04	4.40±0.40
C20:1n9	n.d.	0.25±0.03	0.25±0.04
C20:1n11	0.36±0.02	0.39±0.06	0.46±0.08
C22:1n9	0.56±0.02	0.32±0.20	0.41±0.12
ΣMUFA	B20.02±1.72^{NS}	B17.99±0.57^{NS}	C18.12±0.88^{NS}
C16:2n4	1.18±0.06	0.82±0.02	0.82±0.06
C18:2n6	10.46±0.17	7.77±0.28	8.35±0.49
C18:3n6	0.43±0.05	0.40±0.01	0.40±0.03
C20:2n6	2.33±0.11	1.97±0.12	1.86±0.22
C20:3n3	8.57±0.46	6.54±0.22	6.09±0.14
C20:3n6	1.50±0.03	1.06±0.02	1.06±0.10
C20:4n6	0.85±0.04	1.31±0.06	1.52±0.32
C20:5n3	B7.72±1.05^{NS}	A9.06±0.14^{NS}	NS8.42±0.84^{NS}
C22:5n3	3.01±1.68	6.34±0.13	4.77±0.14
C22:6n3	C1.71±0.50^c	A14.09±1.84^b	A17.74±2.14^a
ΣPUFA	B37.77±4.01^c	C49.36±0.82^b	A58.57±0.91^a
Σn-3 PUFA	C21.01±2.72^c	C36.03±1.22^b	A44.56±2.07^a
Σn-6 PUFA	NS15.57±1.34^a	B12.50±0.41^b	NS13.19±1.63^b
Σn-3/n-6 PUFA	1.35	2.88	3.38
ΣDHA+EPA	9.43	23.15	26.16
ΣDHA/EPA	0.22	1.56	2.11

Her sütunda aynı yağ asitleri veya grupları için ortalamaların solunda büyük ve farklı harflerle işaretlenen ortalamalar farklı zenginleştirme süreleri açısından birbirlerinden farklıdır (P<0.05). Diğer yandan, her zenginleştirme süresinde, aynı satırda, doz grupları için, farklı ve küçük harflerle işaretlenen ortalamalar birbirlerinden farklıdır (P<0.05).

Aynı zenginleştirme sürelerinde farklı grupların kıyaslandığı Tek-yönlü ANOVA sonuçları sadece 12-saatlik bir zenginleştirme süresi içinde bile SFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, n-6 PUFA ve DHA'lar açısından gruplar arasında önemli farklılıklar oluştuğunu (P<0.05), bu süreçte sadece EPA seviyesinde bir değişim olmadığını göstermiştir (Çizelge 4.9). 24-saat zenginleştirmede ise, n-3 PUFA'lar haricinde, bir miktar düşmeye rağmen, üstte belirtilen tüm yağ asitleri ve grupları açısından istatistiki olarak önemli farklılıklar oluştuğu belirlenmiştir (P<0.05). 48-saatlik zenginleştirmede,

üstteki tüm yağ asitleri ve gruplarında (SFA ve EPA hariç) yükselme trendi ile birlikte yine istatistik farklılıklar devam etmiş ($P<0.05$), bu süreçte çarpıcı değişim DHA'da yaşanmıştır ($P<0.001$). Son örnekleme dönemi olan 96'ncı saatte solucanların zenginleştirme sürecine verdikleri tepki değişmemiş, PUFA'lar, n-3 PUFA'lar ve özellikle de DHA seviyeleri açısından gruplar arasındaki farklılıklar devam etmiştir ($P<0.001$). Genel olarak tüm zenginleştirme periyodu boyunca en az etkilenen/ etkilenmeyen yağ asitleri veya gruplarının SFA, EPA ve MUFA oldukları kaydedilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.8. Farklı zenginleştirme dozları (%0, 10, 25 S-Presso) ile farklı süreler (12, 24, 48 ve 96-saat) boyunca besin içeriği zenginleştirilen kırmızı toprak solucanlarında (*Eisenia fetida*) yapılan İki-yönlü ANOVA istatistik sonuçları

YAĞ ASİTLERİ	Zenginleştirme Dozu (GRUPLAR)	Zenginleştirme Süresi (SAAT)	Doz x Süre İnteraksiyonu
<i>İKİ-YÖNLÜ VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI</i>			
Σ SFA	F = 4.65, DF = 2, $P \leq 0.02$	F = 10.46, DF = 3, $P = 0.00$	F = 5.49, DF = 6, $P = 0.00$
Σ MUFA	F = 15.58, DF = 2, $P = 0.00$	F = 22.44, DF = 3, $P = 0.00$	F = 0.45, DF = 6, $P \leq 0.05$
Σ PUFA	F = 70.35, DF = 2, $P = 0.00$	F = 24.40, DF = 3, $P = 0.00$	F = 15.55, DF = 6, $P = 0.00$
EPA	F = 0.13, DF = 2, $P \leq 0.05$	F = 14.69, DF = 3, $P = 0.00$	F = 2.91, DF = 6, $P \leq 0.03$
DHA	F = 118.25, DF = 2, $P = 0.00$	F = 11.71, DF = 3, $P = 0.00$	F = 7.31, DF = 6, $P = 0.00$
Σ n-3 PUFA	F = 103.37, DF = 2, $P = 0.00$	F = 8.28, DF = 3, $P = 0.00$	F = 35.49, DF = 6, $P = 0.00$
Σ n-6 PUFA	F = 14.48, DF = 2, $P = 0.00$	F = 2.51, DF = 3, $P \leq 0.08$	F = 1.40, DF = 6, $P \leq 0.26$

Farklı doz gruplarının (zenginleştirme süreleri dikkate alınmaksızın) kıyaslandığı Tek-yönlü ANOVA sonuçları 0/S-Presso grubunda 12-96-saatlik zenginleştirme sürecinde, SFA ve n-6 PUFA haricindeki tüm gruplar, yani MUFA, PUFA, n-3 PUFA'lar ile bireysel yağ asitlerinden EPA ve DHA'nın istatistiki olarak farklılaştığını göstermektedir (Çizelge 4.10, $P<0.05$). 10/S-Presso grubunda, n-6 PUFA hariç, yine tüm diğer yağ asitleri/gruplarında (SFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, DHA ve EPA) farklılıklar ortaya çıkmıştır ($P<0.05$). 25/S-Presso ile 12-96'ncı saatler arasında yapılan

zenginleştirmede de benzer şekilde, solucanlarda EPA ve n-6 PUFA değerleri değişmemiş, diğer yandan SFA, MUFA, n-3 PUFA ile DHA ise belirgin bir şekilde yükseliş göstermiştir ($P<0.03$).

Çizelge 4.9. Doz grupları dikkate alınmaksızın, farklı zenginleştirme sürelerinin (12, 24, 48 ve 96-saat), solucanların yağ asitleri üzerine olan etkilerini gösteren Tek-yönlü ANOVA analiz sonuçları

YAĞ ASİTLERİ	ZENGİNLEŞTİRME SÜRESİ / DOZ Grupları			
	12'nci SAAT / Gruplar	24'üncü SAAT / Gruplar	48'inci SAAT / Gruplar	96'nci SAAT / Gruplar
Σ SFA	F=6.19, DF=2, P≤0.04	F=13.76, DF=2, P=0.00	F=1.02, DF=2, P≤0.42	F=6.58, DF=2, P≤0.03
Σ MUFA	F=2.69, DF=2, P≤0.15	F=46.61, DF=2, P=0.00	F=3.69, DF=2, P≤0.09	F=2.75, DF=2, P≤0.14
Σ PUFA	F=12.35, DF=2, P=0.00	F=8.49, DF=2, P≤0.02	F=16.47, DF=2, P=0.00	F=54.36, DF=2, P=0.00
EPA	F=0.51, DF=2, P≤0.63	F=6.96, DF=2, P≤0.03	F=2.28, DF=2, P≤0.18	F=2.21, DF=2, P≤0.19
DHA	F=18.66, DF=2, P=0.00	F=1015.11, DF=2, P=0.00	F=90.36, DF=2, P=0.00	F=77.46, DF=2, P=0.00
Σ n-3 PUFA	F=28.56, DF=2, P=0.00	F=2.76, DF=2, P≤0.14	F=76.18, DF=2, P=0.00	F=97.20, DF=2, P=0.00
Σ n-6 PUFA	F=1.55, DF=2, P≤0.29	F=6.81, DF=2, P≤0.03	F=9.44, DF=2, P≤0.01	F=7.02, DF=2, P≤0.03

Doz ve süre için ayrı ayrı yapılan Tek-yönlü varyans analizleri ve sonrasındaki Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.7'de doğrudan veriler üzerinde harflerle işaretlenmiştir. Bu çizelge incelendiğinde, yağ asitleri analizleri için denemenin ilk örnekleme yapıldığı 12'nci saatte, solucanların SFA içeriklerinin zenginleştirme gruplarında (10/S-Presso ve 25/S-Presso) belirgin bir şekilde azaldığı (%20.01'den %17.37-17.66'ya) belirlenmiştir ($P<0.01$). Bu süreçte MUFA'ların seviyelerinin gruplar arasında değişmediği (%22.13-24.72) ($P>0.05$), PUFA'ların ise zenginleştirme ile birlikte istatistik olarak yükseldiği (%50.54'ten %56.64-46.80'e) açıkça görülmüştür (Çizelge 4.7). Bu süreçte n-3 PUFA'larda özellikle 10/S-Presso grubunda çarpıcı bir yükselme farkedilmiş, ancak n-6 PUFA'ların seviyelerinde ise herhangi bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.3). İncelenen tüm yağ asitleri içerisinde, sadece 12-saatlik bir zenginleştirmede bile, DHA

seviyelerinde %3.49'dan (0/S-Presso grubunda) %13.83-13.84'e (3-katın üzerinde bir artış) kadar çarpıcı bir yükselme kaydedilirken ($P<0.001$), EPA seviyeleri bu süreçte değişmemiştir (Çizelge 4.7, Şekil 4.4).

ÇİZELGE 4.10. Farklı zenginleştirme dozlarının (%0, 10 ve 25 S-Presso) bireysel veya grup olarak solucanların yağ asitleri üzerine etkilerini gösteren Tek-yönlü ANOVA sonuçları

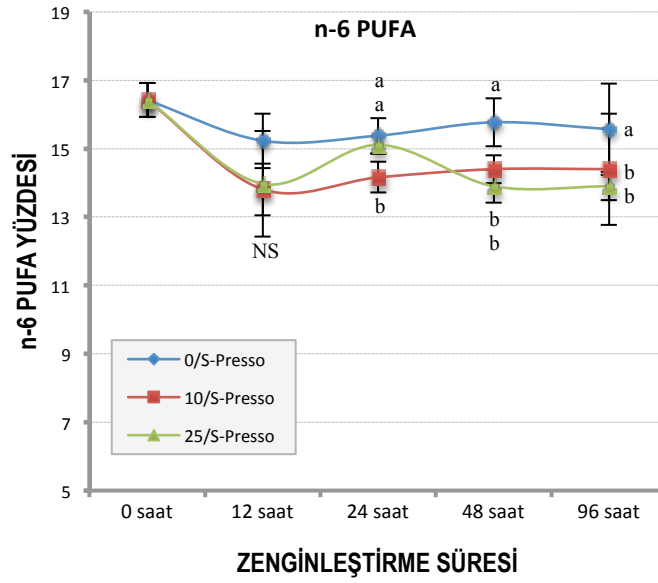
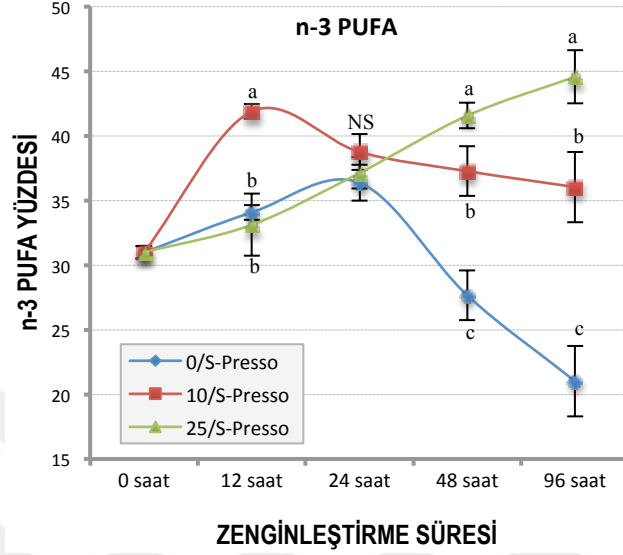
YAĞ ASİTLERİ	FARKLI ZENGİNLEŞTİRME DOZLARININ ETKİLERİ İLE İLGİLİ TEK-YÖNLÜ VARYANS ANALİZ SONUÇLARI		
	DOZ GRUPLARI / Zenginleştirme Süreleri	0/S-Presso / 12-96'nci Saatler	10/S-Presso / 12-96'nci Saatler
$\sum SFA$	F = 2.97, DF = 3, P ≤ 0.10	F = 7.54, DF = 3, P ≤ 0.01	F = 11.31, DF = 3, P = 0.00
$\sum MUFA$	F = 9.21, DF = 3, P = 0.00	F = 4.84, DF = 3, P ≤ 0.03	F = 14.34, DF = 3, P = 0.00
$\sum PUFA$	F = 28.00, DF = 3, P = 0.00	F = 16.70, DF = 3, P = 0.00	F = 4.62, DF = 3, P ≤ 0.03
EPA	F = 11.13, DF = 3, P = 0.00	F = 4.57, DF = 3, P ≤ 0.04	F = 2.75, DF = 3, P ≤ 0.11
DHA	F = 16.22, DF = 3, P = 0.00	F = 6.18, DF = 3, P ≤ 0.02	F = 11.26, DF = 3, P = 0.00
$\sum n-3 PUFA$	F = 43.01, DF = 3, P = 0.00	F = 13.66, DF = 3, P = 0.00	F = 16.36, DF = 3, P = 0.00
$\sum n-6 PUFA$	F = 0.27, DF = 3, P ≤ 0.89	F = 3.00, DF = 3, P ≤ 0.10	F = 2.50, DF = 3, P ≤ 0.13

24-saatlik zenginleştirme neticesinde, PUFA'ların seviyesi 0/S-Presso grubunda %51.01 iken, zenginleştirme gruplarında bu seviye 10/S-Presso'da %53.92'ye ve 25/S-Presso'da ise %53.35'e yükselmiştir (Çizelge 4.7, $P<0.01$). Bu süreçte de, 12-saatlik zenginleştirmeye kıyasla düşmesine rağmen (Bkz. Şekil 4.3), DHA oranlarında farklılık görülmüş olup, bu oran 0/S-Presso grubunda %3.22 iken, 10/S-Presso ve 25/S-Presso gruplarında bu seviye sırasıyla %9.12 ve %8.16 olarak kaydedilmiştir ($P<0.001$). EPA değerleri ilk 24-saatlik zenginleştirme sürecinde zenginleştirme gruplarında tam tersine düşme eğilimi göstermiştir ($P<0.05$) (Şekil 4.5).

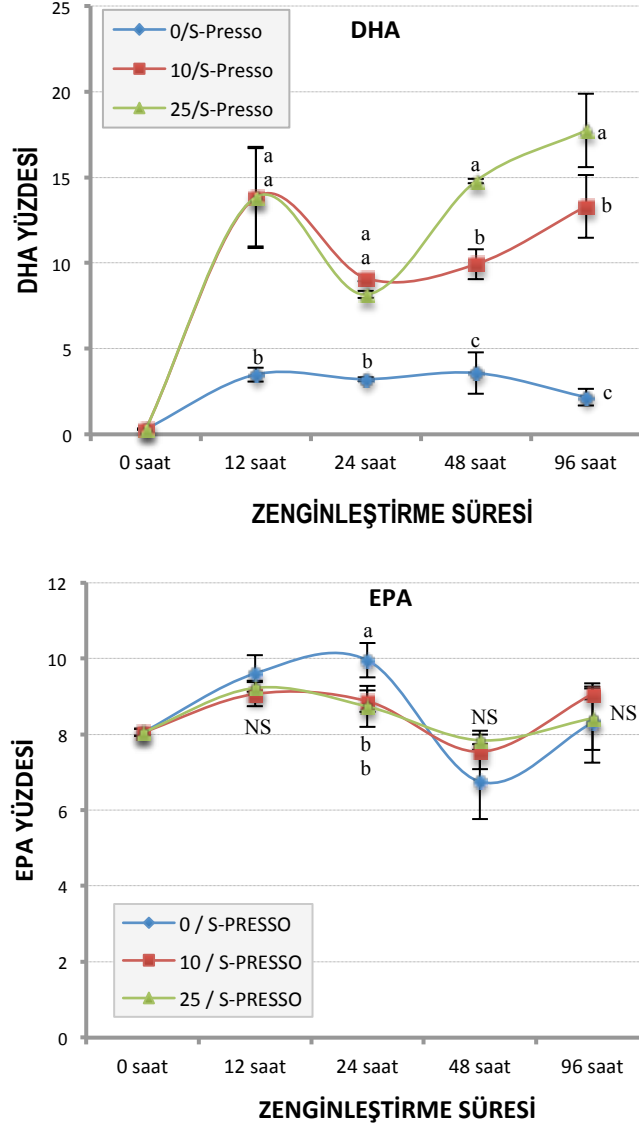
48-saatlik zenginleştirme neticesinde, n-3 PUFA seviyesi, özellikle 25/S-Presso grubunda, doğrusal bir artış ile yükselmeye devam etmiş ve bu noktada %41.56'ya ulaşırken, bu seviye 10/S-Presso grubunda %37.26 ve 0/S-Presso grubunda ise % 27.65'te kalmıştır (Şekil 4.3, $P<0.001$). n-

3/n-6 oranı 48-saat zenginleştirme neticesinde 1.84'ten (0/S-Presso), 2.59'a (10/S-Presso) ve en yüksek zenginleştirme dozunda ise 4.05'e kadar yükseliş göstermiştir (Şekil 4.7). Bu zenginleştirme periyodunda DHA solucanlarda birikmeye devam etmiş ve seviyeler %3.58'den %9.93'e, özellikle de 25/S-Presso grubunda ise %14.78'e kadar çıkmıştır (Çizelge 4.7, Şekil 4.4).

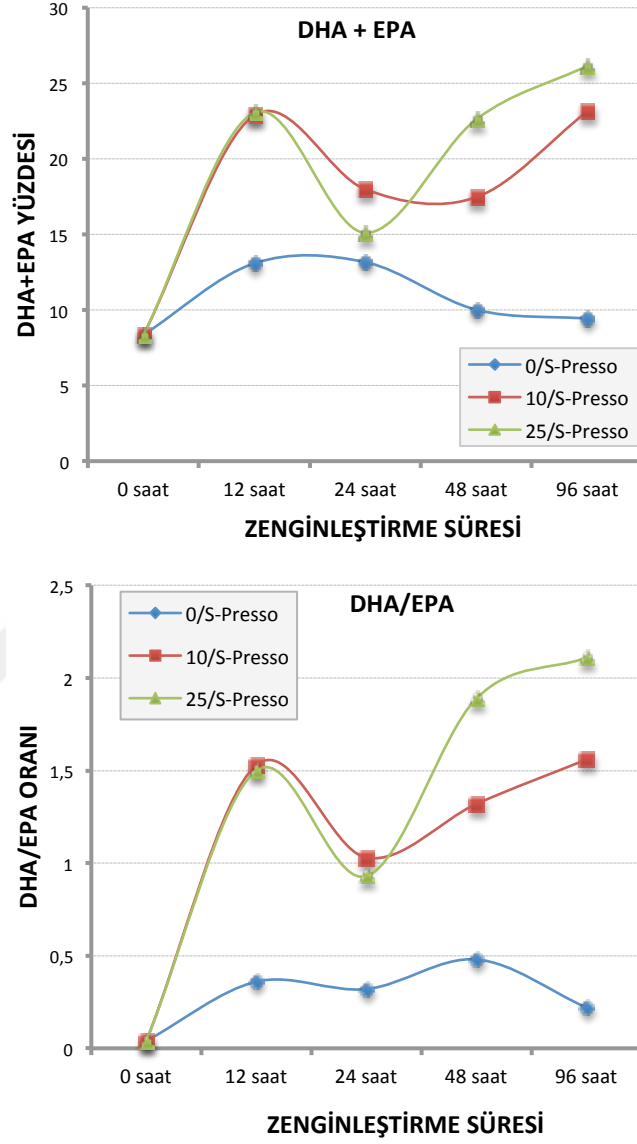
96-saat zenginleştirme sonrasında solucanlardaki PUFA seviyeleri 0/S-Presso grubunda belirlenen %37.77'den çok çarpıcı bir şekilde önce %49.36'ya (10/S-Presso grubunda), sonrasında da daha yüksek doz olan 25/S-Presso grubunda ise %58.57'ye kadar çıkmıştır ($P<0.001$) (Çizelge 4.7). Benzer şekilde, bu yükseliş n-3 PUFA grubunda da dozların artışı ile birlikte yine %21.01'den önce %36.03'e ardında da %44.56'ya kadar sümüştür ($P<0.001$) (Şekil 4.3). 96-saat zenginleştirme yapılan solucanlarda DHA oranları da %1.71'den (0/S-Presso) %14.09'a (10/S-Presso) ve %17.74'e (25/S-Presso) kadar yükselerek tüm zenginleştirme süreçleri içerisinde en yüksek değerine erişmiştir ($P<0.001$; Şekil 4.5). Genel olarak zenginleştirme işlemi solucanların EPA ve n-6 PUFA oranları üzerinde belirgin ve anlamlı bir değişiklik yaratmamıştır (Şekil 4.4-4.6). DHA/EPA ve DHA+EPA değerleri Çizelge 4.7 ile Şekil 4.5'te görülmektedir.



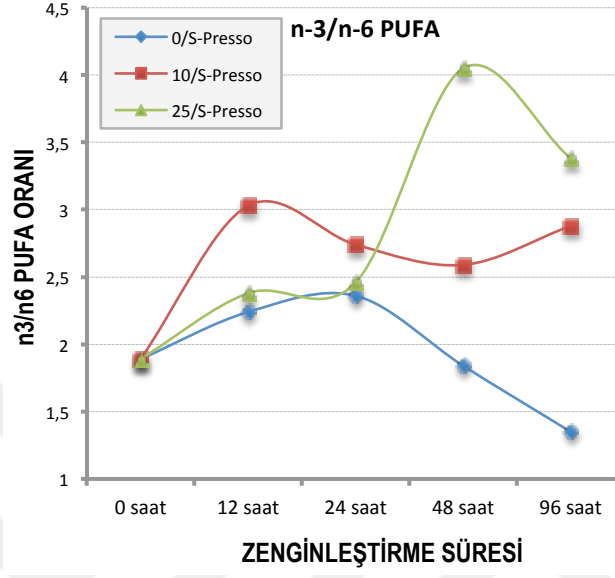
Şekil 4.3. Üç farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile zenginleştirilen toprak solucanlarında n-3 ve n-6 PUFA yağ asitlerinde gerçekleşen değişim



Şekil 4.4. Üç farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile zenginleştirilen toprak solucanlarında DHA ve EPA yağ asitlerinde gerçekleşen değişim



Şekil 4.5. Üç farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile zenginleştirilen toprak solucanlarında DHA + EPA ve DHA / EPA yağ asitlerinde oranlarında gerçekleşen değişim



Şekil 4.6. Üç farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile zenginleştirilen toprak solucanlarında n-3 ve n-6 PUFA yağ asitleri oranında gerçekleşen değişim

4.3. III. DENEME**Toprak Solucanlarının Yataklı Ortamda Farklı Zenginleştirici (S-Presso) Dozu ve Süresi İle Zenginleştirilmesi**

Daha önce yürütülen 2. DENEME’de, özellikle en yüksek dozda (50/S-Presso) stoklamanın ertesi gününde solucanlarda ciddi bir stres ve ardından mortalite sorunu ile karşılaşılması üzerine, zenginleştirme işleminin yataklı ortamda yapılması gerektiğine karar verilmiş ve bunun için de bu deneme yine dört farklı S-Presso dozunda (%0, 10, 25 ve %50) ve dört farklı zenginleştirme süresi boyunca, ancak bu kez yataklı ortamda yürütülmüştür. Denemenin 12, 24, 48 ve 96’ncı saatlerinde alınan örneklerde yapılan yağ asitleri analiz sonuçları Çizelge 4.11’de özetlenmiştir.

Genel olarak Doz, Süre ve Doz x Süre İnteraksiyonlarının incelendiği İki-yönlü ANOVA sonuçları; SFA, MUFA, PUFA, EPA (kısmen), DHA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA’larda önemli farklılıklar göstermiştir (Bkz. Çizelge 4.12). Analiz edilen yağ asitleri içerisinde, zenginleştirme dozu açısından en büyük istatistikî farklılıklar özellikle n-3 PUFA ve daha da önemlisi DHA’da çok belirgin olarak ortaya çıkmış, en zayıf farklılıklar ise SFA, MUFA ve EPA’larda görülmüştür (‘F’ değerlerine bakınız, Çizelge 4.12). Zenginleştirme sürelerinin de incelenen yağ asitleri ve grupları üzerine önemli etkilerde bulunduğu, bilhassa sürenin n-3 PUFA ve DHA üzerinde çarpıcı etkilerde bulunduğu anlaşılmıştır ($P<0.001$). Doz x Zenginleştirme Süresi İnteraksiyonlarının tüm SFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, n-6 PUFA, DHA ve EPA’lar üzerinde çok önemli etkilerde bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12, $P<0.01$).

Grupların tek tek Doz ve Süre açısından kıyaslanabilmeleri için tüm veriler, ayrıca Tek-yönlü ANOVA ile incelenmiş ve istatistik farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır. Doz grupları dikkate alınmadan, farklı zenginleştirme süreleri açısından kıyaslamaların yapıldığı Tek-yönlü ANOVA sonuçları, sadece 12-saatlik bir zenginleştirmenin bile (MUFA, EPA ve n-6 PUFA’lar hariç) tüm diğer yağ asitleri ve grupları (SFA, PUFA, n-3 PUFA, ve DHA) arasında önemli farklılıklar oluşturduğunu ($P<0.05$) göstermiştir. Bu süreçte zenginleştirme gruplarında en çok etkilenen yağ asidinin DHA olduğu dikkat çekmiştir ($P<0.001$, Çizelge 4.13).

Çizelge 4.11. Farklı dozlarda zenginleştirici (S-Presso) ile farklı süreler boyunca (12, 24, 48 ve 96-saat) zenginleştirilen kırmızı toprak solucanlarında (*Eisenia fetida*) yağ asitleri profilleri (%). Her değer bir ortalama (n = 3) ± Standart sapmadır. NS: İstatistiki olarak önemsiz anlamında kullanılmıştır

ZENGİNLEŞTİRME SÜRESİ	Yağ Asitleri (%)	ZENGİNLEŞTİRME DOZU (%)			
		0/S-Presso	10/S-Presso	25/S-Presso	50/S-Presso
12. Saat					
	C10:0	0.33±0.04	0.10±0.03	0.27±0.03	0.38±0.02
	C12:0	2.27±0.04	0.32±0.02	2.09±0.15	2.61±0.12
	C13:0	1.53±0.10	2.01±0.12	1.40±0.06	1.74±0.08
	C14:0	1.10±0.05	1.42±0.08	1.17±0.06	1.16±0.01
	C15:0	0.71±0.07	1.13±0.02	0.67±0.01	0.65±0.01
	C16:0	2.00±0.10	0.60±0.11	2.32±0.05	2.24±0.03
	C17:0	1.83±0.09	2.28±0.04	1.79±0.11	1.83±0.06
	C18:0	8.40±0.15	1.72±0.06	7.72±0.12	7.35±0.26
	C24:0	0.58±0.11	7.81±0.24	0.54±0.01	0.55±0.01
	ΣSFA	NS18.73±2.46^a	BC17.87±2.24^b	B17.99±2.26^b	NS18.52±2.13^a
	C10:1	2.00±0.11	1.87±0.15	1.86±0.15	2.20±0.10
	C12:1n-3	4.14±0.15	3.96±0.31	3.97±0.21	4.62±0.27
	C12:1n-5	1.74±0.05	1.62±0.12	1.68±0.09	1.99±0.11
	C14:1n-9	2.82±0.10	2.53±0.04	2.52±0.02	2.50±0.03
	C15:1n-9	1.60±0.02	1.44±0.01	1.42±0.02	1.46±0.06
	C16:1n-7	0.68±0.02	0.62±0.02	0.68±0.02	0.63±0.05
	C17:1n-7	nd.	0.64±0.02	0.13±0.07	0.17±0.01
	C18:1n-7	7.98±0.03	3.08±0.16	3.10±0.07	2.99±0.06
	C18:1n-9	2.80±0.08	7.28±0.13	7.46±0.22	6.94±0.29
	C20:1n-9	0.41±0.07	0.49±0.03	0.52±0.01	0.54±0.02
	C20:1n-11	0.44±0.04	0.39±0.08	0.45±0.08	0.34±0.03
	C22:1n-9	0.57±0.01	0.56±0.02	0.55±0.02	0.52±0.01
	ΣMUFA	NS 25.17±2.23^a	A24.47±2.01^b	A24.35±2.08^b	A24.90±2.02^{ab}
	C16:2n-4	1.15±0.11	1.00±0.07	0.97±0.02	1.02±0.07
	C18:2n-6	10.31±0.15	10.32±0.36	10.21±0.33	9.88±0.23
	C18:3n-3	9.45±0.10	8.60±0.02	9.00±0.22	8.72±0.35
	C18:3n-6	0.29±0.05	0.28±0.01	0.28±0.01	0.29±0.01
	C20:2n-6	2.02±0.02	1.91±0.07	1.95±0.09	1.78±0.08

C20:3n-3	9.84±0.03	9.39±0.25	9.54±0.36	9.37±0.26
C20:3n-6	1.08±0.02	1.41±0.03	1.42±0.06	1.32±0.08
C20:4n-6	1.03±0.08	1.08±0.03	1.07±0.11	1.04±0.07
C20:5n-3	^B10.24±0.07^{NS}	^C10.56±0.19^{NS}	^B10.57±0.39^{NS}	^B10.46±0.67^{NS}
C22:5n-3	1.22±0.04	2.59±0.09	1.70±0.04	1.56±0.06
C22:6n-3	^A2.41±0.01^b	^C4.98±0.13^p	^C4.85±0.62^p	^C5.64±1.13^p
∑PUFA	^{NS}49.03±4.40^b	^B52.12±4.16^a	^C49.03±4.25^b	^B51.08±4.18^a
∑n-3 PUFA	^{NS}33.16±0.99^b	^C36.12±0.42^a	^C35.66±1.09^p	^C35.75±0.10^a
∑n-6 PUFA	^{NS}14.73±0.59^{NS}	^A15.00±0.45^{NS}	^A14.93±0.57^{NS}	^A14.31±0.38^{NS}
∑n-3/n-6 PUFA	2.25	2.41	2.39	2.50
∑DHA+EPA	12.65	15.54	15.42	16.10
∑DHA/EPA	0.24	0.47	0.46	0.54

Çizelge 4.11'in DEVAMI

24. Saat

C10:0	0.33±0.06	0.33±0.01	0.23±0.03	0.24±0.02
C12:0	2.12±0.12	2.34±0.06	n.d.	2.25±0.13
C13:0	1.53±0.20	1.55±0.06	1.36±0.13	1.42±0.03
C14:0	0.79±0.52	1.29±0.08	1.29±0.04	1.35±0.04
C15:0	0.49±0.36	0.61±0.08	0.56±0.05	2.25±0.05
C16:0	1.88±0.03	2.31±0.07	2.12±0.04	1.65±0.06
C17:0	1.93±0.02	1.56±0.03	1.56±0.06	1.83±0.06
C18:0	8.22±0.12	6.93±0.06	6.94±0.18	7.33±0.12
C24:0	n.d.	0.78±0.03	0.90±0.49	0.59±0.03
∑SFA	^{NS}17.29±2.54^a	^C17.70±1.99^a	^C14.97±2.13^b	^{NS}17.73±2.10^a
C10:1	1.98±0.16	1.92±0.05	1.72±0.22	1.89±0.04
C12:1n-3	4.04±0.33	4.00±0.10	3.73±0.41	3.96±0.13
C12:1n-5	1.64±0.14	1.65±0.04	1.56±0.19	1.69±0.07
C14:1n-9	2.88±0.12	2.43±0.09	2.29±0.07	2.47±0.06
C15:1n-9	1.64±0.02	1.36±0.04	1.32±0.02	1.40±0.03
C16:1n-7	0.71±0.01	0.59±0.04	0.54±0.04	0.63±0.03
C17:1n-7	0.72±0.02	0.54±0.07	n.d.	0.60±0.01
C18:1n-7	8.04±0.18	6.86±0.16	6.72±0.10	7.20±0.18
C18:1n-9	2.67±0.09	2.89±0.06	2.65±0.17	2.95±0.07
C20:1n-9	0.42±0.04	0.16±0.11	0.34±0.00	0.26±0.15
C20:1n-11	0.57±0.01	0.55±0.05	0.49±0.03	0.55±0.02
C22:1n-9	0.57±0.01	0.56±0.01	0.52±0.04	0.61±0.05
∑MUFA	^{NS}25.87±2.17^a	^B23.51±1.93^b	^B21.86±1.89^b	^A24.22±1.99^b
C16:2n-4	1.26±0.01	0.88±0.03	0.89±0.02	1.09±0.01
C18:2n-6	10.33±0.42	9.62±0.13	9.49±0.16	10.00±0.31
C18:3n-3	9.42±0.37	8.39±0.42	8.53±0.61	8.99±0.51

C18:3n-6	0.29±0.01	0.28±0.01	0.28±0.01	0.29±0.01
C20:2n-6	1.96±0.01	1.83±0.07	1.77±0.04	1.85±0.06
C20:3n-3	10.33±0.37	8.69±0.03	9.48±0.90	9.28±0.18
C20:3n-6	1.46±0.03	1.39±0.05	1.35±0.02	1.49±0.03
C20:4n-6	0.99±0.08	1.12±0.02	1.08±0.07	1.19±0.12
C20:5n-3	A11.24±0.29^{ab}	BC10.84±0.10^{ab}	A10.71±0.09^b	A11.40±0.30^a
C22:5n-3	1.29±0.06	1.96±0.11	4.47±0.84	3.01±1.04
C22:6n-3	A2.41±0.26^c	B8.11±1.03^a	C5.75±0.16^c	C5.00±0.73^b
∑PUFA	NS50.97±4.56^b	B53.11±4.20^a	B53.79±4.05^a	AB53.42±4.24^a
∑n-3 PUFA	NS34.68±1.18^b	B37.99±1.18^a	B38.94±0.52^a	BC37.68±0.72^a
∑n-6 PUFA	NS15.03±0.37^a	A14.23±0.23^{bc}	B13.97±0.20^c	A14.82±0.50^{ab}
∑n-3/n-6 PUFA	2.31	2.67	2.79	2.54
∑DHA+EPA	13.65	18.95	16.46	16.40
∑DHA/EPA	0.21	0.75	0.54	0.44

Çizelge 4.11'in DEVAMI

48. Saat

C10:0	0.44±0.09	0.29±0.02	0.26±0.01	0.28±0.04
C12:0	2.60±0.23	2.75±0.11	2.43±0.02	2.57±0.35
C13:0	1.74±0.24	1.35±0.06	1.32±0.04	1.37±0.17
C14:0	0.85±0.55	1.69±0.04	1.57±0.04	1.60±0.14
C15:0	0.71±0.05	0.60±0.02	0.56±0.03	0.60±0.08
C16:0	1.87±0.01	2.59±0.10	2.35±0.07	2.53±0.08
C17:0	1.92±0.02	1.43±0.04	1.44±0.04	1.43±0.11
C18:0	8.60±0.07	6.88±0.23	6.76±0.24	6.79±0.40
C24:0	0.50±0.04	1.37±0.08	1.11±0.06	1.07±0.08
∑SFA	NS19.49±2.53^{NS}	BA18.95±1.96^{NS}	B17.81±1.93^{NS}	NS18.23±1.94^{NS}
C10:1	2.34±0.17	1.72±0.12	1.71±0.05	1.81±0.21
C12:1n-3	4.96±0.45	3.88±0.20	3.59±0.03	3.95±0.57
C12:1n-5	2.01±0.18	1.67±0.07	1.48±0.06	1.71±0.28
C14:1n-9	2.94±0.07	2.34±0.05	2.25±0.08	2.27±0.23
C15:1n-9	1.65±0.09	1.27±0.03	1.21±0.03	1.21±0.13
C16:1n-7	0.70±0.02	0.56±0.02	0.53±0.04	0.55±0.06
C17:1n-7	0.55±0.02	0.40±0.02	0.50±0.06	0.43±0.12
C18:1n-7	7.80±0.18	6.40±0.10	6.26±0.19	6.23±0.43
C18:1n-9	2.42±0.21	2.66±0.17	2.70±0.11	2.88±0.17
C20:1n-9	0.34±0.02	0.46±0.02	0.21±0.09	0.13±0.02
C20:1n-11	0.43±0.01	0.21±0.03	0.53±0.07	0.70±0.26
C22:1n-9	0.57±0.04	0.52±0.03	0.52±0.02	0.48±0.04
∑MUFA	NS26.68±2.22^a	C22.09±2.22^b	B21.49±1.75^b	B22.34±1.79^b
C16:2n-4	1.16±0.09	0.82±0.02	0.78±0.01	0.79±0.08

C18:2n-6	10.51±0.33	8.48±0.15	9.15±0.07	9.78±0.73
C18:3n-3	9.73±0.30	7.14±0.13	7.89±0.14	8.05±0.76
C18:3n-6	0.30±0.02	0.29±0.02	0.29±0.02	0.30±0.01
C20:2n-6	1.96±0.08	1.71±0.04	1.78±0.09	2.09±0.56
C20:3n-3	10.71±0.23	8.22±0.18	8.79±0.10	8.71±0.16
C20:3n-6	1.54±0.04	1.13±0.04	1.21±0.04	1.15±0.03
C20:4n-6	0.87±0.09	1.14±0.07	1.06±0.06	1.04±0.12
C20:5n-3	A11.35±0.24^a	AB11.12±0.20^a	A11.13±0.19^a	AB10.67±0.28^b
C22:5n-3	1.47±0.05	2.92±0.03	2.70±0.28	2.34±0.45
C22:6n-3	A2.38±0.12^c	A12.56±0.55^a	B12.81±0.31^a	B10.63±1.52^b
∑PUFA	NS49.96±4.82^b	A55.54±4.54^a	A57.60±4.73^a	A55.53±4.42^a
∑n-3 PUFA	NS33.63±5.34^c	A41.96±3.76^{ab}	A43.32±3.85^a	AB40.40±3.41^b
∑n-6 PUFA	NS15.17±4.23^a	B12.76±3.35^c	B13.50±3.65^{bc}	A14.35±3.91^{ab}
∑n-3/n-6 PUFA	2.22	3.29	3.21	2.82
∑DHA+EPA	13.73	23.68	23.94	21.30
∑DHA/EPA	0.21	1.13	1.15	1.00

Çizelge 4.11'in DEVAMI

96. Saat

C10:0	0.31±0.03	0.22±0.03	0.21±0.04	nd.
C12:0	2.17±0.33	4.28±0.22	3.32±0.36	3.34±0.22
C13:0	1.50±0.19	1.30±0.09	1.13±0.21	1.30±0.09
C14:0	1.05±0.18	2.25±0.08	1.88±0.13	1.91±0.08
C15:0	0.62±0.10	0.63±0.09	0.51±0.07	0.50±0.07
C16:0	1.72±0.22	2.52±0.09	2.52±0.07	2.41±0.11
C17:0	1.74±0.34	1.18±0.03	1.22±0.09	1.18±0.08
C18:0	7.46±1.22	6.15±0.30	6.23±0.60	6.09±0.40
C24:0	0.41±0.21	1.48±0.08	1.68±0.13	1.40±0.11
∑SFA	NS16.97±2.19^{NS}	A20.02±1.90^{NS}	A18.71±1.83^{NS}	NS18.12±1.77^{NS}
C10:1	1.99±0.25	1.50±0.12	1.33±0.26	1.62±0.11
C12:1n-3	4.15±0.51	3.48±0.23	3.06±0.43	3.50±0.25
C12:1n-5	1.75±0.23	1.50±0.12	1.36±0.20	1.53±0.13
C14:1	2.51±0.45	2.31±0.13	1.95±0.15	2.12±0.13
C15:1	1.42±0.27	1.07±0.08	1.03±0.09	1.11±0.07
C16:1n-7	0.60±0.12	0.48±0.02	0.49±0.06	0.49±0.02
C17:1n-7	1.70±1.77	0.74±0.56	0.60±0.45	0.51±0.19
C18:1n-7	7.00±1.39	6.15±0.35	2.66±0.16	5.91±0.16
C18:1n-9	2.29±0.61	2.40±0.22	5.85±0.30	2.81±0.16
C20:1n-9	0.35±0.02	0.41±0.10	0.56±0.07	0.30±0.01
C20:1n-11	4.14±6.35	0.56±0.09	0.37±0.08	0.57±0.03
C22:1n-9	1.13±0.92	0.51±0.01	0.52±0.03	0.50±0.04

Σ MUFA	29.05±1.87 ^a	^D 21.10±1.68 ^b	^C 19.78±1.59 ^b	^C 20.97±1.66 ^b
C16:2n-4	0.95±0.18	0.69±0.03	0.69±0.06	0.68±0.04
C18:2n-6	10.98±0.65	7.44±0.50	7.72±0.18	7.99±0.09
C18:3n-3	n.d.	6.21±0.22	6.50±0.58	6.60±0.11
C18:3n-6	0.31±0.02	0.28±0.01	0.31±0.02	0.28±0.01
C20:2n-6	2.71±1.23	1.94±0.24	1.78±0.16	1.82±0.17
C20:3n-3	10.56±0.14	7.50±0.26	7.73±0.08	7.42±0.14
C20:3n-6	1.35±0.21	0.99±0.04	0.97±0.03	1.04±0.05
C20:4n-6	1.00±0.11	1.08±0.08	1.08±0.04	1.10±0.01
C20:5n-3	^A11.54±0.58^a	^A11.27±0.18^{ab}	^B10.66±0.15^b	^{AB}10.64±0.36^b
C22:5n-3	1.71±0.46	2.98±0.19	3.29±0.29	3.18±0.22
C22:6n-3	^B1.70±0.51^c	^A13.33±0.74^b	^A16.30±1.32^a	^A15.22±0.57^a
Σ PUFA	^B 42.82±4.70 ^b	^B 53.71±4.56 ^a	^A 56.63±5.10 ^a	^A 55.97±4.89 ^a
Σ n-3 PUFA	^C 25.51±5.41 ^c	^A 41.29±4.10 ^b	^A 44.08±4.94 ^a	^A 43.06±4.55 ^{ab}
Σ n-6 PUFA	^{NS} 16.36±4.40 ^a	^B 11.73±2.91 ^b	^C 11.86±3.03 ^b	^B 12.23±3.15 ^b
Σ n-3/n-6 PUFA	1.56	3.52	3.72	3.52
Σ DHA+EPA	13.24	24.60	26.96	25.86
Σ DHA/EPA	0.15	1.18	1.53	1.43

Her sütunda aynı yağ asitleri veya grupları için ortalamaların solunda büyük ve farklı harflerle işaretlenen ortalamalar farklı zenginleştirme süreleri açısından birbirlerinden farklıdır (P<0.05). Diğer yandan, her zenginleştirme süresinde, aynı satırda, doz grupları için, farklı ve küçük harflerle işaretlenen ortalamalar birbirlerinden farklıdır (P<0.05).

Çizelge 4.12. Farklı zenginleştirme dozları (%0, 10, 25 ve 50) ile farklı süreler (0, 12, 14, 48 ve 96-saat) boyunca besin içeriği zenginleştirilen kırmızı toprak solucanlarında (*Eisenia fetida*) yapılan İki-yönlü ANOVA istatistik analiz sonuçları

YAĞ ASİTLERİ	Zenginleştirme Dozu (GRUPLAR)	Zenginleştirme Süresi (SAAT)	Doz x Süre İnteraksiyonu
<i>İKİ-YÖNLÜ VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI</i>			
Σ SFA	F = 3.97, DF = 3, P = 0.00	F = 8.71, DF = 3, P = 0.00	F = 3.57, DF = 9, P = 0.00
Σ MUFA	F = 21.19, DF = 3, P = 0.00	F = 4.96, DF = 3, P = 0.00	F = 4.32, DF = 9, P = 0.00
Σ PUFA	F = 31.16, DF = 3, P = 0.00	F = 26.12, DF = 3, P = 0.00	F = 2.94, DF = 9, P = 0.01
EPA	F = 2.72, DF = 3, P = 0.06	F = 10.11, DF = 3, P = 0.00	F = 3.10, DF = 9, P = 0.00
DHA	F = 328.05, DF = 3, P = 0.00	F = 234.46, DF = 3, P = 0.00	F = 43.96, DF = 9, P = 0.00
Σ n-3 PUFA	F = 89.89, DF = 3, P = 0.00	F = 78.33, DF = 3, P = 0.00	F = 7.60, DF = 9, P = 0.00
Σ n-6 PUFA	F = 23.22, DF = 3, P = 0.00	F = 17.67, DF = 3, P = 0.00	F = 8.65, DF = 9, P = 0.00

24-saat zenginleştirmede, üstte belirtilen tüm yağ asitleri ve grupları istatistiki olarak önemli farklılıklar göstermiş ($P < 0.05$), ancak bu süreçte n-3 PUFA'lerden DHA'nın solucanlardaki seviyesinin diğerlerine göre daha çarpıcı olarak yükseldiği ($F=39.72$, $DF=2$, $P = 0.00$) dikkat çekmiştir (Çizelge 4.13). 48-saatlik zenginleştirmede, üstteki tüm yağ asitleri ve gruplarında (SFA hariç) yine istatistik farklılıklar devam etmiş ($P < 0.05$), bu süreçte de yine en çarpıcı değişim DHA'da ($F=153.33$, $DF=2$, $P = 0.00$) yaşanmıştır. Son örnekleme dönemi olan 96. saatte, solucanların zenginleştirme sürecine verdikleri tepki değişmemiş, SFA'lar hariç olmak üzere, tüm PUFA'lar, n-3 PUFA'lar ve özellikle de DHA seviyeleri açısından gruplar arasındaki farklılıklar devam etmiştir ($P < 0.001$). Genel olarak tüm zenginleştirme periyodu boyunca en az etkilenen/etkilenmeyen yağ asitleri veya gruplarının SFA, EPA ve MUFA oldukları kaydedilmiştir (Çizelge 4.13). Tüm zenginleştirme periyotlarında stabil bir şekilde zenginleştirmenin en çok etkilediği yağ asidinin ise net olarak DHA olduğu dikkat çekmiştir.

Çizelge 4.13. Doz grupları dikkate alınmadan, farklı zenginleştirme sürelerinin (12, 24, 48 ve 96-saat) solucanların yağ asitleri üzerine etkilerini gösteren Tek-yönlü ANOVA sonuçları

YAĞ ASİTLERİ	FARKLI ZENGİNLEŞTİRME SÜRELERİNDE TEK-YÖNLÜ VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI			
	ZENGİNLEŞTİRME SÜRESİ/ Gruplar			
	12'nci SAAT/ Gruplar	24'nci SAAT/ Gruplar	48'inci SAAT/ Gruplar	96'nci SAAT/ Gruplar
$\sum SFA$	F=16.98, DF=3, P=0.00	F=28.12, DF=3, P=0.00	F=1.96, DF=3, P=0.19	F=2.08, DF=3, P=0.18
$\sum MUFA$	F=3.38, DF=3, P=0.08	F=8.90, DF=3, P=0.00	F=15.70, DF=3, P=0.00	F=7.54, DF=3, P=0.01
$\sum PUFA$	F=7.76, DF=3, P=0.00	F=5.13, DF=3, P=0.03	F=17.62, DF=3, P=0.00	F=6.07, DF=3, P=0.02
EPA	F=0.38, DF=3, P=0.77	F=6.66, DF=3, P=0.01	F=4.49, DF=3, P=0.04	F=4.69, DF=3, P=0.04
DHA	F=12.81, DF=3, P=0.00	F=39.72, DF=3, P=0.00	F=153.33, DF=3, P=0.00	F=189.61, DF=3, P=0.00
$\sum n-3 PUFA$	F=9.40, DF=3, P=0.01	F=11.36, DF=3, P=0.00	F=59.61, DF=3, P=0.00	F=22.89, DF=3, P=0.00
$\sum n-6 PUFA$	F=1.14, DF=3, P=0.39	F=6.15, DF=3, P=0.02	F=7.77, DF=3, P=0.00	F=19.55, DF=3, P=0.00

Farklı doz gruplarında zenginleştirmenin solucanların yağ asitleri üzerine etkilerinin Tek-yönlü ANOVA sonuçları 0/S-Presso grubunda (12-96 saatlik zenginleştirme sürecinde) sadece EPA ve DHA'nın istatistiki olarak farklılaştığını göstermiştir (Çizelge 4.14, $P < 0.01$). 10/S-Presso dozunda ise tüm zenginleştirme periyotlarında SFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, DHA ve EPA'larda farklılıklar ortaya çıkmıştır ($P < 0.02$). 25/S-Presso dozunda yapılan zenginleştirmede de solucanlarda EPA hariç tüm diğer yağ asitleri ve gruplarında belirgin bir şekilde yükselişler görülmüştür (Çizelge 4.14, $P < 0.001$). Bu dozda en çarpıcı değişim bariz bir şekilde DHA'da ($F = 164.37$, $DF = 3$, $P = 0.00$) gerçekleşmiştir (Çizelge 4.14). 96-saat zenginleştirme neticesinde de durum değişmemiş, ancak bu dozda ne SFA ne de EPA'da bir farklılık çıkmamıştır ($P > 0.05$). Genel olarak analiz edildiğinde, solucanlar tüm zenginleştirme periyotlarında n-3 PUFA ve DHA açısından zenginleştiricinin tüm dozlara belirgin bir şekilde tepki vermeyi artarak sürdürmüştür.

Çizelge 4.14. Farklı zenginleştirme doz gruplarının (%0, 10, 25 ve 50 S-Presso) solucanların yağ asitleri üzerine etkilerini gösteren Tek-yönlü ANOVA sonuçları

YAĞ ASİTLERİ	GRUPLAR/ Zenginleştirme Süreleri			
	0/S-Presso / 12-96'nci Saatler	10/S-Presso / 12-96'nci Saatler	25/S-Presso / 12-96'nci Saatler	50/S-Presso / 12-96'nci Saatler
$\sum SFA$	F = 1.76, DF = 3, P ≤ 0.23	F = 16.14, DF = 3, P = 0.00	F = 67.33, DF = 3, P = 0.00	F = 0.46, DF = 3, P = 0.72
$\sum MUFA$	F = 1.28, DF = 3, P ≤ 0.34	F = 31.67, DF = 3, P = 0.00	F = 25.99, DF = 3, P = 0.00	F = 9.32, DF = 3, P = 0.00
$\sum PUFA$	F = 2.36, DF = 3, P ≤ 0.15	F = 6.59, DF = 3, P ≤ 0.02	F = 23.76, DF = 3, P = 0.00	F = 7.33, DF = 3, P = 0.01
EPA	F = 7.17, DF = 3, P ≤ 0.01	F = 9.79, DF = 3, P = 0.00	F = 3.45, DF = 3, P ≤ 0.07	F = 2.75, DF = 3, P = 0.11
DHA	F = 19.81, DF = 3, P = 0.00	F = 96.23, DF = 3, P = 0.00	F = 164.37, DF = 3, P = 0.00	F = 61.74, DF = 3, P = 0.00
$\sum n-3 PUFA$	F = 2.76, DF = 3, P ≤ 0.12	F = 34.59, DF = 3, P = 0.00	F = 42.65, DF = 3, P = 0.00	F = 23.39, DF = 3, P = 0.00
$\sum n-6 PUFA$	F = 1.88, DF = 3, P ≤ 0.21	F = 34.51, DF = 3, P = 0.00	F = 42.36, DF = 3, P = 0.00	F = 9.28, DF = 3, P = 0.00

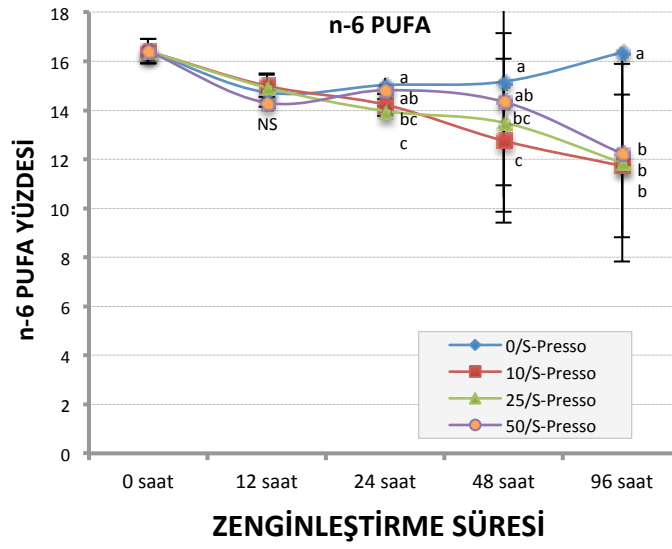
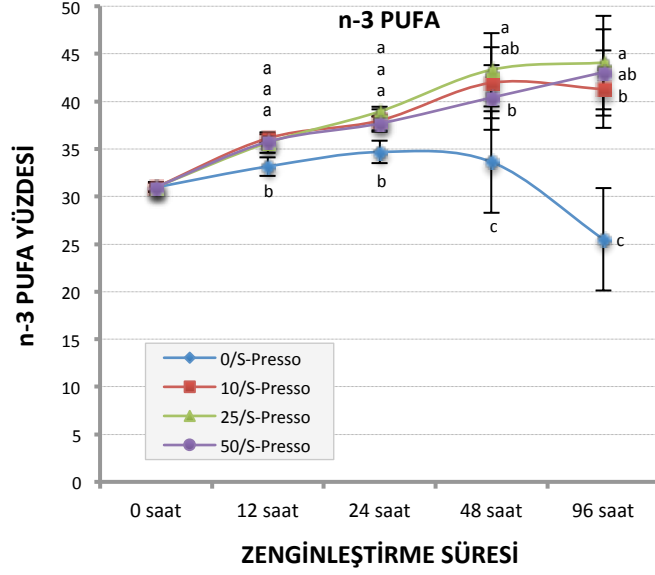
Doz ve Süre için ayrı ayrı yapılan Tek-yönlü ANOVA analizleri ve istatistik farkların çıktığı durumlarda da Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.11’de, doğrudan veriler üzerinde harflerle işaretlenmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği üzere, yağ asitleri analizleri için denemenin ilk örnekleme yapıldığı 12’nci saatte, solucanların SFA içeriklerinin zenginleştirme gruplarında (10/S-Presso ve 25/S-Presso) belirgin bir şekilde azaldığı (%18.73’ten %17.87-%17.99’a) ($P<0.05$), ancak 50/S-Presso grubunda değişmediği belirlenmiştir ($P>0.05$). Bu süreçte MUFA’ların seviyelerinin de benzer şekilde zenginleştirme ile azaldığı veya değişmediği (%24.35-25.17), PUFA’ların ise istatistiki olarak bir miktar yükseldiği (%49.03’ten %51.08-%52.12’ye) görülmüştür (Çizelge 4.11). 12-saat süren zenginleştirmede solucanların n-6 PUFA’ları değişmemiş ($P>0.05$), ancak zenginleştirme gruplarının tamamında da n-3 PUFA’larda istatistiki bir artış gerçekleşmiştir ($P<0.01$) (Şekil 4.7). Analizleri yapılan tüm yağ asitleri içerisinde, sadece 12-saatlik bir zenginleştirmede bile, DHA seviyelerinde %2.41’den (0/S-Presso grubunda) %4.85-%5.64’e, 2-2.5-kata yakın bir artış) kadar çarpıcı bir yükselme kaydedilirken ($P<0.001$), EPA seviyeleri zenginleştirme işlemine tepki vermemiştir (Çizelge 4.11, Şekil 4.8).

24-saatlik zenginleştirmede, SFA’lar değişmemiş, MUFA’larda düşmeler görülmüş, PUFA’larda ise zenginleştirme gruplarında seviye %50.97’den (0/S-Presso) %53.11-%53.79’a kadar (10-50/S-Presso) yükselmiştir (Çizelge 4.11, Şekil 4.7, $P<0.01$). Zenginleştirme dozları bu süreçte birbirlerinden farklı çıkmamıştır ($P>0.05$). 24-saatlik zenginleştirmede yine en çarpıcı farklılık DHA oranlarında görülmüş olup, bu oran 0/S-Presso grubunda %2.41 iken, 10/S-Presso, 25/S-Presso ve 50/S-Presso gruplarında sırasıyla %8.11, %5.75 ve %5.0 olarak kaydedilmiştir ($P<0.001$). En yüksek DHA-zenginleştirme oranı 24-saatlik süreçte 10/S-Presso grubunda bulunmuştur ($P<0.001$). EPA değerleri ilk 24 saatlik zenginleştirme periyodunda sadece 50/S-Presso grubunda yükselme eğilimi göstermiştir ($P<0.05$) (Şekil 4.8).

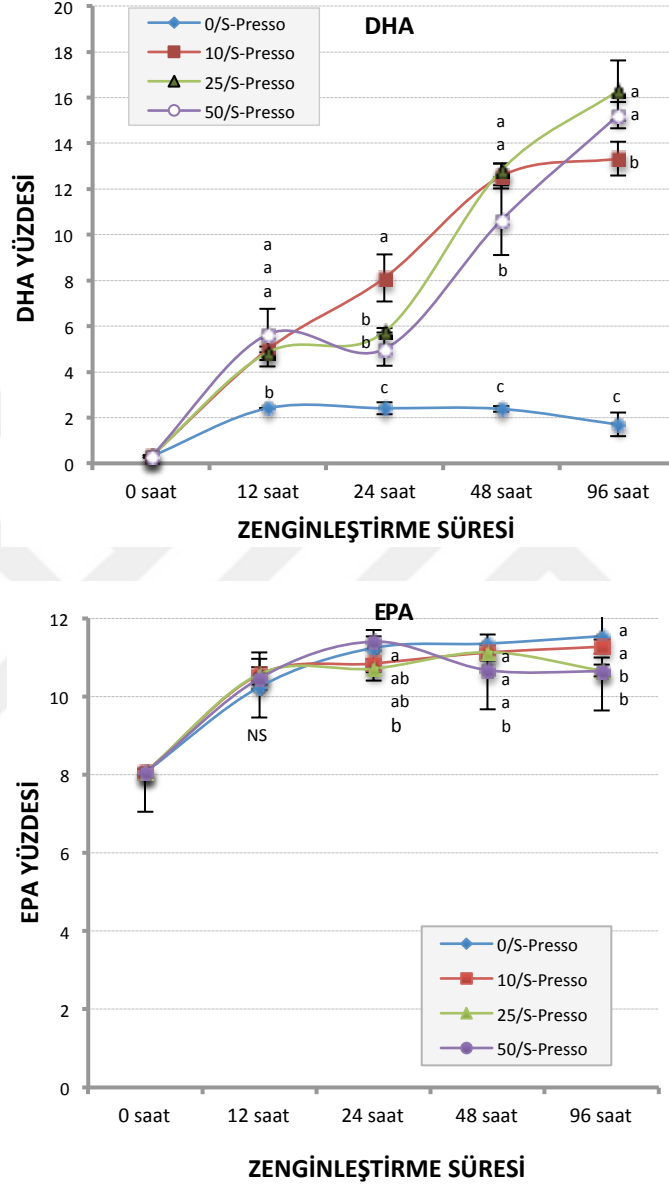
48-saatlik zenginleştirmede, SFA’lar değişmemiş, MUFA’lar ise azalma göstermiş, ancak bunların tersine, PUFA’lar ise belirgin bir şekilde yükselmiştir. n-3 PUFA seviyesi doğrusal bir artış ile artmaya devam etmiş ve seviye 0/S-Presso grubunda %33.63 olarak belirlenmişken, bu rakam 10/S-Presso grubunda %41.96, 25/S-Presso grubunda %43.32 ve 50/S-Presso grubunda ise %40.40’a çıkmıştır (Şekil 4.7, $P<0.001$). n-3/n-6 oranı 48-saat zenginleştirme neticesinde 2.22’den

(0/S-Presso), 3.29'a (10/S-Presso), diğer gruplardan 25/S-Presso'da 3.21'e ve en yüksek zenginleştirme dozunda (50/S-Presso) ise 2.82'ye kadar yükseliş göstermiştir (Şekil 4.10). Bu zenginleştirme periyodunda DHA solucanlarda birikmeye devam etmiş ve seviyeler %2.38'den (0/S-Presso) %12.81'e kadar çıkmıştır [(4.38-kat artış) Çizelge 4.11, Şekil 4.8-4.9].

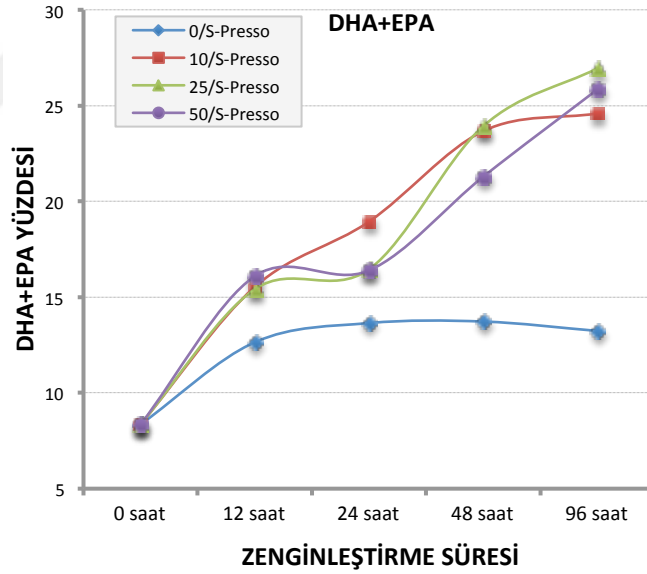
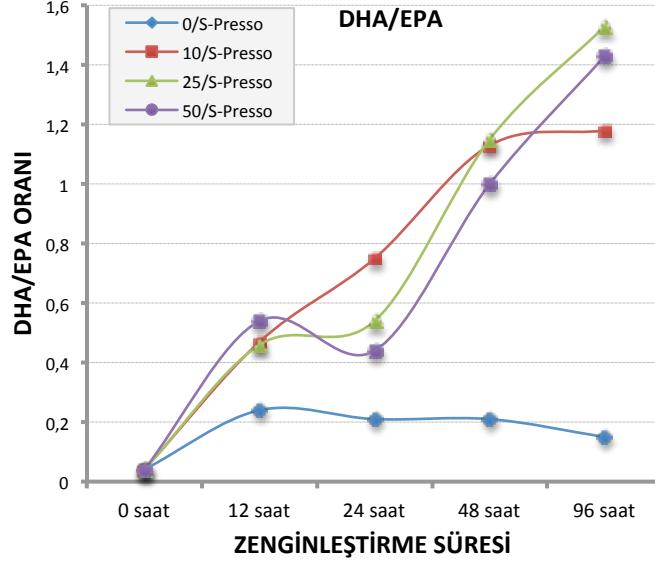
96-saat zenginleştirme solucanlardaki PUFA seviyelerini 0/S-Presso grubunda belirlenen %42.82'den, 10/Presso grubunda %53.71'e, 25/S-Presso grubunda %56.63'e ve en yüksek doz grubunda (50/S-Presso) ise %55.97'ye çıkarmıştır ($P<0.001$) (Çizelge 4.11). Benzer şekilde, bu yükseliş n-3 PUFA grubunda da dozların artışı ile birlikte yine %25.51'den önce %41.29'a ardında da %44.08'e, en yüksek zenginleştirme dozunda ise %43.06'ya kadar sümüştür ($P<0.001$) (Şekil 4.7). Benzer şekilde 96-saat zenginleştirme yapılan solucanlarda DHA oranları %1.70'den (0/S-Presso) %13.33'e (10/S-Presso), %16.30'a (25/S-Presso) ve son olarak %15.22'ye (50/S-Presso) kadar yükseliş (6.84 ile 7.95-kat artış) göstermiştir ($P<0.001$; Şekil 4.8). Genel olarak zenginleştirme işlemi solucanların EPA ve n-6 PUFA oranları üzerinde belirgin ve anlamlı bir değişiklik yaratmamış (Şekil 4.4-4.6), en çarpıcı değişiklikleri n-3 PUFA ve DHA değerleri üzerinde yapmıştır. DHA/EPA ve DHA+EPA değerleri Çizelge 4.11 ile Şekil 4.9'da görülmektedir.



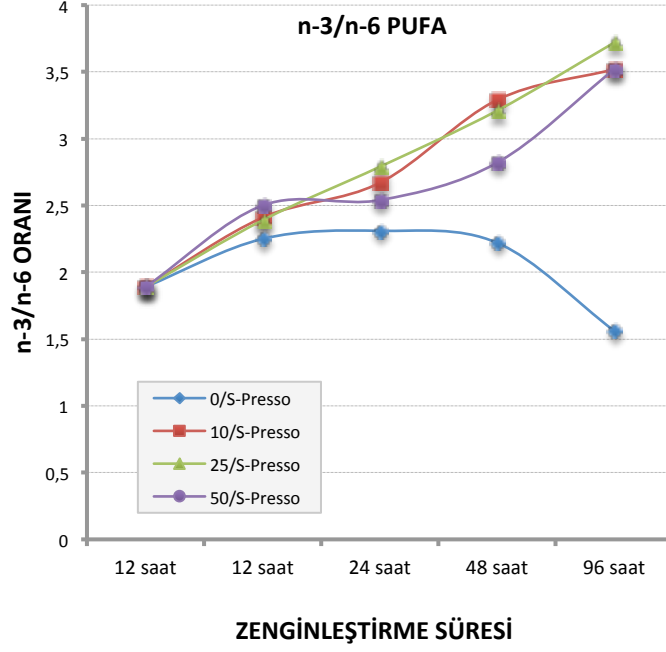
Şekil 4.7. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile yataklı ortamda zenginleştirilen toprak solucanlarında n-3 ve n-6 PUFA yağ asitlerinde gerçekleşen değişim



Şekil 4.8. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile yataklı ortamda zenginleştirilen toprak solucanlarında DHA ve EPA yağ asitlerinde gerçekleşen değişim



Şekil 4.9. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile yataklı ortamda zenginleştirilen solucanlarda DHA + EPA ve DHA / EPA yağ asitlerinde oranlarında gerçekleşen değişim



Şekil 4.10. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile yataklı ortamda zenginleştirilen toprak solucanlarında n-3 ve n-6 PUFA yağ asitleri oranında gerçekleşen değişim

4.4. IV. DENEME***Eisenia fetida*'nın Balık Unu/Yağı İle Farklı Doz ve Sürelerle Zenginleştirilmesi**

Bu çalışma DHA açısından zengin hammadde kaynaklarından olan balık unu (BU) ve balık yağı (BY) ile toprak solucanlarının daha ekonomik olarak zenginleştirilme imkanlarını araştırmak amacıyla planlanmıştır. Öncelikle BU ile kurulan denemenin ertesi gününde solucanlarda, özellikle en yüksek dozlarda (%25 ve %50 BU içeren gruplarda), görülen ortamdan kaçış ve yüksek mortalite nedeniyle, bu hammaddenin zenginleştirme için uygun olmayacağına karar verilmiş ve derhal BY ile yeni bir deneme kurgulanarak, çalışmanın devamında bu zenginleştirici hammadde kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında BY ve solucanların yağ asitleri profilleri Çizelge 4.15, dört farklı BY dozunda (%0, 2.5, 5 ve %10) ve üç farklı süre boyunca (24, 48 ve 96-saat) yataklı ortamda yürütülen denemede yetiştirilen solucanlarda belirlenen yağ asitleri analiz sonuçları ise Çizelge 4.16'da özetlenmiştir.

Genel olarak BY'nin SFA içeriklerinin (%31.96) solucanların içerdikleri seviyeden (%21.04) daha yüksek olduğu, en belirgin farklılıkların C14:0, C16:0, C17:0 ve C18:0 YA'larda olduğu görülmektedir (Çizelge 4.15). Buna göre, özellikle BY'de bulunan C14:0 ve C16:0 seviyelerinin (%4.93 ve %19.58) solucanlardakinden (%0.83 ile %2.44) çok daha yüksek olduğu, tam tersine C17:0 ve C18:0'in ise solucanlarda daha yüksek çıktığı (%3.55 ile %9.86) dikkat çekmiştir. Solucanların MUFA içeriklerinin (%26.16) BY'dekine (%30.42) göre daha düşük olduğu, bu kapsamda en çarpıcı farklılıkların özellikle C12:1n-3, C14:1n-9, C16:1n7, C18:1n-7 ve C18:1n-9 YA'larda kaydedildiği, bunlardan da özellikle C18:1n-9'un BY'de çok yüksek bir oranda bulunduğu (%17.67) anlaşılmıştır. BY'nin (%33.24) solucanlardan (%51.21) daha düşük oranda PUFA içerdiği, hem n-3 PUFA hem de n-6 PUFA'lar açısından ise farkın solucanlar lehine daha belirgin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.15). Solucanların n-3 yağ asitlerinden C18:3n-3 (%11.8), C20:3n-3 (%9.65) ve C20:5n-3 (%9.05) açısından BY'den daha zengin, tersine C22:6n-3 (%14.17) açısından ise BY'nin solucanlara (%2.25) kıyasla daha zengin olduğu (>6-kat) görülmüştür. Dolayısıyla, bu bulgularımız yüksek oranda DHA içeren BY kullanılarak solucanlardaki DHA eksikliğinin giderilebileceğini ve bu alanda çalışmalar yapılması gerektiğini göstermiştir.

Çizelge 4.15. Denemede kullanılan kırmızı toprak solucanları (*Eisenia fetida*) ve zenginleştirmede kullanılan hamsi yağının yağ asitleri profilleri (YA, % olarak). Her değer bir ortalama (n = 3) ± standart sapmadır. Çizelgede n.d. ile işaretlenmiş olan yağ asitleri analizlerde belirlenememiştir

YAĞ ASİTLERİ	SOLUCAN (<i>Eisenia fetida</i>)	BALIK YAĞI
C10:0	0.41±0.08	0.13±0.02
C12:0	1.65±0.21	0.08±0.01
C13:0	1.50±0.20	0.08±0.01
C14:0	0.83±0.05	4.93±0.25
C15:0	0.80±0.03	0.13±0.01
C16:0	2.44±0.04	19.58±1.02
C17:0	3.55±0.32	1.0±0.04
C18:0	9.86±0.22	5.41±0.64
C20:0	n.d.	n.d.
C24:0	n.d.	0.59±0.08
ΣSFA	21.04±3.09	31.96±1.32
C10:1	1.63±0.05	n.d.
C12:1n-3	4.50±0.06	0.02±0.00
C12:1n-5	1.78±0.30	n.d.
C14:1n-9	2.95±0.08	0.17±0.20
C15:1n-9	1.96±0.01	0.23±0.01
C16:1n7	0.60±0.01	4.85±0.07
C17:1n7	n.d.	0.43±0.01
C18:1n7	8.40±0.12	2.69±0.22
C18:1n9	2.82±0.23	17.67±1.32
C20:1n9	0.45±0.12	1.82±0.26
C20:1n11	0.35±0.01	1.29±0.06
C22:1n9	0.72±0.01	1.23±0.57
C24:1n9	n.d.	0.04±0.01
ΣMUFA	26.16±2.37	30.42±1.48
C16:2n4	1.32±0.05	0.48±0.04
C18:2n6	10.15±0.20	3.23±0.04
C18:3n3	11.8±0.54	1.47±0.14
C18:3n6	0.45±0.04	1.43±0.19
C20:2n6	2.52±0.08	0.35±0.01
C20:3n3	9.65±0.18	2.54±0.30
C20:3n6	1.65±0.15	0.48±0.07

C20:4n6	1.23±0.09	0.69±0.01
C20:5n3	9.05±0.12	7.46±0.83
C22:5n3	1.14±0.23	0.95±0.01
C22:6n3	2.25±0.28	14.17± 3.11
∑PUFA	51.21±4.44	33.24±3.30
∑n-3 PUFA	33.89±1.12	26.56±5.59
∑n-6 PUFA	16.00±1.26	5.49±1.33
∑n-3/n-6 PUFA	2.12	4.84
∑DHA+EPA	11.30	21.63
∑DHA/EPA	0.25	1.9

Genel olarak Doz, Süre ve Doz x Süre İnteraksiyonlarının incelendiği, İki-yönlü ANOVA sonuçları SFA, MUFA, PUFA, EPA, DHA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA'larda önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.17). Analiz edilen yağ asitleri içerisinde, zenginleştirme dozu açısından en büyük istatistiki farklılıklar özellikle n-3 PUFA (F = 180.74, P = 0.00) ve daha da önemlisi DHA'da (F = 550.50, P = 0.00) çok belirgin olarak ortaya çıkmış, n-6 PUFA'da da önemli farklılıklar tespit edilmiştir (F = 199.60, P =0.00) (Çizelge 4.17). Zenginleştirme sürelerinin de incelenen yağ asitleri ve grupları üzerine önemli etkilerde bulunduğu, bilhassa n-6 PUFA (F = 231.86, P = 0.00) ve daha da önemli olarak DHA (F = 343.47, P = 0.00) üzerinde çarpıcı etkilerde bulunduğu anlaşılmıştır. Doz x Zenginleştirme Süresi İnteraksiyonlarının tüm SFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, n-6 PUFA, DHA ve EPA'lar üzerinde çok önemli etkilerde bulunduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.17, P<0.001).

Çizelge 4.16. Farklı oranlarda ve farklı sürelerle balık yağı (BY) ile zenginleştirilen kırmızı toprak solucanlarında (*Eisenia fetida*) yağ asitleri profilleri (%). Her değer bir ortalama (n = 3) ± standart sapmadır. Analizlerde belirlenemeyen yağ asitleri 'n.d.' ile işaretlenmiştir. NS: İstatistiki olarak önemsiz anlamında kullanılmıştır.

ZENGİNLEŞTİRME SÜRESİ	Yağ Asitleri (%)	ZENGİNLEŞTİRME DOZU (%)			
		0/BY	2.5/BY	5/BY	10/BY
24. Saat					
	C10:0	0.33±0.21	0.44±0.00	0.38±0.00	0.32±0.00
	C12:0	1.71±1.48	2.63±0.03	2.10±0.07	2.22±0.05
	C13:0	1.81±0.02	2.05±0.05	1.51±0.05	1.42±0.07
	C14:0	1.26±0.02	1.51±0.02	1.18±0.02	1.87±0.14
	C15:0	0.81±0.07	0.81±0.02	0.57±0.02	0.59±0.02
	C16:0	2.19±0.02	2.45±0.04	2.04±0.04	2.72±0.02
	C17:0	1.48±0.02	1.36±0.03	1.52±0.02	1.08±0.02
	C18:0	6.66±0.05	6.11±0.10	6.87±0.08	5.71±0.02
	C24:0	0.90±0.63	0.85±0.04	0.50±0.21	0.29±0.02
	ΣSFA	B^{17.15±0.73}ab	B^{18.23±0.10}a	B^{16.66±0.09}c	C^{16.23±0.27}c
	C10:1	2.33±0.06	2.48±0.05	nd	1.70±0.00
	C12:1n-3	4.72±0.12	4.96±0.07	3.76±0.14	3.45±0.05
	C12:1n-5	1.90±0.09	2.04±0.03	1.47±0.09	1.43±0.04
	C14:1	3.23±0.06	3.26±0.02	2.73±0.10	2.48±0.02
	C15:1	1.70±0.01	1.62±0.02	1.50±0.02	1.28±0.01
	C16:1n-7	0.55±0.08	0.65±0.04	0.55±0.05	1.01±0.01
	C17:1n-7	0.18±0.17	0.25±0.22	0.82±0.06	nd.
	C18:1n-7	6.90±0.02	6.71±0.10	7.20±0.11	6.09±0.03
	C18:1n-9	2.27±0.01	2.89±0.04	2.14±0.06	nd.
	C20:1n-9	0.31±0.27	0.43±0.01	nd	nd.
	C20:1n-11	0.30±0.04	0.33±0.03	0.34±0.01	0.37±0.04
	C22:1n-9	0.67±0.02	0.65±0.03	0.80±0.02	nd.
	ΣMUFA	NS^{25.05±0.34}b	A^{26.28±0.49}a	C^{21.30±0.59}c	C^{17.95±0.26}d
	C16:2n-4	1.18±0.06	0.91±0.052	0.82±0.02	nd.
	C18:2n-6	10.63±0.07	10.23±0.11	nd.	8.75±0.01
	C18:3n-3	8.69±0.33	8.96±0.43	10.28±0.11	7.20±0.37
	C18:3n-6	0.26±0.01	0.27±0.01	0.24±0.01	0.26±0.01
	C20:2n-6	2.08±0.20	1.33±1.15	2.11±0.05	1.60±0.02

C20:3n-3	10.53±0.14	10.66±0.74	11.92±0.14	9.00±0.04
C20:3n-6	1.65±0.02	1.68±0.05	1.80±0.01	1.31±0.01
C20:4n-6	1.54±0.14	1.63±0.03	1.49±0.11	1.28±0.02
C20:5n-3	A^{12.81±0.04}b	BA^{12.94±0.19}b	A^{13.93±0.14}a	A^{12.89±0.07}b
C22:5n-3	1.05±0.07	1.06±0.06	1.35±0.43	1.41±0.51
C22:6n-3	AB^{0.87±0.05}b	C^{1.07±0.08}b	C^{0.90±0.03}b	A^{13.55±0.62}a
∑PUFA	A^{51.27±0.59}b	B^{50.71±0.70}b	C^{45.03±0.14}c	A^{57.24±0.24}a
∑n-3 PUFA	NS^{33.94±0.36}c	C^{34.68±1.14}c	C^{38.38±0.39}b	A^{44.05±0.25}a
∑n-6 PUFA	NS^{16.15±0.28}b	A^{15.75±0.14}c	A^{16.90±0.17}a	A^{13.19±0.03}d
∑n-3/n-6 PUFA	2.10	7.06	2.27	3.34
∑DHA+EPA	13.68	14.01	14.83	26.44
∑DHA/EPA	0.07	0.08	0.06	1.05

Çizelge 4.16'nın DEVAMI

48. Saat

C10:0	0.44±0.10	0.21±0.02	0.35±0.01	0.33±0.01
C12:0	2.62±0.23	6.26±0.20	2.26±0.02	3.47±0.02
C13:0	1.74±0.23	1.21±0.07	1.38±0.03	1.53±0.06
C14:0	0.89±0.59	4.39±0.13	1.72±0.13	2.87±0.04
C15:0	0.75±0.09	0.62±0.01	0.55±0.00	0.63±0.07
C16:0	1.85±0.06	4.48±0.12	2.64±0.02	3.27±0.01
C17:0	1.89±0.01	0.80±0.03	1.07±0.03	0.92±0.04
C18:0	8.74±0.20	5.38±0.12	6.27±0.04	5.09±0.02
C24:0	0.60±0.06	0.34±0.03	0.41±0.10	0.40±0.11
∑SFA	A^{19.52±0.92}b	B^{23.69±0.67}a	B^{16.63±0.25}c	B^{18.51±0.22}b
C10:1	2.35±0.16	1.01±1.01	1.78±0.01	1.75±0.02
C12:1n-3	4.78±0.85	2.90±0.07	3.63±0.04	3.61±0.02
C12:1n-5	1.98±0.22	0.98±0.03	1.43±0.03	1.37±0.04
C14:1n-9	2.90±0.13	2.09±0.05	2.48±0.02	2.52±0.02
C15:1n-9	1.64±0.11	0.88±0.02	1.30±0.01	1.17±0.01
C16:1n-7	0.67±0.08	2.03±0.07	1.00±0.04	1.43±0.02
C17:1n-7	0.55±0.00	0.17±0.09	0.36±0.09	0.32±0.07
C18:1n-7	7.81±0.24	6.05±0.20	6.12±0.06	5.91±0.03
C18:1n-9	nd.	4.82±0.13	3.07±0.02	3.70±0.02
C20:1n-9	0.32±0.03	0.80±0.01	0.46±0.07	0.62±0.07
C20:1n-11	0.43±0.03	0.52±0.02	0.40±0.01	0.46±0.01
C22:1n-9	0.52±0.13	0.48±0.05	0.60±0.01	0.51±0.03
∑MUFA	NS^{23.95±0.90}NS	B^{22.71±0.68}NS	B^{22.62±0.22}NS	B^{23.37±0.13}NS
C16:2n-4	1.20±0.09	0.53±0.03	0.76±0.03	0.65±0.01
C18:2n-6	10.43±0.32	5.75±0.14	8.98±0.11	7.80±0.07
C18:3n-3	9.78±0.30	4.90±0.10	6.93±0.08	6.71±0.03

C18:3n-6	0.30±0.08	0.36±0.00	0.27±0.01	0.29±0.01
C20:2n-6	1.92±0.07	1.53±0.02	1.74±0.05	1.64±0.02
C20:3n-3	10.67±0.28	5.93±0.14	8.93±0.06	7.88±0.05
C20:3n-6	1.88±0.62	0.89±0.02	1.37±0.04	1.23±0.01
C20:4n-6	0.89±0.09	1.09±0.03	1.38±0.03	1.28±0.02
C20:5n-3	^B11.35±0.72^b	^C10.91±0.24^b	^B13.27±0.09^a	^A13.07±0.06^a
C22:5n-3	1.50±0.08	1.13±0.09	1.16±0.16	1.13±0.10
C22:6n-3	^B0.46±0.11^c	^A14.62±0.83^a	^A13.44±0.80^a	^B11.95±0.82^b
∑PUFA	^B50.38±0.29^c	^C47.63±0.19^d	^A58.22±0.20^a	^B53.64±0.64^b
∑n-3 PUFA	^{NS}33.86±0.65^d	^B37.49±0.39^c	^A43.73±0.42^a	^B40.74±0.67^b
∑n-6 PUFA	^{NS}15.42±0.72^a	^C9.61±0.21^d	^B13.74±0.21^b	^B12.24±0.07^c
∑n-3/n-6 PUFA	1.61	3.90	3.18	3.33
∑DHA+EPA	11.81	25.53	26.71	25.02
∑DHA/EPA	0.04	1.34	1.01	0.91

Çizelge 4.16'nın DEVAMI

96. Saat

C10:0	0.41±0.13	0.37±0.00	0.35±0.01	0.26±0.00
C12:0	2.60±0.23	2.43±0.03	3.49±0.03	5.86±0.01
C13:0	1.74±0.24	1.62±0.05	1.50±0.01	1.29±0.02
C14:0	0.85±0.55	1.63±0.03	2.97±0.03	4.26±0.02
C15:0	0.71±0.05	0.64±0.02	0.62±0.06	0.61±0.01
C16:0	1.87±0.01	2.61±0.04	3.23±0.02	5.00±0.06
C17:0	1.92±0.02	1.51±0.75	1.35±0.74	1.33±0.69
C18:0	8.60±0.07	5.60±0.10	5.20±0.04	5.77±0.09
C24:0	0.65±0.04	0.56±0.30	0.34±0.03	0.38±0.03
∑SFA	^A19.34±0.96^b	^B16.96±0.92^c	^A19.06±0.82^b	^A24.78±0.49^a
C10:1	1.95±0.74	1.92±0.02	1.85±0.02	1.39±0.03
C12:1n-3	4.36±1.24	3.77±0.02	3.78±0.02	3.18±0.04
C12:1n-5	2.01±0.18	1.51±0.04	1.47±0.02	1.17±0.03
C14:1n-9	2.94±0.07	2.59±0.04	2.50±0.04	2.18±0.01
C15:1n-9	1.65±0.09	n.d.	1.18±0.01	0.98±0.02
C16:1n-7	0.70±0.02	0.98±0.03	1.50±0.02	2.05±0.02
C17:1n-7	0.55±0.02	0.29±0.04	0.29±0.06	0.25±0.02
C18:1n-7	8.13±0.67	5.97±0.10	5.81±0.03	6.30±0.06
C18:1n-9	2.42±0.21	2.75±0.18	3.79±0.02	5.56±0.06
C20:1n-9	n.d.	0.50±0.07	0.65±0.08	0.82±0.08
C20:1n-11	0.43±0.01	0.34±0.01	0.50±0.02	0.55±0.01
C22:1n-9	0.68±0.23	0.58±0.02	0.53±0.00	0.48±0.02
∑MUFA	^{NS}25.81±1.36^a	^C21.20±0.22^c	^A23.85±0.03^b	^A24.92±0.38^{ab}
C16:2n-4	1.16±0.09	0.78±0.01	0.66±0.00	0.56±0.01

C18:2n-6	1048±0.33	889±0.06	8.12±0.11	6.53±0.18
C18:3n-3	941±0.46	7.50±0.12	7.01±0.04	5.44±0.09
C18:3n-6	0.30±0.02	0.27±0.01	0.29±0.00	0.39±0.01
C20:2n-6	1.96±0.08	1.81±0.14	1.83±0.16	1.77±0.14
C20:3n-3	10.38±0.36	8.68±0.17	7.95±0.04	6.64±0.12
C20:3n-6	1.54±0.04	1.40±0.03	1.22±0.01	1.00±0.02
C20:4n-6	0.87±0.09	1.45±0.06	1.38±0.02	1.20±0.02
C20:5n-3	B^{11.35±0.83^b}	A^{13.03±0.22^a}	C^{13.05±0.02^a}	C^{11.73±0.17^b}
C22:5n-3	1.59±0.16	1.18±0.11	1.26±0.09	1.23±0.11
C22:6n-3	A^{1.65±0.70^d}	B^{11.97±0.74^a}	B^{10.58±0.37^b}	C^{8.39±0.59^c}
∑PUFA	AB^{50.69±0.28^c}	A^{56.95±1.42^a}	B^{53.36±0.40^b}	C^{44.89±0.26^d}
∑n-3 PUFA	NS^{34.39±0.79^c}	A^{42.36±1.27^a}	B^{39.84±0.32^b}	C^{33.44±0.20^c}
∑n-6 PUFA	NS^{15.14±0.52^a}	B^{13.81±0.25^b}	C^{12.86±0.13^c}	C^{10.89±0.35^d}
∑n-3/n-6 PUFA	2.27	3.07	3.10	3.07
∑DHA+EPA	13	25	23.63	20.12
∑DHA/EPA	0.15	0.92	0.81	0.72

Her sütunda aynı yağ asitleri veya grupları için ortalamaların solunda büyük ve farklı harflerle işaretlenen ortalamalar farklı zenginleştirme süreleri açısından birbirlerinden farklıdır (P<0.05). Diğer yandan, her zenginleştirme süresinde, aynı satırda, doz grupları için, farklı ve küçük harflerle işaretlenen ortalamalar birbirlerinden farklıdır (P<0.05).

Çizelge 4.17. Farklı zenginleştirme dozları (%0, 2.5, 5 ve 10) ile farklı süreler (24, 48 ve 96-saat) boyunca balık yağı (BY) ile yağ asitleri içerikleri zenginleştirilen kırmızı toprak solucanlarında (*Eisenia fetida*) yapılan iki-yönlü ANOVA istatistik analiz sonuçları

YAĞ ASİTLERİ	Zenginleştirme Dozu (GRUPLAR)	Zenginleştirme Süresi (SAAT)	Doz x Süre İnteraksiyonu
<i>İKİ-YÖNLÜ VARYANS ANALİZ SONUÇLARI</i>			
∑SFA	F = 10.69, DF = 3, P = 0.00	F = 78.64, DF = 2, P = 0.00	F = 65.90, DF = 6, P = 0.00
∑MUFA	F = 40.51, DF = 3, P = 0.00	F = 14.83, DF = 2, P = 0.00	F = 60.86, DF = 6, P = 0.00
∑PUFA	F = 11.10, DF = 3, P = 0.00	F = 19.32, DF = 2, P = 0.00	F = 340.00, DF = 6, P = 0.00
EPA	F = 33.62, DF = 3, P = 0.00	F = 29.42, DF = 2, P = 0.00	F = 14.67, DF = 6, P = 0.00
DHA	F = 550.50, DF = 3, P = 0.00	F = 343.47, DF = 2, P = 0.00	F = 195.72, DF = 6, P = 0.00
∑n-3 PUFA	F = 180.74, DF = 3, P = 0.00	F = 16.81, DF = 2, P = 0.00	F = 121.70, DF = 6, P = 0.00
∑n-6 PUFA	F = 199.60, DF = 3, P = 0.00	F = 231.86, DF = 2, P = 0.00	F = 67.22, DF = 6, P = 0.00

İki-yönlü ANOVA'ya ilaveten, grupların tek tek Doz ve Süre açısından kıyaslanabilmeleri için tüm veriler ayrıca Tek-yönlü Varyans Analizi ile incelenmiş ve istatistik farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır. Doz grupları dikkate alınmadan, farklı zenginleştirme sürelerinin kıyaslandığı Tek-yönlü ANOVA sonuçları, 24-saatlik bir zenginleştirmede bile üzerinde durulan tüm yağ asitleri ve grupları (SFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, EPA ve DHA) arasında önemli farklılıklar oluştuğunu ($P < 0.001$) göstermiştir. 48-saatlik zenginleştirmede EPA ve MUFA'larda bir değişim gerçekleşmemiş, ancak diğer tüm yağ asitleri ve gruplarında çarpıcı değişim sümüş, 96-saatlik süreçte ise tüm yağ asitleri/gruplarında istatistik farklılıklar kaydedilmiştir ($P < 0.001$, Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Farklı zenginleştirme sürelerinin (24, 48 ve 96-saat) kırmızı toprak solucanlarının (*Eisenia fetida*) yağ asitleri içerikleri üzerine olan etkilerini gösteren Tek-yönlü ANOVA istatistik analiz sonuçları

YAĞ ASİTLERİ	FARKLI ZENGİNLEŞTİRME SÜRELERİNDE TEK-YÖNLÜ VARYANS ANALİZ SONUÇLARI		
	ZENGİNLEŞTİRME SÜRESİ/ Gruplar		
	24'ncü SAAT/ Gruplar	48'inci SAAT/ Gruplar	96'ncı SAAT/ Gruplar
Σ SFA	F = 14.35, DF = 3, P = 0.00	F = 75.84, DF = 3, P = 0.00	F = 49.92, DF = 3, P = 0.00
Σ MUFA	F = 224.18, DF = 3, P = 0.00	F = 3.44, DF = 3, P = 0.07	F = 23.48, DF = 3, P = 0.00
Σ PUFA	F = 386.82, DF = 3, P = 0.00	F = 433.06, DF = 3, P = 0.00	F = 133.80, DF = 3, P = 0.00
EPA	F = 54.34, DF = 3, P = 0.00	F = 28.96, DF = 3, P = 0.07	F = 12.13, DF = 3, P = 0.00
DHA	F = 119.18, DF = 3, P = 0.00	F = 253.36, DF = 3, P = 0.00	F = 163.12, DF = 3, P = 0.00
Σ n-3 PUFA	F = 157.07, DF = 3, P = 0.00	F = 242.88, DF = 3, P = 0.00	F = 92.26, DF = 3, P = 0.00
Σ n-6 PUFA	F = 386.82, DF = 3, P = 0.00	F = 120.03, DF = 3, P = 0.00	F = 80.20, DF = 3, P = 0.00

Zenginleştirme süreleri dikkate alınmadan doz grupları kıyaslandığında (Çizelge 4.19), 0/BY grubunda sadece SFA, EPA ve DHA'da düşük seviyede istatistik farklılıklar gözlenmiştir ($P < 0.05$). Diğer yandan, 2.5/BY'de ise tüm üzerinde durulan yağ asitleri ve gruplarında çarpıcı farklılıklar

görülmüş olup, en belirgin farklılıklar sırasıyla n-6 PUFA ($F = 544.72$, $P = 0.00$) ve DHA'da ($F = 371.20$, $P = 0.00$) not edilmiştir. 5/BY grubunda EPA'daki değişim önemsiz çıkarken, BY zenginleştirme işleminin en etkili olduğu yağ asitlerinin sırasıyla DHA, PUFA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA'larda gerçekleştiği belirlenmiştir ($P < 0.001$). Test edilen en yüksek doz olan 10/BY grubunda zenginleştirme işleminden en fazla etkilenen yağ asitlerinin sırasıyla PUFA, MUFA, SFA, ve n-3 PUFA'lar olduğu, bununla birlikte tüm diğer yağ asitlerinin de bu süreçten ciddi olarak etkilendiği belirlenmiştir (Çizelge 4.19).

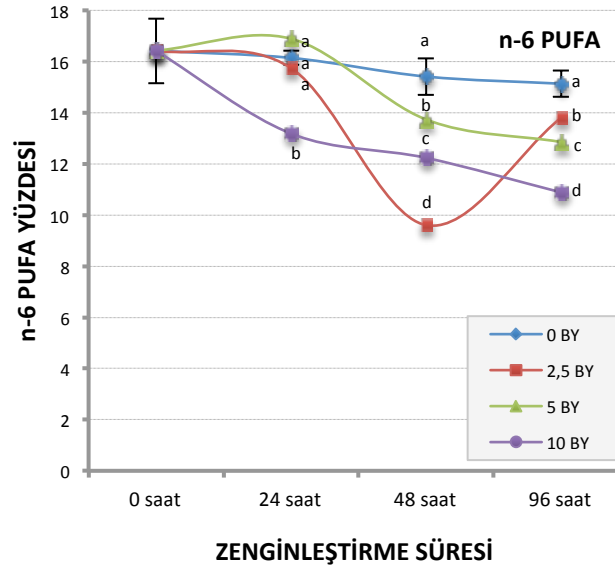
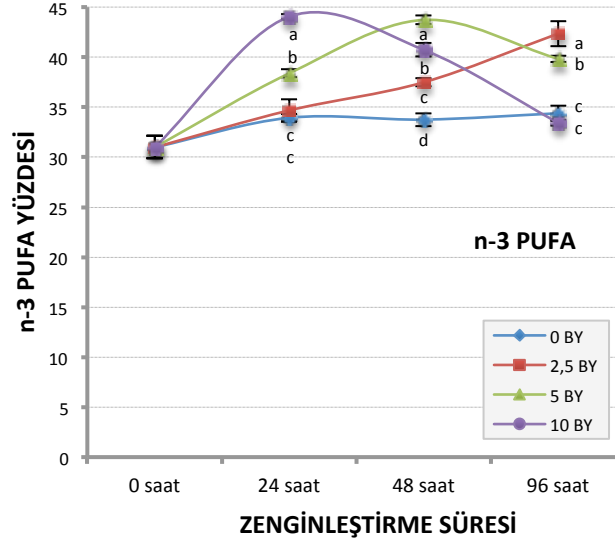
Doz ve Süre için ayrı ayrı yapılan Tek-yönlü ANOVA analizleri ve devamında istatistik fark çıkması durumunda uygulanan Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.16'da ve doğrudan veriler üzerinde harflerle işaretlenmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği üzere, yağ asitleri analizleri için denemenin ilk örnekleme yapıldığı 24'ncü saatte, solucanların SFA içeriklerinin zenginleştirme gruplarında belirgin bir şekilde azaldığı (%18.15'ten %16.23'e doğru), MUFA'ların da benzer bir seyir ile %25.05'ten kademeli olarak %17.95'e doğru indiği görülmüştür ($P < 0.05$). PUFA'ların ise, tersi yönde, zenginleştirme ile birlikte istatistiki olarak yükseldiği (%51.27'den %57.24'e) belirlenmiş olup, bu grupta en yüksek PUFA seviyesi 10/BY solucan grubunda tespit edilmiştir ($P < 0.001$).

24-saat süren zenginleştirmede, solucanların n-6 PUFA'ları azalan bir trendle, 0/BY grubundaki seviye olan %16.15'ten %13.19'a (10/BY) kadar düşmüştür ($P < 0.001$). Bunun tersine, n-3 PUFA'larda zenginleştirme ile istatistiki bir artış gerçekleşmiş ve 0/BY'de %33.94 olan seviye, sırasıyla 2.5BY, 5BY ve 10BY gruplarında %34.68, %38.38 ve %44.05'e yükselmiştir ($P < 0.001$, Şekil 4.11). Analizleri yapılan tüm yağ asitleri içerisinde, 24-saatlik BY-zenginleşmesi ile, en çarpıcı değişim DHA seviyelerinde kaydedilmiştir. Denememizde solucanlardaki bu yağ asidi seviyesi 0/BY grubunda normalde %0.87 olarak ölçülmüş iken, %10 BY ilavesi ile 24-saatlik zenginleştirme süresince, bu seviye 15-katın üzerinde bir artış oranıyla %13.55 gibi çok çarpıcı bir seviyeye çıkartılabılmıştır ($P < 0.001$). Ancak bu süreçte 0/BY, 2.5/BY ile 5/BY grupları arasında DHA seviyeleri açısından istatistiki herhangi bir fark belirlenmemiş ($P > 0.05$), EPA seviyeleri de zenginleştirme işlemine anlamlı bir tepki vermemiştir (Çizelge 4.19, Şekil 4.12).

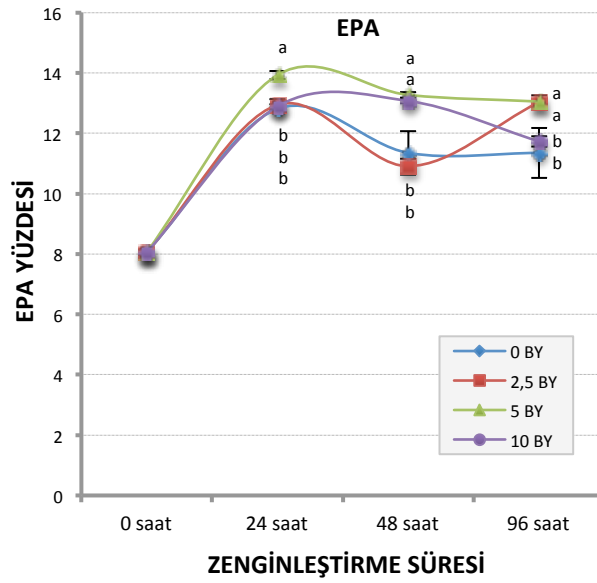
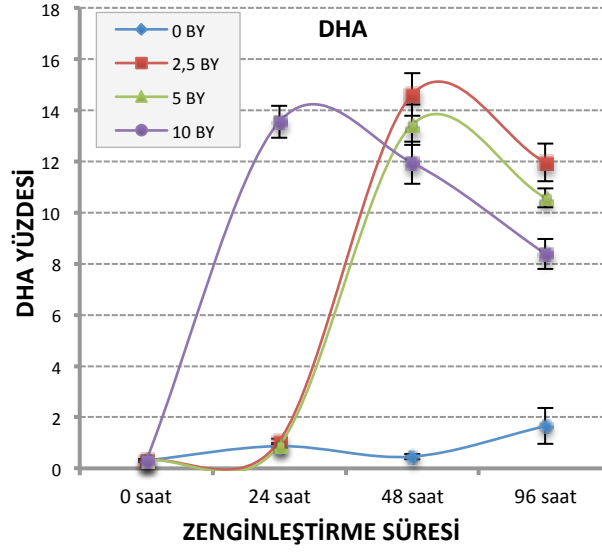
Çizelge 4.19. Balık yağı (BY) ile uygulanan farklı zenginleştirme dozlarının (%0, 2.5, 5 ve 10) kırmızı toprak solucanlarında (*Eisenia fetida*) yağ asitleri üzerine etkilerini gösteren Tek-yönlü ANOVA istatistik analiz sonuçları

YAĞ ASİTLERİ	GRUPLAR ARASI TEK-YÖNLÜ VARYANS ANALİZ SONUÇLARI			
	GRUPLAR/ Zenginleştirme Süreleri			
	0/BY / 24-96'nci Saatler	2.5/BY / 24-96'nci Saatler	5/BY / 24-96'nci Saatler	10/BY / 24-96'nci Saatler
Σ SFA	F=6.84, DF=2, P=0.03	F=87.88, DF=2, P=0.00	F=23.69, DF=2, P=0.00	F=487.55, DF=2, P=0.00
Σ MUFA	F=2.84, DF=2, P=0.14	F=81.39, DF=2, P=0.00	F=37.14, DF=2, P=0.00	F=517.13, DF=2, P=0.00
Σ PUFA	F=3.62, DF=2, P=0.09	F=72.97, DF=2, P=0.00	F=1851.57, DF=2, P=0.00	F=671.63, DF=2, P=0.00
EPA	F=5.26, DF=2, P=0.05	F=90.95, DF=2, P=0.00	F=66.00, DF=2, P=0.07	F=132.66, DF=2, P=0.00
DHA	F=6.51, DF=2, P=0.03	F=371.20, DF=2, P=0.00	F=493.94, DF=2, P=0.00	F=44.79, DF=2, P=0.00
Σ n-3 PUFA	F=1.05, DF=2, P=0.41	F=44.49, DF=2, P=0.00	F=159.63, DF=2, P=0.00	F=480.62, DF=2, P=0.00
Σ n-6 PUFA	F=2.81, DF=2, P=0.14	F=544.72, DF=2, P=0.00	F=129.52, DF=2, P=0.00	F=90.73, DF=2, P=0.00

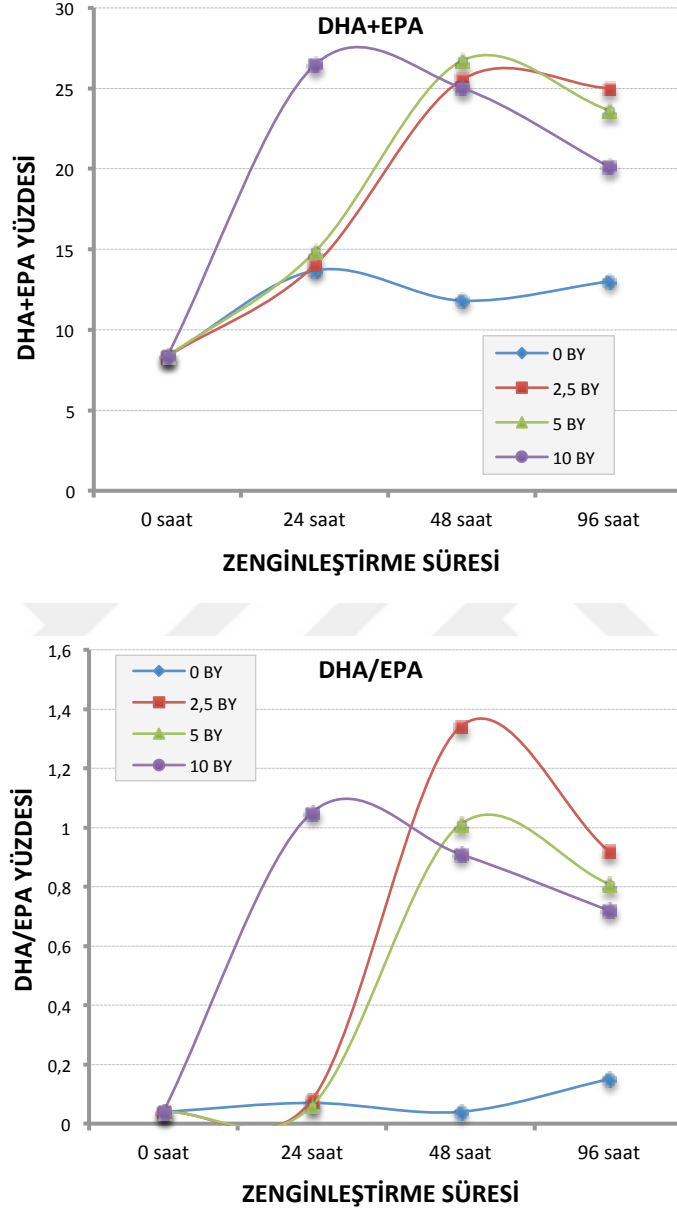
96-saat süren zenginleştirme periyodu sonunda gruplarda ölçülen yetişkin solucan bireylerinde ortalama ağırlık verileri ve istatistik farklılıklar Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Buna göre en yüksek canlı ağırlık kazancı 5/BY grubunda kaydedilmiştir (P<0.01).



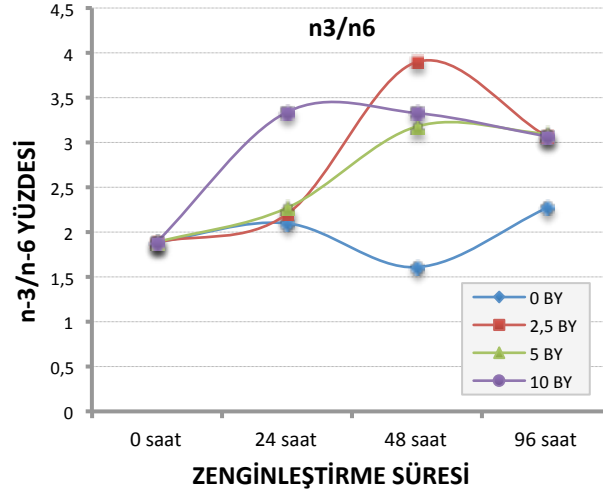
Şekil 4.11. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta BY ile zenginleştirilen toprak solucanlarında n-3 ve n-6 PUFA yağ asitlerinde gerçekleşen değişim



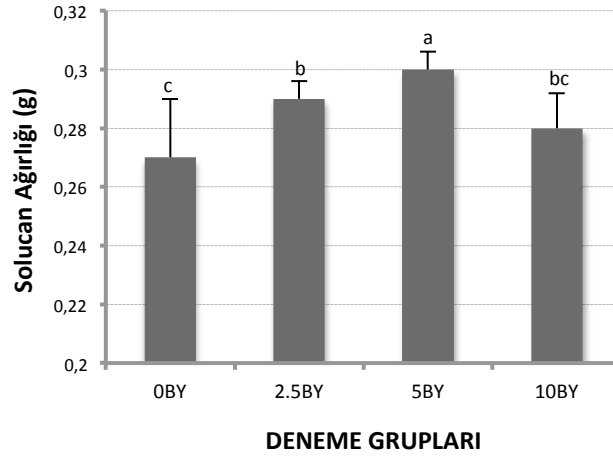
Şekil 4.12. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta BY ile zenginleştirilen toprak solucanlarında DHA ve EPA yağ asitlerinde gerçekleşen değişim



Şekil 4.13. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta BY ile zenginleştirilen toprak solucanlarında DHA+EPA ve DHA/EPA oranlarında gerçekleşen değişim



Şekil 4.14. Dört farklı doz ve dört farklı periyotta S-Presso ile zenginleştirilen toprak solucanlarında n-3 ve n-6 PUFA yağ asitleri oranında gerçekleşen değişim



Şekil. 4.15. Denemede 96-saatlik bir zenginleştirme neticesinde solucanların ulaştıkları ağırlık ortalamaları (g). Her sütun bir ortalama \pm standart sapmayı göstermektedir. Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistik olarak birbirlerinden farklıdır ($P < 0.05$)

4.5. V. DENEME

Toprak Solucanı Ununun Protein Kaynağı Olarak Karides (*Penaeus vannamei*) Yemlerinde Kullanımı

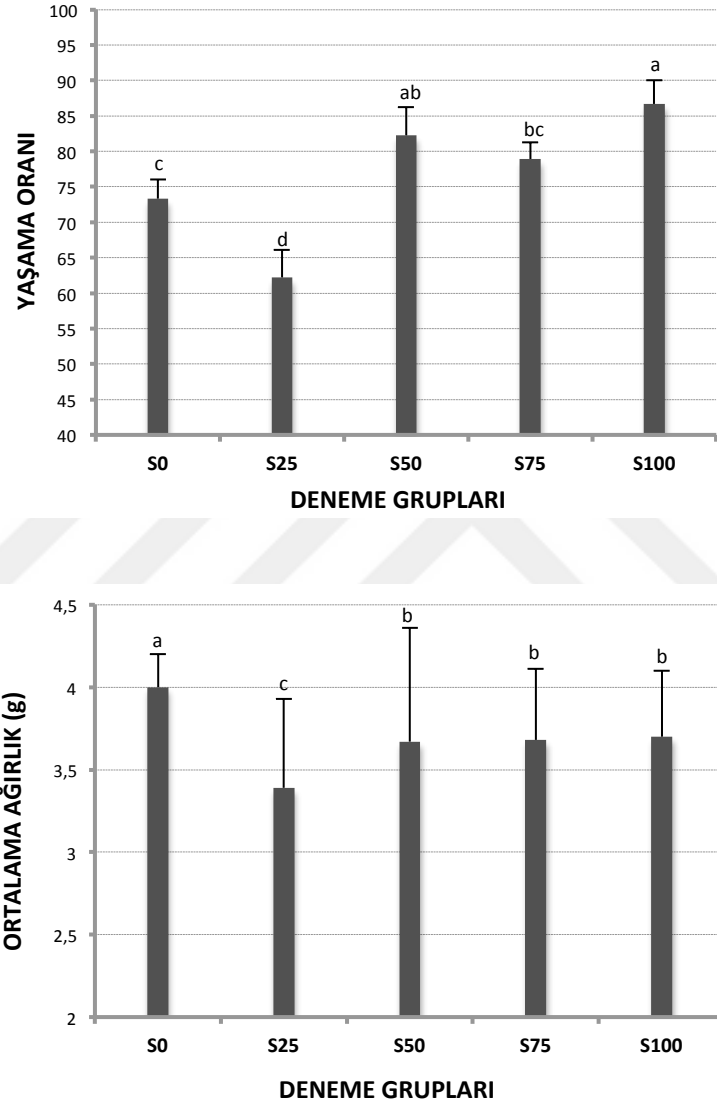
Farklı oranlarda solucan unu (SU) ile ikame edilmiş yemlerle 5-hafta süreyle beslenen karideslerde deneme sonu büyüme ve yem tüketim performans verileri Çizelge 4.20'de özetlenmiştir. Deneme başlangıç ağırlıkları 1.85 g olan yavru karidesler, bu süreçte yüksek olarak kabul edilebilecek yaşama oranlarıyla (%62.22 - %86.77) ortalama 3.39 ile 4 g ağırlıklara ulaştırılabilmişlerdir (Şekil 4.17). Bu süreçte, en yüksek yaşama oranı %86.67 ile S100 (%100 SU) grubunda, en düşük yaşama oranı ise S25 grubunda gerçekleşmiştir (F = 24.54, P<0.001) (Çizelge 4.20 ve Şekil 4.16). En yüksek deneme sonu ağırlık ortalaması S0'da 4 g, S50-S100'de 3.67-3.70 g ve en düşük ise S25'te 3.39 olarak belirlenmiştir (P<0.001).

Çizelge 4.20. Farklı oranlarda solucan unu içeren yemlerle beslenen Pasifik beyaz karidesinde büyüme ve yem performans parametreleri. Her değer bir ortalama \pm standart sapmayı ifade etmektedir. Her satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiki olarak birbirlerinden farklıdır (P<0.001)

DENEME GRUPLARI					
PARAMETRELER	S0	S25	S50	S75	S100
Deneme Sonu Ağırlığı (g)	4.00 \pm 0.07 ^A	3.39 \pm 0.22 ^C	3.67 \pm 0.07 ^B	3.68 \pm 0.08 ^B	3.70 \pm 0.04 ^B
Yaşama Oranı (%)	73.33 \pm 2.67 ^C	62.22 \pm 3.85 ^D	82.22 \pm 4.00 ^{AB}	78.89 \pm 2.34 ^{BC}	86.67 \pm 3.34 ^A
Toplam Biyomas (g)	263.99	189.83	271.57	261.28	288.61
YÇÖ	1.60 \pm 0.09 ^A	2.25 \pm 0.21 ^C	1.81 \pm 0.07 ^{AB}	1.93 \pm 0.14 ^B	1.91 \pm 0.16 ^B
SBO (%/gün)	2.19 \pm 0.05	1.72 \pm 0.19	1.94 \pm 0.05	1.95 \pm 0.06	1.97 \pm 0.03

SBO açısından da sıralama benzer şekilde S0 (%2.19/gün), S50-100 (%1.81-1.91/gün) ve son olarak S25 (%1.72/gün) şeklinde gerçekleşmiş, ancak gruplar arasında istatistik bir farklılık belirlenememiştir (F = 2.62, P<0.05). Gruplar toplam biyomas (hayatta kalan bireyler x ortalama ağırlık) açısından kıyaslandığında, en yüksek biyomasın S100'de (288 g) görüldüğü, bu açıdan diğer grupların sıralamasının ise S0 (264 g), S50 (272 g), S75 (262 g) ve son olarak S25 (190 g)

olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.20). YÇO hesaplamaları, bu değerin 1.60 ile 2.25 arasında değiştiğini ve sıralamanın $S0 \leq S50 \leq S100 \leq S75 < S25$ olduğunu göstermiştir ($F = 7.32, P < 0.01$).



Şekil 4.16. Farklı oranlarda solucan unu ikamesi ile beslenen pasifik beyaz karidesinde deneme sonu yaşama oranları (üstte) ve ağırlıkça büyüme değerleri (altta). Her sütun bir ortalama \pm standart sapmayı göstermektedir



Şekil 4.17. Deneme sonunda karideslerin ulaştıkları boyut ve genel görünüm. Bu fotoğraftaki karidesler %100 solucan unu ikame edilmiş yemle beslenen bireylerden oluşmaktadır

Deneme yemlerinde kullanılan iki hammaddenin (SU ve BU) yağ asitleri profilleri kıyaslandığında; SFA'lar açısından balık ununun (BU, %33.03) solucan ununa (SU, %15.86) kıyasla çok daha zengin olduğu ortaya çıkmıştır (özellikle C14:0 ve C16:0 açısından) (Çizelge 4.21, Şekil 4.19). MUFA'larca, her iki hammadde de benzer olmakla birlikte, BU'nun C16:1n-7 (%4.16) ve C18:1n-9 (%15.25), SU'nun ise C18:1n-7 (%11.26), C14:n-1 (%2.56) açısından zengin olduğu görülmektedir (Şekil 4.20). BU'da mevcut olmayan, ancak SU'da bulunan yağ asitleri olarak C10:1, C12:1n-3 ve C12:1n-5 yağ asitleri dikkat çekmiştir.

Toplam PUFA açısından SU'nun (%53.83) BU'dan (%41.26) daha zengin olduğu, detaya inildiğinde de, DHA haricindeki hemen hemen tüm bireysel PUFA yağ asitlerince SU'nun BU'dan daha zengin olduğu görülmektedir (Çizelge 4.21, Şekil 4.21). Bunlar içerisinde en önemlileri C18:2n-6 (%13.45), C18:3n-3 (%9.31), C20:2n-6 (%2.67), C20:3n-3 (%8.96) ve C20:5n-3 (EPA, %12.58) sayılabilir. BU'nun içerdiği en yüksek PUFA'nın ise açık ara farkla DHA (%23.19) olduğu belirlenmiştir ($P < 0.001$). Toplam n-3 PUFA'larca her iki hammadde birbirine benzer (%33-36)

çıkışmış, ancak n-6 PUFA'lar açısından ise, SU (%20.01)'nin BU'ya göre (%4.37) çok daha zengin olduğu anlaşılmıştır. BU'da n-3/n-6 oranı 8.32 çıkarken, bu oran SU'da 1.65 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.21. Denemede kullanılan balık unu (BU), toprak solucanı unu (SU) ve beş farklı oranda SU içeren yemlerin yağ asitleri profili (%). S0: %0 SU, S25: %25 SU, S50: %50 SU, S75: %75 SU ve S100: %100 SU içeriğini ifade etmektedir. Her değer bir ortalama (n = 3) ± standart sapmadır

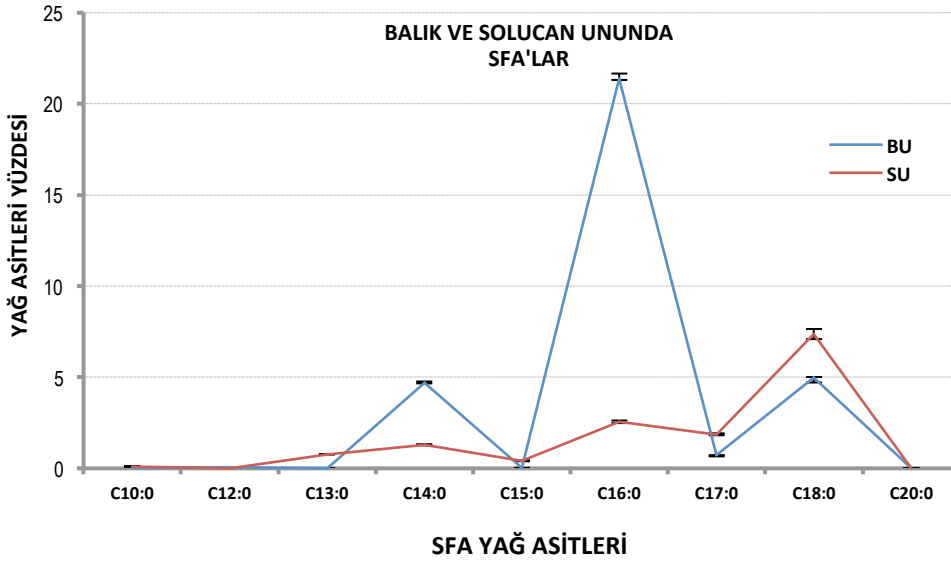
Yağ Asitleri	HAMMADDE				YEM GRUPLARI*			
	BU	SU	S0	S25	S50	S75	S100	
C10:0	0.02±0.01	0.10±0.02	n.d.	0.03±0.00	0.04±0.00	0.05±0.01	0.04±0.00	
C12:0	0.05±0.00	n.d.	0.05±0.00	0.12±0.01	0.08±0.06	0.24±0.01	0.30±0.03	
C13:0	n.d.	0.77±0.00	n.d.	n.d.	0.13±0.01	n.d.	n.d.	
C14:0	4.69±0.08	1.29±0.03	3.39±0.06 ^B	3.53±0.04 ^A	3.50±0.03 ^A	3.25±0.04 ^C	2.87±0.01 ^D	
C15:0	0.03±0.00	0.41±0.02	0.07±0.00	0.06±0.05	0.07±0.06	0.14±0.01	0.14±0.03	
C16:0	21.38±0.29	2.55±0.08	19.08±0.30 ^A	16.82±0.05 ^B	16.19±0.10 ^B	15.24±0.09	13.67±0.04	
C17:0	0.71±0.01	1.86±0.06	0.51±0.01	0.50±0.00	0.49±0.00	0.44±0.01	0.39±0.00	
C18:0	4.99±0.02	7.37±0.28	4.27±0.08 ^A	4.01±0.04 ^B	3.85±0.07 ^C	3.51±0.07 ^D	3.14±0.03 ^E	
ΣSFA	33.03±0.47	15.86±0.18	28.10±0.46^A	25.95±0.18^B	25.06±0.29^C	23.54±0.31^D	21.22±0.14^E	
C10:1	n.d.	1.24±0.02	n.d.	0.06±0.00	0.11±0.01	0.21±0.01	0.28±0.04	
C12:1n-3	n.d.	2.97±0.06	n.d.	0.16±0.00	0.28±0.02	0.52±0.01	0.68±0.09	
C12:1n-5	n.d.	1.03±0.01	n.d.	0.06±0.00	0.10±0.01	0.19±0.00	0.25±0.02	
C14:1n-1	0.22±0.00	2.56±0.08	0.17±0.00	0.28±0.00	0.35±0.00	0.50±0.00	0.58±0.02	
C15:1n-1	0.15±0.01	1.43±0.04	0.12±0.01	0.15±0.00	0.21±0.00	0.27±0.02	0.29±0.01	
C16:1n-7	4.16±0.07	0.79±0.11	3.07±0.06 ^B	3.21±0.02 ^A	3.23±0.00 ^A	2.95±0.03 ^C	2.67±0.06 ^D	
C17:1n-7	0.50±0.01	0.74±0.17	0.38±0.01	0.40±0.01	0.36±0.04	0.40±0.01	0.29±0.06	
C18:1n-7	2.51±0.00	11.26±0.26	2.20±0.03 ^E	2.32±0.02 ^D	2.46±0.09 ^C	2.86±0.00 ^B	3.07±0.01 ^A	
C18:1n-9	15.25±0.11	2.91±0.02	16.01±0.29	16.79±0.04	16.72±0.19	16.36±0.06	15.73±0.01	
C20:1n-9	0.72±0.02	0.44±0.32	0.92±0.01	1.08±0.02	1.20±0.01	1.08±0.01	1.16±0.02	
C20:1n-11	0.77±0.01	n.d.	0.64±0.00	0.80±0.01	0.84±0.02	0.80±0.01	0.77±0.01	
C22:1n-9	0.57±0.39	0.67±0.01	0.08±0.00	0.25±0.22	0.12±0.00	0.11±0.01	0.14±0.00	
ΣMUFA	24.84±0.20	26.11±0.52	24.15±0.39^B	25.57±0.11^A	25.97±0.36^A	26.26±0.16^A	25.91±0.28^A	
C16:2n-4	0.53±0.01	0.81±0.03	0.35±0.01	0.39±0.00	0.40±0.01	0.43±0.01	0.40±0.02	
C18:2n-6	2.23±0.02	13.45±0.21	20.88±0.14 ^C	20.00±0.09 ^{CD}	19.62±0.12 ^D	23.06±0.25 ^B	24.33±0.68 ^A	
C18:3n-3	0.67±0.03	9.31±0.40	1.94±0.06	1.89±0.00	1.84±0.05	1.86±0.02	1.88±0.03	
C18:3n-6	1.05±0.01	0.26±0.01	0.79±0.01	0.84±0.01	0.84±0.02	0.71±0.01	0.66±0.00	
C20:2n-6	0.26±0.00	2.67±0.09	0.19±0.00	0.26±0.00	0.31±0.01	0.42±0.01	0.48±0.01	
C20:3n-3	1.98±0.09	8.96±0.27	1.39±0.02 ^E	1.91±0.01 ^D	2.21±0.02 ^C	2.56±0.02 ^B	2.99±0.02 ^A	

C20:3n-6	0.37±0.00	2.04±0.05	0.37±0.01	0.43±0.00	0.46±0.02	0.57±0.01	0.66±0.02
C20:4n-6	0.46±0.01	1.59±0.07	0.43±0.01	0.47±0.00	0.52±0.00	0.49±0.04	0.60±0.03
C20:5n-3	8.65±0.19	12.58±0.49	5.39±0.10 ^C	5.95±0.04 ^B	6.18±0.17 ^B	6.13±0.01 ^B	6.83±0.07 ^A
C22:5n-3	1.88±0.74	1.54±0.28	1.57±0.36	1.59±0.05	1.85±0.14	1.41±0.11	1.67±0.16
C22:6n-3	23.19±0.11	0.63±0.05	13.56±0.45 ^A	14.15±0.06 ^A	14.02±0.46 ^A	11.74±0.02 ^B	11.58±0.15 ^B
∑PUFA	41.26±0.29	53.83±0.39	46.86±0.23^D	47.86±0.08^{CD}	48.26±0.78^{BC}	49.38±0.15^B	52.08±0.78^A
∑n-3 PUFA	36.36±0.32	33.07±0.02	23.84±0.63^C	25.48±0.06^{AB}	26.10±0.56^A	23.70±0.11^C	24.95±0.12^B
∑n-6 PUFA	4.37±0.03	20.01±0.41	22.67±0.39^C	21.99±0.14^C	21.76±0.23^C	25.25±0.27^B	26.73±0.67^A
∑n-3/n-6 PUFA	8.32	1.65	1.05	1.16	1.20	0.94	0.93
∑DHA+EPA	31.84	13.21	18.95	20.09	20.21	17.87	18.46
∑DHA/EPA	2.68	0.05	2.51	2.38	2.27	1.92	1.68

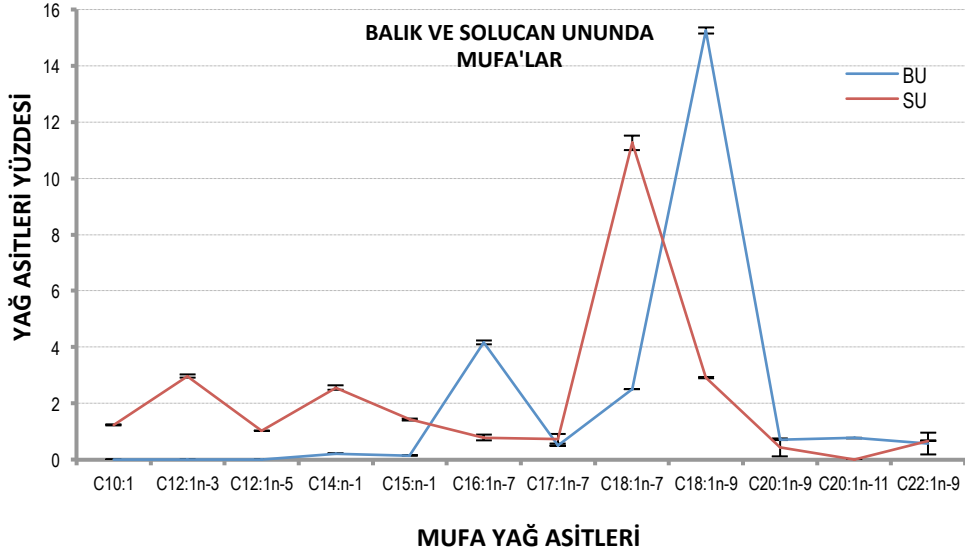
Her satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiki olarak birbirlerinden farklıdır (P<0.05). Satırlarda harflendirilmemiş ortalamalar arasında istatistiki fark bulunmamıştır (P>0.05). Çizelgede n.d. ile işaretlenmiş olan yağ asitleri analizlerde belirlenememiştir

* Yem Gruplarında Tek-yönlü varyans analizi F ve P değerleri:

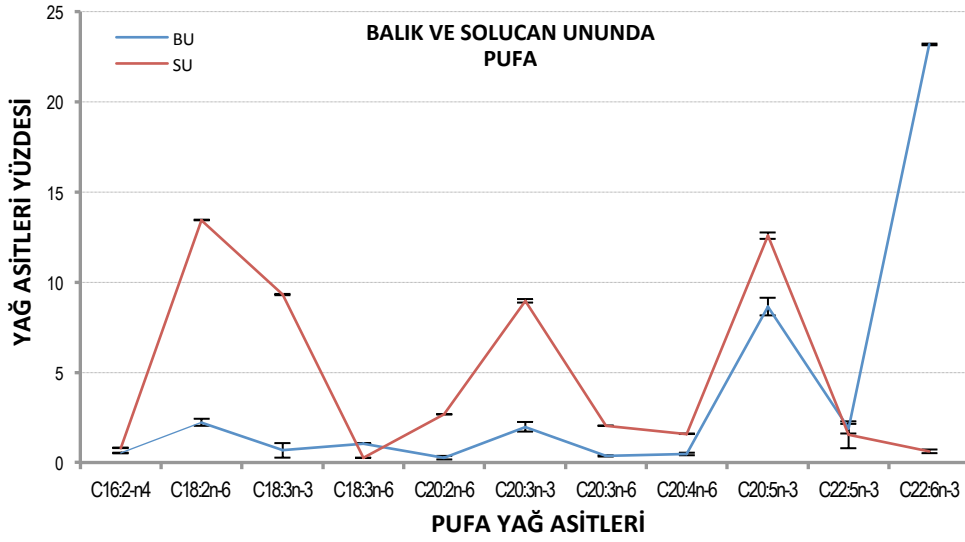
SFA'larda F = 149.49, P = 0.00; MUFA'larda F = 17.87, P = 0.00; PUFA'larda F = 30.69, P = 0.00; n-3 PUFA'larda F = 14.62, P = 0.01; n-6 PUFA'larda F = 64.65, P = 0.00.



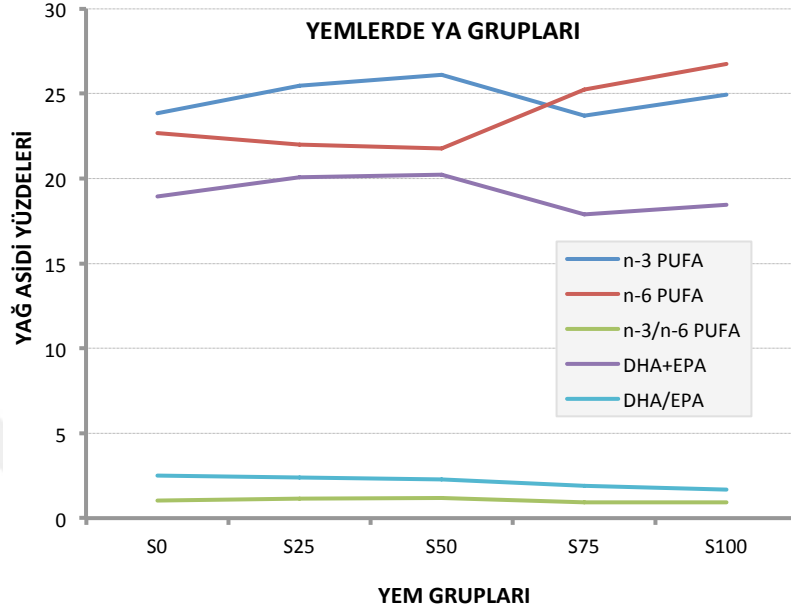
Şekil 4.19. Deneme yemlerinde hammadde olarak kullanılan balık unu (BU) ve solucan ununda (SU) SFA yağ asitleri içeriği. Her nokta bir ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir



Şekil 4.20. Deneme yemlerinde hammadde olarak kullanılan balık unu (BU) ve solucan ununda (SU) MUFA yağ asitleri içeriği. Her nokta bir ortalama \pm standart sapmayı ifade etmektedir



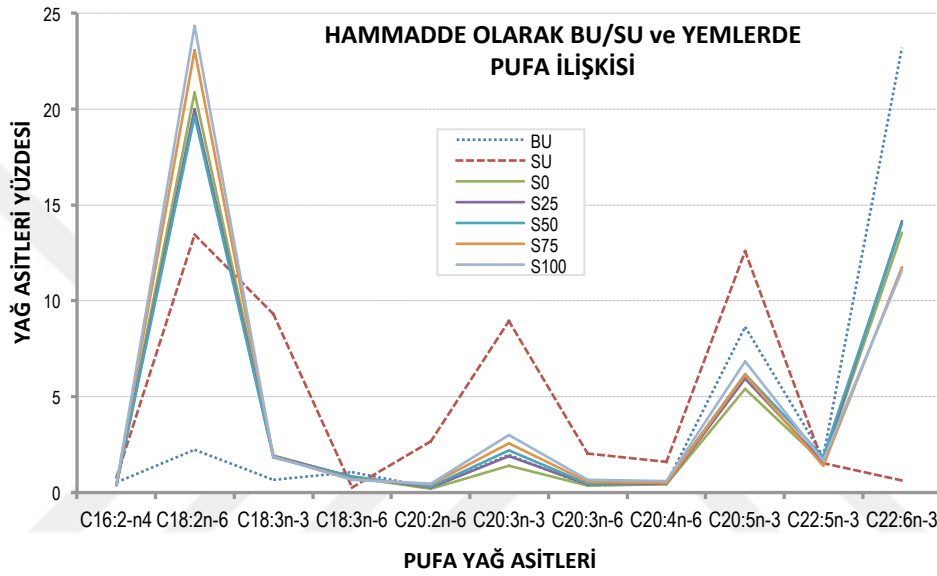
Şekil 4.21. Deneme yemlerinde hammadde olarak kullanılan balık unu (BU) ve solucan ununda (SU) PUFA yağ asitleri içeriği. Her nokta bir ortalama \pm standart sapmayı ifade etmektedir



Şekil 4.22. Denemede kullanılan beş farklı yemde belirlenen yağ asitleri ve gruplarının yüzde seviyeleri

Deneme yemlerinin yağ asitleri profilleri Çizelge 4.21’de ve Şekil 4.22’de kıyaslanmış ve genel olarak bazı farklılıklara rağmen, yemler arasında (yağ asitleri açısından) çok büyük farklar kaydedilmemiştir. Deneme yemlerinde, SFA açısından S0 yeminin diğerlerinden daha yüksek SFA (%28.10) içerdiği, SU-katkı oranının artışıyla birlikte yemlerdeki SFA oranının da azaldığı görülmüştür ($P<0.05$). SFA’ların tersine, büyük farklılık olmamasına rağmen, S0 yeminin SU-katkılı yemlerden daha düşük oranda MUFA içerdiği ($P<0.05$), gerek n-3 PUFA gerekse n-6 PUFA’larca SU katkılı yemlerin bu yağ asitlerini biraz daha yüksek oranlarda içerdikleri belirlenmiştir. EPA değerleri %5.39 ile %6.93 arasında değişmiş ve SU katkılı yemlerin bu yağ asidince daha zengin, DHA ise %11.58 ile %13.56 arasında değişmiş ve BU-içeren kontrol yeminin diğerlerine kıyasla daha zengin olduğu anlaşılmıştır. Deneme yemlerinin n-3/n-6 oranları 0.93 ile 1.2 arasında, DHA/EPA oranları da 2.68 ile 2.51 arasında değişmiştir.

Yemlere eklenen her iki hammadde olan BU ile SU'nun yağ asitleri içeriklerinin yemlerde belirlenen yağ asitleriyle paralellik gösterdiği net olarak Şekil 4.23'te görülmektedir. Buna göre, gerek BU gerekse SU'nun içerdiği yağ asitlerinde belirlenen azalış ve yükselişler doğrudan doğruya yemlerde belirlenen aynı yağ asitlerinin seviyelerine yansıma yapmıştır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Balık unu (BU), solucan unu (SU) ve bu hammaddelerle formüle edilen yemler arasındaki PUFA yağ asitleri ilişkisi. S0: %0 SU, S25: %25 SU, S50: %50 SU, S75: %75 SU ve S100: %100 SU içeriğini ifade etmektedir

Deneme yemleri ile beslenen grupların yağ asitleri profilleri Çizelge 4.22'de özetlenmiştir. Yemlerdeki yağ asitleri profillerinin neredeyse tamamının karideslerin et dokusundaki yağ asitleri profillerine yansıma yaptığı çok açık olarak Şekil 4.24'te görülmektedir. Yemlerde özellikle C18:2n-6, C20:3n-3, C20:5n-3 ve C22:n-6'da görülen pikler ve diğerlerindeki düşmeler olduğu gibi kaslarda da kaydedilmiştir.

Et dokuda incelenen SFA'lar yemlerdeki SU katkısının artışıyla birlikte dokularda istatistik olarak düşme eğilimi göstermiştir ($P < 0.05$). SFA'lar içerisinde en belirgin farklılık (deneme yemlerinde olduğu gibi) özellikle C16:0'da belirlenmiş olup, bu yağ asidinde seviye S0'da %20.80 iken, bu rakam S100'de %15.97'ye kadar gerilemiştir ($P < 0.01$).

İstatistik fark belirlenmiş olmasına rağmen, aslında deneme gruplarında kas MUFA içerikleri açısından büyük farklılıklar görülmemiş olup, bu yağ asitlerinde sadece C18:1n-9'da gruplar arasında bir farklılık belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Farklı oranlarda toprak solucanı unu (SU) içeren yemle beslenen Pasifik beyaz karidesinde (*Penaeus vannamei*) et doku yağ asidi içerikleri (%). S0: %0 SU, S25: %25 SU, S50: %50 SU, S75: %75 SU ve S100: %100 SU içeriğini ifade etmektedir. Her değer bir ortalama (n = 3) ± Standart sapmadır

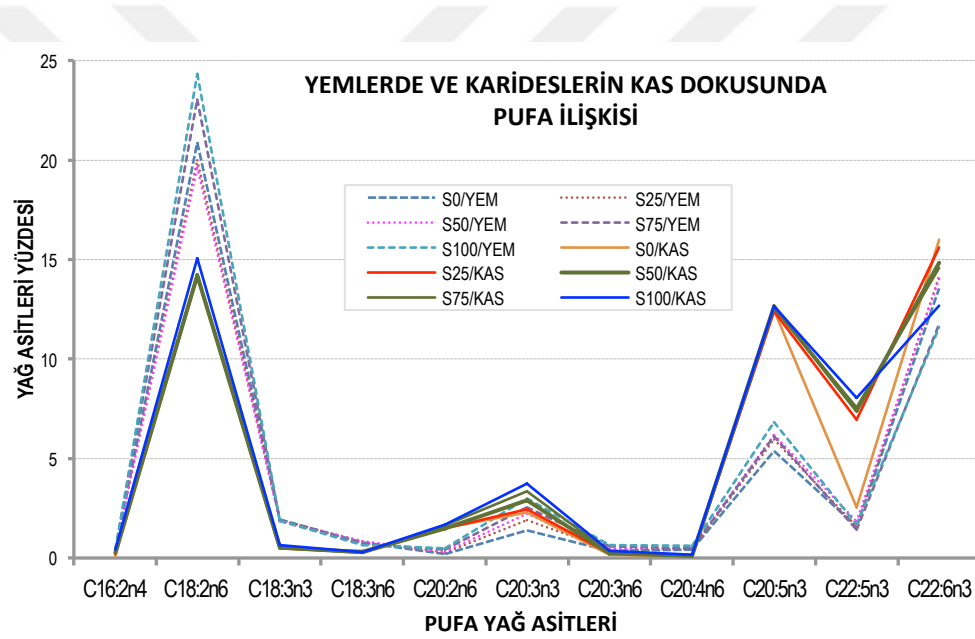
YAĞ ASİTLERİ	DENEME GRUPLARI *				
	S0	S25	S50	S75	S100
C14:0	0.22±0.01	0.20±0.00	0.17±0.01	0.16±0.00	0.26±0.01
C16:0	20.80±0.28 ^a	19.76±0.70 ^a	18.05±0.59 ^b	17.43±0.43 ^b	15.97±0.01 ^c
C17:0	1.55±0.02	1.58±0.06	1.65±0.04	1.74±0.03	1.78±0.03
C18:0	11.33±0.23	10.93±0.69	10.87±0.25	10.75±0.07	10.93±0.06
ΣSFA	34.22±0.12^a	32.71±1.49^{ab}	31.01±0.88^{bc}	30.36±0.54^c	29.16±0.04^c
C14:1n-9	n.d.	0.03±0.00	0.04±0.00	0.05±0.00	0.10±0.00
C15:1-9	0.07±0.01 ^d	0.07±0.00 ^d	0.10±0.00 ^c	0.13±0.00 ^b	0.17±0.00 ^a
C16:1n-7	0.59±0.11	0.57±0.05	0.51±0.02	0.33±0.22	0.51±0.00
C17:1n-7	0.13±0.01	0.26±0.02	0.28±0.04	0.17±0.00	0.35±0.01
C18:1n-7	2.35±0.10	2.22±0.11	2.18±0.07	2.32±0.05	2.26±0.00
C18:1n-9	12.81±0.51 ^a	11.82±0.42 ^b	11.76±0.16 ^b	11.37±0.23 ^{bc}	10.68±0.12 ^c
C20:1n-9	0.09±0.05	0.10±0.00	n.d.	n.d.	n.d.
C20:1n-11	0.55±0.01	0.49±0.05	0.47±0.05	0.49±0.01	0.47±0.00
C22:1n-9	n.d.	0.06±0.03	n.d.	0.05±0.07	n.d.
ΣMUFA	16.53±0.65^a	15.64±0.58^{ab}	15.34±0.20^b	14.90±0.02^b	14.55±0.24^b
C16:2n-4	0.10±0.02 ^e	0.20±0.00 ^d	0.26±0.01 ^c	0.34±0.00 ^b	0.41±0.00 ^a
C18:2n-6	14.18±0.29	14.20±0.39	14.20±0.12	14.27±0.25	15.08±0.06
C18:3n-3	0.50±0.01	0.50±0.04	0.51±0.04	0.53±0.00	0.65±0.00
C18:3n-6	0.37±0.01	0.31±0.02	0.29±0.01	0.26±0.00	0.28±0.01
C20:2n-6	1.53±0.02	1.49±0.10	1.47±0.05	1.66±0.03	1.69±0.02
C20:3n-3	2.29±0.05 ^d	2.44±0.16 ^d	2.89±0.02 ^c	3.34±0.12 ^b	3.73±0.05 ^a
C20:3n-6	0.18±0.01	0.23±0.03	0.24±0.02	0.28±0.02	0.35±0.01
C20:4n-6	0.08±0.00	0.09±0.01	0.11±0.00	0.13±0.03	0.16±0.01
C20:5n-3	12.47±0.15	12.39±0.95	12.64±0.72	12.57±0.14	12.64±0.35
C22:5n-3	2.55±0.05 ^c	6.96±0.12 ^b	7.40±0.68 ^{ab}	7.56±0.36 ^{ab}	8.05±0.25 ^a

C22:6n-3	16.00±0.61 ^a	15.62±0.31 ^{ab}	14.84±0.66 ^b	14.58±0.08 ^b	12.69±0.13 ^c
∑PUFA	50.25±0.76^b	54.43±1.89^a	54.85±0.69^a	55.51±0.75^a	55.74±0.23^a
∑n-3 PUFA	33.82±0.45 ^b	37.91±1.34 ^a	38.28±0.72 ^a	38.58±0.54 ^a	37.76±0.18 ^a
∑n-6 PUFA	16.33±0.29 ^b	16.32±0.55 ^b	16.31±0.04 ^b	16.60±0.21 ^b	17.57±0.05 ^a
∑n-3/n-6 PUFA	2.07	2.32	2.35	2.32	2.15
∑DHA+EPA	28.48	28.02	27.48	27.16	25.33
∑DHA/EPA	1.28	1.26	1.17	1.16	1.00

Her satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistik olarak birbirlerinden farklıdır (P<0.05).

* Deneme Gruplarında kaslardaki yağ asitlerinde Tek-yönlü varyans analizi F ve P değerleri:

SFA'larda; F = 12.14, P = 0.00; MUFA'larda F = 6.27, P = 0.035; PUFA'larda F = 9.71, P = 0.01; n-3 PUFA'larda F = 13.47, P = 0.007; n-6 PUFA'larda F = 6.83, P = 0.03



Şekil 4.24. Deneme yemlerinde ve bu yemlerle 5-hafta süreyle beslenen karideslerin kas dokularında ölçülen PUFA yağ asitleri ilişkisi. SU: Solucan unu. S0: %0 SU, S25: %25 SU, S50: %50 SU, S75: %75 SU ve S100: %100 SU içeren yemleri, S0/Kas, S25/Kas, S50/Kas, S75/Kas ve S100/Kas ise bu yemlerle beslenen karides gruplarını ifade etmektedir

PUFA'lar açısından, SU katkısının artışı ile kas dokularındaki bu yağ asitlerinin seviyelerinde belirgin bir artış gözlenmiş [%50.25'ten (S0'da) %55.74'e kadar (S100'de)], özellikle SU-katkılı yemlerle beslenen grupların tamamında da S0 yemi ile beslenenlere kıyasla daha yüksek n-

3 PUFA seviyeleri kaydedilmiştir ($P < 0.001$). Bu gruplarda n-3 PUFA seviyeleri %37.91 ile %38.78 arasında değişirken, bu oran S0'da %33.82'de kalmıştır. Kas dokuda n-3/n-6 oranı SU katkılı yemlerle beslenen gruplarda 2.15-2.32 arasında, S0'da ise 2.07 olarak hesaplanmıştır. DHA/EPA oranı ise tam tersine S0'da 1.28, diğer S25-S100 gruplarında 1.00-1.26 olarak belirlenmiştir.





5. TARTIŞMA

5.1. Farklı Kompostların *Eisenia fetida*'nın Büyüme, Üreme ve Vermikompost Üretimi Üzerine etkileri

Toprak içerisinde bulunan mikro-organizmaların solucanların beslenmesinde önemli rollere sahip oldukları, bilhassa fungusların ve ikincil derecede de protozoa ve bakterilerin solucanlar tarafından besin olarak değerlendirildikleri, ancak bunların hepsini karışımlarının aynı anda ortamda olmasının büyüme açısından daha yararlı olduğu bildirilmektedir (Edwards 1985). Toprak solucanları genellikle çürümekte olan organik atıklardan özellikle de büyükbaş, küçükbaş, tavuk, domuz ve at gübreleri üzerinde basit üretim teknikleriyle yoğun bir şekilde üretilebilmektedir. Basit bazı ön-hazırlıklarla çok geniş bir organik atık yelpazesinden (mutfak atıkları, tarımsal atıklar, hayvan atıkları, yeşil yapraklar, vb.) solucanlara yem karmaları (kompost) hazırlanabilmesi mümkündür.

Kırmızı toprak solucanı (*E. fetida*) yetiştiren büyük işletmelerin neredeyse tamamı kompost hazırlamak için hammadde olarak fermente edilmiş hayvan gübresi (çoğunlukla inek gübresi) kullanır. Çiftlikten alınan gübre dışarda açık havada ya da betonarme tanklar içerisinde genellikle 60-70 cm'lik yığınlar haline getirilir. Yakma işlemleri dışarda yapılacaksa yığının üzeri naylon bir örtü örtülür ancak gübrenin yine de hava almasının sağlanması gerekir. Kompostlama işlemi, nemli tutulan ve havalandırılan karışık organik atıklarda doğal olarak bulunan, kendiliğinden çoğalan mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Başlangıçta çoğunlukla bakteri olan bu organizmaların çoğalması sırasında ısı, CO₂ ve su buharı açığa çıkar. Eğer ısının açığa çıkması, ısı kaybından hızlı ise sıcaklık yükselir, ısıya karşı duyarlı organizmalar ölür ve ısıya karşı dayanıklı bakteriler çoğalır. Fermantasyon esnasında gübre yığınlarının 2-3 güne bir su ile ıslatılması ve her gün karıştırılarak havalandırılması gerekir. Bu aşamalarda gübreye çay posası, kahve telvesi, muz kabuğu gibi solucanların yemekten hoşlandığı bitkisel besin maddeleri ilave edilir. Ticari tesislerde tercih edilen oran %70 büyükbaş hayvan gübresi ve %30 ise bitkisel ve gıda atıkları (çimler, bitki yaprakları, sebze meyve kalıntıları, ince talaş veya kağıt karton kıyımları, sap, saman ve çay posası vb.) şeklindedir. Yüksek sıcaklıklar bazı besin bileşikleri ve yararlı organizmalara

zarar vereceği için, fermantasyon işlemi esnasında kompostun sıcaklığının 70°C ve üzerine çıkmasına izin verilmez. Tez çalışmalarımız esnasında bir ara kompost içerisinde net olarak kokon ve yavru üretim performanslarının belirlenebilmesi amacıyla 110°C sıcaklık ve 0.5 Bar basınç altında 30 dk süreyle kompost sterilize edilmiş ve ardından oda sıcaklığına (24°C) indirilen kompost içerisine stoklanan solucanlarda ciddi mortalite görülmüştür. Bunun sebebinin kompost içerisindeki tüm mikro-organizmaların yüksek ısıda yok edilmesi ve daha da önemlisi olası bazı toksik maddelerin ortaya çıkmasıyla ilgili olabilir (Kişisel Gözlemler, Beksarı 2017).

Kompost içine katılan bitkisel atıklar belli bir süre sonra nem ve uygun mikrobiyolojik aktivitelere dolayısıyla fermantasyona uğrayarak solucanlar tarafından tüketilmeye daha uygun hale geleceklerdir. Solucan kompostunun en ideal hazırlanma şeklinin %70 fermente edilmiş hayvan gübresi ile %30 bitkisel karışım olduğu düşünülmektedir. Hazırlanan kompost solucanlara verilmeden önce eğer bitkisel atıklar henüz ilave edilmemişse, bu aşamada bunlar da ilave edilir ve elde edilen karışım gereken nem oranı sağlandıktan sonra solucan tanklarına aktarılır. Bu tez çalışmamızda, ülkemizde herkesin uyguladığı rutin kompost karışımlarının dışında farklı hayvansal gübreler (büyükbaş, koyun, at ve tavuk gübresi) ile bitkisel (çay posası) ve diğer bazı atıkların (gazete kağıdı ve tavuk yumurtası kabuğu) karışımlarının solucanların büyüme ve üreme performansları ve ilaveten de vermikompost üretimi üzerine etkilerini araştırmak ve tezin ilerleyen bölümlerinde yürütülecek olan denemeler için standart bir yetiştiricilik protokolü oturtmak amacıyla 1. DENEME yürütülmüştür. Çukurova Üniversitesi kampüs alanında bulunan tesislerden (sığır, koyun, tavuk ve atçılık üniteleri) temin edilen olgunlaşmış tüm hayvansal gübreler ile beraber evsel çay posası belli oranlarda tartılıp karıştırıldıktan sonra %60-70 civarına kadar nemlendirilmiş ve ardından da 2-3 gün boyunca düzenli olarak karıştırılıp-bekletildikten sonra deneme tanklarında kompost olarak kullanılmışlardır. Bu denemede test edilen kompost karışımlarından özellikle koyun gübresi içeren C grubu, doğrudan solucanlar üzerinde sorunlar yaratarak yüksek mortaliteye neden olmuştur. Burada, koyun gübresinin özellikle temin edildiği işletmede büyük olasılıkla idrar ve diğer istenmeyen atıklarla olumsuz bir kimyasal yapıya dönüşmüş olabileceği ihtimali düşünülmüştür. Esasında koyun gübresinin uygun bir kompost gübresi olabileceği bazı araştırmalarda belirlenmiştir. Örneğin Garg ve ark (2005) yaptıkları bir çalışmada sığır,

bufalo, at, eşek, koyun, keçi ve deve gübrelere karşılaştırmış ve solucanların sığır, koyun ve keçi gübrelere hızlı büyüdüklerini, ancak maksimum ağırlık artışının ve en hızlı büyüme oranının bilhassa koyun gübresinde elde edildiğini bildirilmişlerdir.

Kültürün 3. ayındaki ölçüm döneminde farklı kompost karışımlarıyla beslenen solucanlarda büyüme verileri ortalama 0.51 g ile 0.59 g arasında değişmiştir; en hızlı canlı ağırlık artışının E grubunda (%60 tavuk gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kâğıdı + %10 yumurta kabuğu) olduğu görülmüştür. Kültürün üçüncü ayında yapılan örneklemede 1 kg kompost ortamında belirlenen kokon sayıları 61 adet ile 93 adet arasında değişmiştir. Ticari firmaların yaygın olarak kullandıkları kompost karışımının (%50 inek gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posası) test edilebilmesi amacıyla kurgulanan F1 ve F2 gruplarında çok daha yüksek (3 kat) solucan stoklaması yapılmış (1500 adet/tank) ve bu gruplarda da gerek büyüme gerekse üreme faaliyetleri yüksek seyretmiştir. Bu yüksek yoğunluklarda bile F1 ve F2 grupları, düşük stoklama yoğunluklarındaki gruplarla benzer oranlarda canlı ağırlık artışı kazanmış, ancak diğerlerine göre doğal olarak 1 kg örnekleme besisi ortamında çok daha yüksek kokon üretmişlerdir. Denemenin ikinci üç-aylık periyodunda üreme faaliyetleri nedeniyle, tanklar içerisindeki solucan sayılarının hızla artması büyümeyle özellikle F1 ve F2 tanklarında yavaşlatmış, ancak kokon üretim artışı devam etmiştir.

Vermikompost üretimi özellikle büyükbaş hayvan gübresi kullanılan kompost karışımlarında, diğer hayvansal gübre kullanılan gruplara kıyasla, daha yüksek elde edilmiştir. Buna karşın, sadece bitkisel hammadde atıkları (çay posası) kullanılan D grubunda üreme belirgin bir şekilde daha yüksek çıkmıştır. Bu sonuçlar, farklı kompost karışımlarının *E. fetida*'nın büyüme, üreme ve vermikompost üretimi üzerine önemli etkilerde bulunduğunu göstermiştir. Chauhan ve ark (2010) üç farklı toprak solucan türünün (*E. fetida*, *Eudrilus eugeniae* ve *Perionyx excavatus*) vermikompost üretimini kıyasladıkları bir çalışmada; dekompoze olmuş bitkisel atıklarla karıştırılan sığır gübresi içerisinde (1 haftalık) *E. fetida*'nın belirgin bir şekilde diğer türlerden daha başarılı bir şekilde üreyebildiğini bulmuşlardır. Genel olarak değerlendirildiğinde, test edilen kompost karışımları arasında %50 oranında büyükbaş gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posasının hem pratiklik hem de solucanlarda büyüme, üreme ve vermikompost

performansları açısından uygun olduğuna karar verilmiştir. Bulgularımıza benzer şekilde, Singh ve ark (2013) *E. fetida*'nın büyümesini etkileyen sığır gübresi ve zirai/evsel atık kombinasyonlarını araştırmış ve en etkili kombinasyonun sığır gübresi ile nohut unu olduğunu, bunu sığır gübresi/samanın izlediğini belirlemiştir. Gruplar içerisinde en hızlı üreme, dolayısıyla da en yüksek solucan sayısı (24 saat içerisinde bile) nohut unu kullanılan kombinasyonlarda elde edilmiştir. Hayvan atıklarının *E. fetida*'nın büyüme ve üremesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, Garg ve ark (2005) maksimum ağırlık artışı, en hızlı büyüme oranı ve en yüksek kokon üretimini koyun gübresinde elde etmiştir.

Bazı çalışmalarda solucanların çevre kirliliğine neden olan bazı organik atıkların elimine edilmesinde de kullanıldığı hatta bazı durumlarda ağır metallerin bile ortamdaki uzaklaştırılmasında yararlı olabilecekleri bildirilmiştir (Stafford ve Tacon (1984). Khomami ve ark (2016) ahşap talaşı ve şeker kamışı küspesinin ciddi bir çevre sorunu oluşturabildiğini bildirmiştir. Buna çözüm üretmek adına, bu araştırmacılar sığır gübresi, sığır gübresi + şeker kamışı küspesi (4:1, hacim olarak), sığır gübresi + ahşap talaşı (4:1 hacim olarak) kombinasyonlarının *E. Fetida*'nın büyüme, üreme ve karbondioksit salınımı üzerine etkilerini araştırmışlar ve sığır gübresinin şeker kamışı birliğinde daha iyi bir büyüme ve üreme sağladığını bulmuşlardır. Bu atıkların tümünde de toprak solucanlarının sisteme eklenmesi neticesinde 15 gün içerisinde CO₂ salınımının azaltılabileceğini belirlemiştir. Li ve ark (2016) farklı oranlarda evsel lağım atıkları ile sığır gübresi karışımlarında *E. fetida* üreterek, bu koşullarda solucanlarda üreme ve ortamda gerçekleşen fizikokimyasal parametreleri incelemişler; *E. Fetida*'nın bazı ağır metalleri ortamdaki uzaklaştırabildiğini bulmuşlardır.

Ülkemizde gıda ve işleme endüstrisinde işlenmiş ürünlerden arta kalan pekçok organik atık (bira, pekmez, malt sanayi, şekerpancarı işleme, meşrubat sanayi, salça sanayi, nişasta sanayi, sebze-meyve atıkları vb.) mevcut olup bunların da sığır gübresi veya diğer bazı hayvansal gübrelerle karıştırılarak ekonomiye kazandırılması veya çevre kirliliğinin minimize edilebilmesi mümkündür. Öte yandan, vermikompost işlemleri esnasında ortaya çıkan yüksek amonyak ve organik materyalin sadece bitkisel üretimde değil, aynı zamanda su ürünleri sektöründe havuzların gübrenmesinde, hatta bazen de doğrudan yapay yem formülasyonlarında da değerli bir hammadde kaynağı olarak kullanılabilmesi bildirilmiştir (Dynes, 2003). Ülkemizdeki tarımsal ve

hayvansal organik atıkların toplam miktarının 500 milyon ton olduğu dikkate alındığında, bu sektörün halen ne kadar yüksek bir büyüme potansiyeline sahip olabileceği tahmin edilebilir. Gerçekten de, ülkemizde sadece Çaykur firmasının yıllık 60 bin ton civarında çay atığını imha ettiği bildirilmektedir. Bu tip kaynakların değerlendirilmesi ve katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi (solucan gübresi gibi) ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır.

5.2. Toprak Solucanlarının Temel Besin Bileşenleri ve Yağ Asitleri Profillerinin Balık Unu ile Kıyaslanması

Birçok literatürde solucanlar yüksek ham protein (%57-80) ve türden türe değişen oranlarda lipit (%2.9-20) ve düşük ham kül içeriklerine (%5-9) sahip olduğu belirtilmekte olup (Stafford ve Tacon, 1988; Tuan, 2010; Fairchild ve ark, 2017), bizim elde ettiğimiz veriler de bu bildirişleri desteklemektedir. Büyükbaş gübresi, at gübresi ve çay posasından oluşan bir besleme rejiminde uzun süre tuttuğumuz solucanlarımızın kurumadde, ham protein, ham lipit ve ham kül içerikleri sırasıyla %17.60, %58.55, %1.93 ve %2.5 olarak belirlenmiştir. Bu rakamlar balık ununda; ham protein, lipit, ham kül için sırasıyla %64.92, %9.66 ve %12.10 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, kültür koşullarımızda bulundurduğumuz *E. fetida*'nın oldukça yüksek protein ve düşük lipit ve ham kül oranlarına sahip oldukları görülmektedir.

Paoletti ve ark (2003) solucanların besin kalitesinin inek sütü ve tavuk yumurtasına eşdeğer nitelikte olduğunu, hatta bu yüzden bazı ülkelerde (Venezuela gibi) insan gıdası olarak da kullanılmakta olduğunu bildirmiştir (Tuan, 2010). Ayrıca, yapılan birçok araştırmada solucanların aminoasit ve yağ asitlerinin kompozisyonlarının zengin olduğu, hatta balık unu ve yağına eşdeğer olduğu ortaya konmuştur (Istiqomah, 2009; Paoletti ve ark, 2003). Dynes (2003) solucan ununun yüksek oranda HUFA içerdiğini, Stafford ve Tacon (1988) da düşük oranlarda kül içerikleri nedeniyle de balık yemlerinde iyi bir hammadde kaynağı olarak kullanılacaklarını belirtmiştir. Pucher ve ark (2005) kuru ağırlık üzerinden toprak solucanı *P. excavatus*'tan elde edilen solucan ununda %89.8 kuru madde, %44.9 ham protein, %8.8 ham yağ, %8 ham kül içeriği bildirmiştir. Ignacio ve ark (1993) solucan ununun (*E. fetida*) %65.2 protein içerdiğini, Reinecke ve ark (1991) ise esansiyel aminoasitler açısından da zengin olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Fadaee

(2012) yaptığı bir derlemede, bu hammaddenin hem n-3 yağ asitleri hem de esansiyel aminoasitler açısından zengin olduğunu belirtmiştir.

Yapılan bazı çalışmaların, toprak solucanlarının balık beslemede kullanımlarında her zaman iyi sonuçlar alınmadığını ve bunlara çözümler üretilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Salmonidlerde balık unu yerine düşük oranlarda solucan unu kullanımı büyümeyi arttırmış, ancak yüksek değişim oranları olumsuz sonuçlar vermiştir (Akiyama ve ark, 1984). Benzer şekilde, Nandeesha ve ark (1988) da balık unu yerine solucan unu kullanımının sazanlarda büyümeyi olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Solucanların besin kaynağı olarak su ürünlerinde kullanıldığı ilk çalışmalardan birinde Tacon ve ark (1983) alabalıklar için solucan ununun yemlerde kullanılmasının lezzet sorunu yarattığını, Stafford ve ark (1984) ise, solucan katkılı yemlerle beslemenin yem alımı ve büyümeyi olumsuz etkilediğini göstermişlerdir. Diğer yandan, hareket kabiliyetlerini arttırmak amacıyla solucanların salgıladıkları mukusun toksik veya antibesinsel özelliklere sahip olabileceği de not edilmiştir (Tacon ve ark, 1983; Nandesha ve ark, 1988).

Kedi balıklarında (*Pangasius* sp.), balık unu yerine, dondurulmuş solucan kullanımı balıklarda büyümeyi azaltmış, ancak yemlere taze solucan karıştırılması ise tam tersine yüksek oranlarda büyüme sağlamıştır (Nguyen ve ark, 2010). Dondurulmuş veya soğutulmuş-kurutulmuş (freeze-dried) solucanların (*E. fetida*) alabalıklarca tercih edilmediği (lezzetli bulunmadığı için), fakat bu solucanlardan ekstrakte edilen proteinlerin yem kaynağı olarak uygun olduğu belirlenmiştir (Medina ve ark, 2003). *E. fetida* solucanlarının sölomik (coelomic) sıvısının bazı balıklarda ve omurgalılarda toksik etkilerde bulunduğu (Ohta ve ark, 2003), diğer yandan omurgasızlarda ise daha az etkili olduğu bildirilmiştir (Kobayashi ve ark, 2004). Isıl işleme tabi tutulmuş sölomik sıvıda toksisite azaltılabilmekte, ısı kurutma veya sıcak suda kısa süreli pişirme de toksik etkiyi düşürerek aynı zamanda kötü lezzet sıkıntısını giderebilmektedir (Tacon ve ark, 1983). Bazı araştırmacılar, beslemede kullanılacak olan solucanların bazı durumlarda paraziter bulaşma veya ağır metaller açısından risk yaratabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bu tez çalışması esnasında ürettiğimiz solucanların bir kısmı ile ön-çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalarda canlı olarak solucanlar Pasifik beyaz karidesi (*P. vannamei*) ve kırmızı kışkaçlı kerevitlere (*Cherax quadricarinatus*) besin olarak sunulduğunda, her iki türde de büyük bir ilgi ve hiperaktivite ile solucanların tüketildiği tarafımızca

gözenmiştir. Dolayısıyla, en azından gözlemlerimize dayalı olarak, bu iki krustase türü için net bir şekilde solucanların lezzet veya herhangi bir toksik madde problemi ile karşılaşmadığı sonucuna varılmıştır. Gunya ve ark (2016), *E. fetida*'nın besin içeriklerini araştırdıkları bir çalışmada, soğuk-kurutulmuş (freeze-dried) ve fırında-kurutulmuş örneklerde temel besin bileşenleri, mineraller ve yağ asiti profillerini çalışmışlar; genel olarak mineral ve temel besin bileşenleri açısından soğuk-dondurulmuş solucanların besin kaynağı olarak daha değerli, ancak yağ asitleri açısından fırında-kurutulmuş olanların daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada, soğuk-kurutulmuş ve fırında kurutulmuş solucanların protein ve lipid içerikleri sırasıyla %66.2 ve %59.7, %10 ve %9.5 olarak belirlenmiştir. Bu tez kapsamında, yürüttüğümüz 5. DENEME'mizde solucan ununda kuru madde oranı %93.9, protein seviyesi %62.1, ham kül %9.4, ve lipit %6 olarak belirlenmiştir. Bu verilemizin de üstte belirtilen verilerle uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Istiqomah ve ark (2009) toprak solucanı ununda (*Lumbricus lobellus*) ham protein ve ham kül oranlarını sırasıyla %63.06 ve %5.81 olduğunu belirlemişlerdir. Nguyen ve ark (2005) kuru ağırlık üzerinden %57.2 ham protein, %7.94 ham yağ, %1.12 lif (fiber), %1.45 kalsiyum ve %0.7 fosfor içerikleri ile toprak solucanlarının kedi balıkları için değerli bir besin kaynağı olduğunu bildirmişlerdir. Chaves ve ark (2015) çalışmalarında kullandıkları solucan ununun ham protein, ham lipit ve ham lif (fiber) oranlarını sırasıyla %70.3, %6.6 ve %10.9 olarak bildirmişlerdir.

Toprak solucanlarının yağ asitleri (özellikle n-3) ve amino asitler açısından balıklar için uygun bir besin kaynağı oldukları belirtilmektedir (Nandeeshha ve ark, 1988; Istiqomah ve ark, 2009). Ignacio ve ark (1993) solucan ununun (*E. fetida*) %65.2 protein içerdiğini, Reinecke ve ark (1993) ise esansiyel aminoasitler açısından zengin olduklarını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Fadaee (2012) yaptığı bir derlemede, bu hammaddenin hem esansiyel aminoasitler açısından hem de n-3 yağ asitleri açısından zengin olduğunu belirtmiştir. Ebadi ve ark (2013) *E. fetida*'yı metabolize edilebilir enerji ve yağ asitleri açısından balık unu ile kıyaslamış ve neticede toprak solucanlarında ve balık ununda enerji değerlerinin sırasıyla 3258 ve 3211-3566 kcal/kg KM (kuru madde) olduğunu, (MUFA+PUFA)/SFA oranlarını da 1.26 ile 0.59-0.75 olarak belirlemişlerdir. Bu araştırmacılar, solucanların C8-C12 zincir uzunluğundaki yağ asitleri açısından balık unundan daha zengin olduğunu, ancak balık ununda miristik (C14:0) ve palmitik (C16:0) yağ asitlerinin daha

yüksek seviyede olduğunu not etmişlerdir. Genel olarak, n-3 ve n-6 PUFA'ların her iki hammadde benzer oranlarda bulunduğunu, hatta bazı durumlarda solucan ununda bu yağ asitlerinin daha da yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Buna göre araştırmacılar, solucan ununun enerji ve (MUFA+PUFA)/SFA oranı açısından uygun bir hammadde olduğunu ve kara hayvanları, kanatlılar veya su ürünleri yemlerinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Hansen ve Czochanska (1975), toprak solucanlarında lipid ve yağ asitleri üzerine bir çalışma yürütmüş ve bu canlılarda yağ asitlerinin ağırlıklı olarak C10 ile C32 arasında olduğunu, PUFA'ların (özellikle linoleik and linolenik yağ asitlerinin) yüksek çıktığını bildirmişlerdir. *E. fetida* ile yapılan bir başka araştırmada, solucanların lipid içeriklerinin %2.5-5.2 (ıslak ağırlık üzerinden) gibi yüksek olduğu, lipidlerdeki yağ asitlerinin %47-54'ünün C10-C24, %23'ünün MUFA, %13'ünün ise PUFA (C14-C22)'lerden oluştuğu bildirilmiştir (Khodolova ve ark, 1978). Bu tez kapsamında yaptığımız analizlerde, solucanlarda baskın yağ asitlerinin %48.30 ile PUFA'lar olduğu, bu grubu MUFA'ların (%25.74) ve ardından da SFA'ların (%20.08) izlediği anlaşılmıştır. Buna göre, çalışmamızda kullandığımız solucanlardaki PUFA seviyesinin Khodolova ve ark (1978) tarafından bildirilen seviyenin çok daha üstünde olduğu, bu bulgunun sadece 1. DENEME'de değil, tez çalışmamızdaki tüm diğer denemelerde de benzer şekilde bulunduğu defalarca teyit edilmiştir. Çalışmamızda analiz ettiğimiz balık ununda bu yağ asitleri gruplarının seviye sıralamalarının %41.26 ile PUFA, %33.03 ile SFA ve %24.84 (MUFA) olduğu belirlenmiştir. Yağ asitleri açısından her iki yem hammaddesi arasındaki en büyük farklılıkların SFA'larda C14:0, C16:0 ve C18:0, MUFA'larda C12:1n-3, C14:n-1, C16:1n-7, C18:1n-7, C18:1n-9 ve PUFA'larda ise C18:2n-6, C18:3n-3, C20:2n-6, C20:3n-3, C22:6n-3 olduğu dikkat çekmiştir. Solucanlardaki PUFA'lardan n-3 grubunun %30.99, balık ununun ise %36.36'lık bir paya sahip olduğu hesaplanmıştır. Solucanlarda n-6 PUFA seviyesi balık unundaki seviyeden daha yüksek çıkmıştır. Her iki hammadde de EPA benzer miktarlarda bulunurken, solucanların DHA içeriklerinin çok zayıf olduğu (%0.38) dikkat çekmiştir.

Gerçekten de solucanların yağ asitleri kompozisyonlarının, aslında balık ununa benzer ve oldukça zengin olduğu, ancak herhangi bir canlının beslenmesinde olumlu sonuçlar alabilmek için öncelikle DHA açısından zenginleştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu, eğer solucanların ana beslemede canlı olarak kullanılmaları söz konusu ise, o zaman solucanların belli bir süre

boyunca bir zenginleştirici besin ile beslenmeleri; eğer solucanlar un halinde yem rasyonlarında kullanılacak ise, o zaman DHA'ca zengin bir yem hammaddesinin (balık yağı gibi) rasyona eklenmesi suretiyle başlanabilir.

5.3. Yataksız veya Yataklı Ortamda Hızlı ve Pratik Bir Şekilde Toprak Solucanlarının Bir Ticari Emülsifiye Solüsyon İle Zenginleştirilmesi

Bugüne kadar yapılmış olan literatür taramalarında halen toprak solucanlarının yağ asitleri profillerinin özellikle n-3 esansiyel yağ asitlerince zenginleştirilmelerine yönelik herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bilhassa, toprak solucanlarında HUFA'lardan DHA'nın normalde düşük olan seviyesinin olası bazı zenginleştirici solüsyonlar/maddelerle yükseltilmesinin, toprak solucanlarının denizel türlerin anaçlarının olgunlaştırılıp yumurtlatılmasında önemli bir yem kaynağı olarak değerlendirilmesine imkan verebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, uygun teknik ve yöntemlerle işlenen ve kurutulan solucan unlarının, yem formülasyonlarına katkı maddesi olarak eklenmesiyle, içerdikleri bazı mikro-besinler ve/veya maddeler sayesinde karideslerde büyümeye uyarıcı etkilerde bulunabilmesi de mümkün görülmektedir. I. DENEME'mizde de net olarak gösterdiğimiz ve Liu ve ark (2008)'nin de bildirdiği üzere (EPA ve DHA'ca zengin olan balık unu ve yağından farklı olarak) kırmızı toprak solucanı *E. fetida*'nın EPA açısından oldukça zengin olmasına karşın, DHA açısından fakir bir besin kaynağı olduğu bilinmekte olup; akvakültür endüstrisinde canlı bir yem kaynağı olarak kullanılması öncelikle bu eksikliğin giderilmesine bağlı olacaktır. Bunun için denizel kuluçkahanelerde rutin bir uygulama olan *Artemia* ve rotiferlerin besin içeriklerinin zenginleştirilmesine benzer tekniklerin denenmesi bir çözüm yolu olabilir.

Karides yetiştiriciliğinde canlı yem kullanımı, temelde anaç beslemede (yetişkin *Artemia*, peri karidesi ve poliket) ve larva yetiştiriciliğinde (mikro-alg, rotifer ve *Artemia* naupliisi veya meta-naupliisi) tercih edilmektedir. Larva beslemede kullanılan canlı zooplanktonların HUFA içerikleri, genellikle zayıf olup, larvaların (özellikle deniz balıkları) besin ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır (Leger ve ark, 1986; Webster ve Lovell 1990). Leger ve ark (1986) hem rotifer hem de *Artemia*'nın yağ asitlerindeki karbon zincirlerini uzatma veya desature etme yeteneklerinin sınırlı olduğunu ve aldıkları besinlerle yağ asitleri profillerinin değiştirilebildiğini bildirmiştir. Karides larva besle-

mede mikro-alg kullanımının yaygın olması sebebiyle, canlı *Artemia*'nın HUFA eksiklikleri önemli sorunlar yaratmıyor olsa da, özellikle levrek/çipura gibi birçok deniz balıkları larvalarında bu besinlerin HUFA'larca (özellikle EPA ve DHA) zenginleştirilmesi zorunluluğu vardır (Narciso ve ark, 1999). Bu zenginleştirme işlemi kaçınılmaz bir gereklilik haline dönüşmüş olup, ülkemizde de tüm denizel kuluçkahanelerde rutin olarak yaygın bir şekilde uygulanmaktadır.

Piyasada zenginleştirici olarak kullanılan pekçok farklı yapıda ticari ürün olmakla birlikte, en yaygın kullanılan ürünler suda emülsifiye olan ürünlerdir. Bunlardan bazıları; Selco, DHA Super Selco, S-Presso, Algamac ve türevleri sayılabilir. Bu ürünler *Artemia* ve rotifer gibi suyu filtre ederek beslenen zooplanktonlar tarafından sudan filtre edilerek alınıp tüketilebilmekte ve sindirim sisteminde ve dokularda biriktirilebilmektedir. Böylece, bu zooplanktonların besin içerikleri HUFA (özellikle EPA ve DHA) vitamin C, pigment veya diğer bazı besin maddelerince (mineraller gibi) 12, 24 veya 48-saat gibi kısa süreler içerisinde yükseltilerek, larval besleme için daha uygun besin kaynakları haline getirilebilmektedir (Watanabe 1991).

Bu doktora tezinde, zenginleştirici olarak tercih edilen S-Presso (Inve Aquaculture, Belçika) yüksek oranlarda HUFA içeren bir emülsifiye ürün olup, deniz balıkları ve deniz krustaselerinin larva besleme protokollerinde kullanılması gerekli olan ve HUFA'larca oldukça fakir oldukları bilinen rotifer ve *Artemia*'nın (Takeuchi ve ark, 1999; Suprayudi ve ark, 2004) n-3 esansiyel yağ asitlerini (özellikle DHA ve EPA gibi) zenginleştirmek amacıyla denizel kuluçkahanelerde yaygın olarak kullanılan bir zenginleştiricidir (Sorgeloos ve ark, 2001). Yağ asitleri analizlerimizde, bu zenginleştiricinin PUFA içeriğinin %64.28, n-3 PUFA ve dikkat çekici bir şekilde DHA içeriklerinin de sırasıyla %55.23 ve %43.24 gibi çok yüksek oldukları belirlenmiştir. Aynı dönemde yağ asitleri profilleri incelenen *E. fetida*'nın %0.30 olarak belirlenen DHA seviyesinin, bu S-Presso ile yükseltip yükseltilemeyeceği veya hangi seviyelere kadar yükseltilebileceği bu tezin en önemli çalışma konularından birisi olmuştur.

Akvakültürde besin olarak kullanmak amacıyla bir karasal hayvan olan toprak solucanının (*E.fetida*) HUFA'ca zenginleştirilmeye çalışılması üzerine kurgulanan ilk bilimsel araştırmalar, bilindiği kadarıyla, bu tezimizde yürüttüğümüz öncü çalışmalarımızdan oluşmaktadır. Sucul özellikte olmayıp da, su ürünlerinde beslemede kullanılan diğer bir canlı yem kaynağı olan nematod-

ların da EFA (özellikle de DHA) açısından fakir oldukları ve bunların da tek başlarına yem kaynağı olarak kullanılmaları durumunda zenginleştirilmeleri gerektiği bildirilmiştir (Honnens ve ark, 2014). Daha önce yürütülen bir çalışmada parazitik olmayan bazı nematod türlerinin de yağ asitleri içeriklerinin zenginleştirildiği bilinmektedir (Kumlu ve ark, 1998). Şimdiye kadar, suda yüzecek şekilde üretilen emülsüfiye türünler suyu filtre ederek beslenen canlılara yönelik olarak tasarlanmıştır. Denizel kuluçkahanelerde yaygın olarak uygulanan zenginleştirme tekniğinde, uygun çevresel koşullar altında, belli bir yoğunlukta stoklanan canlıların (*Artemia* gibi) bulunduğu tanka belli bir yoğunlukta zenginleştirme solüsyonları eklenir ve filtre-ederek (filter-feeder) beslenen bu canlıların 12 veya 24-saat süreyle (bazen daha da uzun olabilir) bu besinleri tüketmeleri sağlanır. Zenginleştirme süresi dolduktan sonra hasat edilen zenginleştirilmiş canlılar, iyice yıkanır temizlenir ve ardından balık ya da krustaselerin beslenmesinde kullanılırlar. Üstte belirtilen bu geleneksel tekniğin kompost içerisinde yaşayan toprak solucanlarında elbetteki biraz daha farklı şekilde uygulanması gereklidir. Kompost içerisine ilave edilen zenginleştiricinin emülsüfiye olması gerekmediği gibi, zenginleştirme periyodu sonrasında, solucanların hasat edilmesini takiben, bu halihazırda yüksek seviyede zenginleştirilmiş kompostun tekrar yeni solucanların zenginleştirilmesinde de kullanılabilmesi mümkün olabilir.

II. DENEME’imizde farklı kompost grupları içine farklı dozlarda karıştırılan S-Presso miktarlarının 96-saat boyunca solucanlar tarafından tamamen tüketilemedikleri ve halen yüksek seviyede kompostlarda kaldıkları belirlenmiştir. Böylece geleneksel olarak suda zenginleştirildikten sonra tamamı hasat edilerek zenginleştirme tankı boşaltılan tekniktekinin aksine, 12-96-saat sonra hasat edilen ilk parti solucanlardan sonra, yeni stoklanacak grupların da kompostta kalan HUFAlarca içeriklerinin zenginleştirilebilmesi mümkün olabilecektir. Çalışmamızda, 25/S-Presso grubunda 96-saat sonra kompost içerisinde kalan DHA oranının %36.85 gibi çok yüksek bir seviyede kaldığı ve bunun halen zenginleştirilmemiş solucanlardaki DHA seviyesinden 97-kat daha yüksek olduğu dikkat çekmiştir.

Bu denememizde, ilginç bir şekilde, kompost içerisinde yüksek oranlarda SFA (%25.22), MUFA (%24.72) ve hatta PUFA’lar (%41.66) belirlenmiş olup, özellikle n-3 PUFA’lar (%33.86), C22:5n-3 (%26.09) ve DHA’nın (%7.77) seviyeleri de şaşırtıcı bir şekilde yüksek

bulunmuştur. Normalde, daha çok denizel kökenli canlılarda veya bunların atıklarında yüksek oranlarda bulunabilen n-3 PUFA'lar ve daha da önemlisi DHA'nın, denemelerimizde kullanılan kompost karışımı içerisinde, bu kadar yüksek seviyelerde bulunması açıklanması zor bir durum olup, literatürde bulgularımızı teyit edecek veya sonuçların açıklanmasına katkı getirebilecek az sayıda kaynak bulunabilmiştir. Genel kanımız, bu yağ asitlerinin sentezlenmesinde veya bulguların etkilenmesinde rol oynayan etmenin kompost içerisinde bulunan mikrobiyal popülasyondan kaynaklanmış olabileceği yönündedir. Lores ve ark (2006) farklı kompost çeşitleri içerisinde bulunan mikrobiyal komünite ile toprak solucanlarının kompostlardaki yağ asitleri üzerinde etkili olabileceklerini, özellikle toprak solucanlarının mevcudiyetinde 18:2n-6 ve 20:4n-6 yağ asitlerinin oluşabileceğini bildirmiştir. Kompostların oksijenlendirilmesinin protozoaları daha aktif hale getirdiği ve bunun da 20:4n-6 oluşumunda rol oynayabileceği belirtilmiştir (Hill ve ark, (2000). İlgili yağ asitlerinin bir kısmının yemlerle alınıp inek/atların sindirim sistemlerinde parçalanmadan gübre içerisine karışmış olma ihtimali de gözardı edilmeden, bu konunun daha detaylı olarak araştırılması gerekmektedir. Herawati ve ark (2016) kanatlı gübresinde SFA'ları %19.71, PUFA'ları %7.86, MUFA'ları %16.89, EPA'yı %1.71 ve DHA'yı %0.74, linoleik asidi %1.45, linolenik asidi ise %3.96 olarak belirlemiştir. Aynı araştırmacılar bildircin Gübresinde EPA'yı 0.68-2.18 ve DHA'yı %0.35-1.17, keçi gübresinde EPA'yı %0.22-1.65, DHA'yı ise %0.35 ve PUFA'ları %8.06-11.80, tavuk gübresinde ise EPA'yı %0.51-1.92, DHA'yı %0.10-0.19 ve PUFA'ları %8.71-14.73 olarak belirlemişlerdir. Dolayısıyla, kompost veya vermikompostlarda bir miktar n-3 PUFA bulunabilmekte, ancak 22:5n-3 ve DHA'nın bu karasal organik materyallerde yüksek seviyelerde olabileceği ilk kez bu çalışmada belirlenmiştir.

Burada ilginç olan bir nokta daha, yüksek seviyede besin değeri olan kompost ya da vermikompost materyalinin doğrudan yem hammaddesi olarak da kullanılabilmesinin mümkün olabileceği ihtimalidir. Zaten bir araştırmada, Zou ve ark (2012) altın balıkların (*Carassius auratus*) beslenmesinde, farklı oranlarda toprak solucanı (*E. fetida*) unu (SU) ve taze vermikompost içerecek şekilde 7 farklı yem üretmiş ve 100 gün süren deneme sonunda %5 SU + %4 vermikompost katkılı yemlerle beslenen balıklarda büyümenin arttığını ve YÇO değerlerinin de düştüğünü kaydetmişlerdir. Özellikle, YÇO açısından vermikompost ilavesinin, sadece solucan

unu eklenmiş yeme nazaran daha iyi sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Bu alanda da yeni ve daha kapsamlı araştırmaların planlanması ve yürütülmesi çok yararlı olacaktır.

5.3.1. Yataksız-Zenginleştirme Tekniği

E. fetida'nın hızlı ve pratik bir teknikle zenginleştirilebilmeleri adına yürütülen II. DENEME'de, kültür tanklarından hasat edilen solucanlar doğrudan, herhangi bir adaptasyon süreci geçirmeden, doğrudan yataksız olarak yeni ortamlarına (kompost + S-Presso) yerleştirilmiş, ancak bu yöntem, en azından yüksek zenginleştirme dozu olan 50/S-Presso grubunda, 24-saat içinde çok ciddi stress yaratarak neticede solucanlarda yüksek seviyelerde mortaliteye neden olmuştur. Daha düşük S-Presso doz-gruplarında (%10-25) herhangi bir sorun görülmemiş olup, deneme kalan gruplarla 96'ncı saate kadar başarılı bir şekilde sürdürülmüştür. İki-yönlü ANOVA sonuçları Doz, Süre ile Doz x Süre interaksyonlarının solucanların SFA, MUFA, PUFA, EPA, DHA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA içeriklerinde çok etkili olduğunu göstermiştir ($P<0.05$). Ancak şunun net olarak ifade edilmesi gereklidir ki; zenginleştirme SFA ve MUFA'lar ile kısmen n-6 PUFA'larda çok belirgin artışlara neden olmadığı için, ağırlıklı olarak tezin bu kısımlarında özellikle n-3 PUFA'lar üzerinde durulmuştur.

Sadece 12-saatlik bir zenginleştirme süresi içinde bile MUFA, EPA ve n-6 PUFA dışında üstte sıralanan tüm yağ asitleri ve gruplarında önemli artışlar oluşmuştur ($P<0.05$). Bu süreçte normal seviyesi %3.49 olan DHA, zenginleştirilmiş-gruplarda %14 seviyesine (>3-kat) kadar yaklaşmıştır ($P<0.001$). Genel olarak, 0/S-Presso grubunda (kontrol) %1.71-3.58 arasında değişen DHA seviyeleri, zenginleştirme-gruplarında 24-saatte %8-9, 48-saatte %10-15 ve 96-saatte ise %14-18 civarlarına kadar çarpıcı yükselmeler göstermiştir. Bu süreçte n-3 PUFA'ların seviyesi ilk 24-saatte çok belirgin olmamakla birlikte, 48-96'ncı saatlerde önemli ölçüde (%71- 112) artmış ($P<0.001$), n-3/n-6 oranları ise 0/S-Presso grubunda 1.35 olarak hesaplanmış iken, bu seviye 10 ve 25/S-Presso gruplarında 2.88-3.38'e kadar çıkmıştır. Zenginleştirmenin genel olarak n-6 PUFA ve özellikle de EPA üzerinde etkileri ya olmamış ya da zayıf olmuştur.

Yataksız zenginleştirme tekniği için, dozlar dikkate alındığında, 25/S-Presso grubunun özellikle n-3 PUFA, DHA ve n-3/n-6 oranları açısından tüm zenginleştirme sürelerinde daha etkili

olduğu ve bundan dolayı da *E. fetida*'ların zenginleştirilmelerinde önerilebileceği belirlenmiştir. Süre açısından ise; elbetteki ne amaçla ve ne sıklıkla kullanılacaklarına bağlı olarak değişecek olmakla birlikte, aslında sadece 12-saatlik hızlı bir zenginleştirmenin yeterli olabileceği, ancak istenirse 96-saatlik bir zenginleştirme sürecinin daha yüksek n-3 PUFA ve DHA seviyelerini garantilemek adına tercih edilebileceği önerilmektedir.

5.3.2. Yataklı-Zenginleştirme Tekniği

Tezimizin II. DENEMESİ'nde *E. fetida*'nın zenginleştirme amacıyla hasat edildikten sonra yeni ortamına yataksız olarak aktarılması tekniğinin stres (hatta mortalite) yarattığını ve dolayısıyla zenginleştirme başarısının bundan nispeten olumsuz etkilenebileceği düşüncesiyle kurgulanan ve yürütülen III. DENEME'de, yataklama tekniği sayesinde uygulanan en yüksek S-Presso dozunda bile herhangi hiçbir sorun ile karşılaşılmamıştır. Yeni ortama ve zenginleştiriciye adapte olana kadar geçen süreçte, solucanların yatak içerisinde kaldığı ve kademeli bir şekilde yeni yaşam ortamına daha başarılı bir şekilde alıştığı görülmüştür.

Genel olarak, İki-yönlü ANOVA sonuçları Doz, Süre ile Doz x Süre interaksiyonlarının solucanların SFA, MUFA, PUFA, EPA (kısmen), DHA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA'larda önemli farklılıklar göstermiştir ($P<0.05$). Analiz edilen yağ asitleri içerisinde, zenginleştirme dozu açısından en büyük istatistiksel farklılıklar özellikle n-3 PUFA ve daha da önemlisi DHA'da çok belirgin olarak ortaya çıkmış, en zayıf farklılıklar ise SFA, MUFA ve EPA'larda görülmüştür. Zenginleştirme sürelerinin (12-96-saat) de, incelenen yağ asitleri ve grupları üzerine önemli etkilerde bulunduğu, bilhassa sürenin n-3 PUFA ve DHA üzerinde çarpıcı etkilerde bulunduğu anlaşılmıştır ($P<0.001$). Doz x Zenginleştirme Süresi İnteraksiyonlarının tüm SFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, n-6 PUFA, DHA ve EPA'lar üzerinde çok önemli etkilerde bulunduğu belirlenmiştir ($P<0.01$). Genel olarak tüm zenginleştirme periyodu boyunca en az etkilenen/ etkilenmeyen yağ asitleri veya gruplarının SFA, EPA ve MUFA oldukları kaydedilmiştir. Tüm zenginleştirme periyotlarında stabil bir şekilde zenginleştirmenin en çok etkilediği yağ asidinin ise net olarak DHA olduğu dikkat çekmiştir.

Tek-yönlü ANOVA sonuçları, sadece 12-saatlik bir zenginleştirmenin bile (MUFA, EPA ve n-6 PUFA'lar hariç) tüm diğer yağ asitleri ve grupları (SFA, PUFA, n-3 PUFA, ve DHA)

arasında önemli farklılıklar oluşturduğu; bu süreçte zenginleştirme gruplarında en çok etkilenen yağ asidinin DHA olduğu dikkat çekmiştir ($P<0.001$). Bu süreçte normal seviyesi %2.41 olan DHA, zenginleştirme yapılmış gruplarda örneğin 25/S-Presso grubunda %4.85 ve 50/S-Presso grubunda ise %5.64 seviyesine (1.01-1.34 kat) kadar çıkmıştır ($P<0.001$). Oysa, yataksız-zenginleştirme tekniğinde bu rakam 25/S-Presso grubunda bile %14 civarına kadar yükselerek kontrol grubuna kıyasla >3-kat artış gerçekleştirmişti. Ancak yataklı-teknikte DHA'daki yükseliş, yataksız-teknığe kıyasla daha doğrusal bir şekilde yükselerek, neticede 25/S-Presso grubunda 96-saatte %16.3'e kadar (kontrol grubuna göre 8.6-kat) artış göstermiş, yataksız-teknikte ise dalgalanmalarla birlikte seviye 96-saatte %17.74'e (kontrole göre 9.37-kat) kadar ulaşmıştır. Yataksız-teknikte tüm zenginleştirme gruplarında n-3 PUFA'ların seviyeleri doğrusal bir şekilde %31'lerden 96-saat içerisinde %44 civarlarına çıkarken, bu seviye 0/S-Presso'da %25.5 seviyesine düşmüştür. İki teknik kıyaslandığında, 96-saatlik bir periyotta, n-3/n-6 oranları yataksız-zenginleştirmede 1.35'ten (0/S-Presso) 3.38'e çıkarken, yataklı-zenginleştirmede ise bu oran 1.56'dan 3.72'ye kadar yükselmiştir.

Buna göre, *E. fetida*'nın HUFA içeriğinin özellikle de DHA'ca zenginleştirilmesi amacıyla, sadece 12-saatlik bir periyot için yataksız zenginleştirme tekniği önerilirken, daha uzun periyotlarda zenginleştirmenin yataklı-teknik kullanılarak yapılması daha uygun gözükmektedir. Test edilen S-Presso dozları için de önerilebilecek zenginleştirme doz oranı ise %25 olarak belirlenmiştir.

5.4. Ekonomik Ürünlerle (Balık Unu/Yağı) *Eisenia fetida*'nın HUFA'ca Zenginleştirilmesi

Bu çalışma DHA açısından zengin hammadde kaynaklarından olan balık unu (BU) ve balık yağı (BY) kullanılarak toprak solucanlarının daha ekonomik bir şekilde zenginleştirilme imkanlarını araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Ancak, BU ile kurulan denemenin ertesi gününde (%25 ve %50 BU içeren gruplarda) solucanlarda görülen ortamdan kaçış ve yüksek mortalite nedeniyle, bu hammaddenin zenginleştirme için uygun olmayacağı gerekçesiyle, çalışma BY ile devam ettirilmiştir. Çalışma kapsamında BY ile *E. fetida* nın yağ asitleri profilleri kıyaslanmış ve sonuçlar BY'nin SFA içeriklerinin (%31.96) solucanların içerdikleri seviyeden (%21.04) daha yüksek olduğunu, en belirgin farklılıkların C14:0, C16:0, C17:0 ve C18:0 YA'larda

olduğunu, ancak tam tersine C17:0 ve C18:0'in ise solucanlarda daha yüksek olduğunu göstermiştir ($P<0.05$). *E. fetida*'nın MUFA içeriklerinin (%26.16) BY'dekine (%30.42) göre daha düşük olduğu, bu kapsamda en çarpıcı farklılıkların özellikle C12:1n-3, C14:1n-9, C16:1n7, C18:1n-7 ve C18:1n-9 YA'larda kaydedildiği ve MUFA'lardan sadece C18:1n-9'un BY'de daha yüksek oranda bulunduğu anlaşılmıştır. BY'nin (%33.24) solucanlardan (%51.21) daha düşük oranda PUFA içerdiği, hem n-3 PUFA hem de n-6 PUFA'lar açısından ise farkın solucanlar lehine daha belirgin olduğu belirlenmiştir. Solucanların n-3 yağ asitlerinden C18:3n-3 (%11.8), C20:3n-3 (%9.65) ve C20:5n-3 (%9.05) açısından BY'den daha zengin, tersine C22:6n-3 (%14.17) açısından ise BY'nin solucanlara (%2.25) kıyasla daha zengin olduğu (>6-kat) görülmüştür. Dolayısıyla, bu bulgularımız yüksek oranda DHA içeren BY kullanılarak *E. fetida*'daki DHA eksikliğinin giderilebileceği anlaşılmış ve bu alanda yapılan literatür taramasında da bu konuda henüz herhangi bir araştırma yapılmadığı fark edilmiştir.

BY ile zenginleştirmede, genel olarak Doz, Süre ve Doz x Süre İnteraksiyonlarının incelendiğinde; İki-yönlü ANOVA sonuçlarının SFA, MUFA, PUFA, EPA, DHA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA'larda önemli farklılıklar yarattığı belirlenmiştir. Analiz edilen yağ asitleri içerisinde, zenginleştirme dozu açısından en büyük istatistiksel farklılıklar özellikle n-3 PUFA ($F = 180.74$, $P = 0.00$) ve daha da önemlisi DHA'da ($F = 550.50$, $P = 0.00$) çok belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Zenginleştirme sürelerinin de ilgili yağ asitleri ve grupları üzerine önemli etkilerde bulunduğu, bilhassa n-6 PUFA ($F = 231.86$, $P = 0.00$) ve daha da önemlisi DHA ($F = 343.47$, $P = 0.00$) üzerinde çarpıcı etkilerde bulunduğu anlaşılmıştır. Doz x Zenginleştirme Süresi İnteraksiyonlarının tüm SFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, n-6 PUFA, DHA ve EPA'lar üzerinde çok önemli etkilerde bulunduğu belirlenmiştir ($P<0.001$).

Tek-yönlü ANOVA sonuçları, 24-saatlik bir zenginleştirmede bile üzerinde durulan tüm yağ asitleri ve grupları (SFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, EPA ve DHA) arasında önemli farklılıklar belirlenmiş ($P<0.001$), ancak dozlara bağlı olarak zenginleştirme etkinliği düşme eğilimi göstermiştir. Test edilen en yüksek doz olan 10/BY-grubunda 24-saat zenginleştirme işlemi özellikle n-3 PUFA'larda ciddi bir yükselişe neden olmuş ve bu süreçte 0/BY-grubuna kıyasla 10/BY-grubunda

%30'luk bir artış görülmüştür. Bu doz grubunda en çarpıcı zenginleşme, 24'ncü saatte, kontrol grubuna (0/BY) kıyasla (%0.87) yaklaşık 16-katlık bir artış ile 10/BY-grubunda (%13.55) belirlenen DHA'daki artış seviyesidir ($P<0.001$). DHA'daki bu keskin artış, daha düşük doz gruplarında (2.5/BY ve 5/BY'de) da, 48'nci saatte gözlenmiştir (%13.44-14.62). n-3/n-6 oranı tüm zenginleştirme gruplarında 24'üncü saatte 2.27-7.06, 48'inci saatte 3.18-3.90 ve 96'nci saatte ise 3.07-3.10 olarak hesaplanmış olup, kontrol grubunda (0/BY) bu oranlar 1.61 ile 2.27 arasında değişmiştir. Tüm yağ asitleri analiz sonuçları ve ayrıca 96-saat içerisinde solucanların ulaştıkları ortalama ağırlık verileri kompost içerisine %2.5 ile %5 arasında balık yağı ilavesinin zenginleştirme amacıyla önerilebileceğini, ancak 24-saat içerisinde hızlı bir zenginleştirme yapılması isteniyorsa kompost içerisindeki BY seviyesinin %10'na kadar çıkartılabileceğini göstermektedir. Bu deneme, S-Presso gibi pahalı özel zenginleştirici ürünler kullanmadan da *E. fetida*'nın sadece BY ile n-3 PUFA (özellikle de DHA gibi çok önemli yağ asitlerinin) içeriklerinin hedeflenen seviyeye kadar zenginleştirilebileceğini açıkça göstermiştir.

Literatür kıyaslamaları, denemelerimizde bir kara solucanı olan *E. fetida*'da özellikle n-3 PUFA ve DHA'da elde ettiğimiz zenginleştirme düzeylerinin, denizel solucanlarda elde edilen zenginleştirme oranlarından daha da yüksek olduğunu göstermiştir. Fairchild ve ark (2017) denizel bir tür olan beyaz solucanların (*Enchytraeus albidus*) *Artemia*, rotifer ve kopepodlara göre daha düşük n-3 PUFA içerdiğini, EPA (%2-18) ve toplam LC-PUFA (%4-25 EPA) açısından benzer, ancak DHA (%0-0.5) açısından oldukça fakir olduklarını, dolayısıyla da DHA'ca zenginleştirilmeleri gerektiğini bildirmişlerdir. Bu araştırmacılar, *E. albidus*'un beslendiği besinlerin (kahve telvesi, atık ekmek ve fermente tahıl atıkları) ve beslenme sürelerinin solucan biyoması, üreme ve yağ asitleri üzerine etkili olduğunu, kahve telvesinin (içeriğinde hiç DHA olmamasına rağmen) solucanlarda bir miktar DHA yükselişine neden olduğunu belirlemişlerdir. Ek olarak, bu çalışmada araştırmacılar alglerle beslenen solucanlarda ARA ve EPA'nın da yüksek çıktığını bulmuşlardır. Benzer şekilde, Limsuwatthanathamrong ve ark (2012) denizel kökenli kum solucanının (*Perinereis nuntia*) besince kaliteli olmasının bir nedeninin de içerdikleri lipit ve özellikle n-3 PUFA'lar olduğunu; bunların karides anaçlarının gonad gelişimlerini olumlu etkileyerek daha fazla yumurta üretmelerine neden olduklarını ve yumurta açılma oranını da yükselttiklerini bildirmişlerdir. Kum

solucanlarında SFA'lerden C16:0, C18:0'in, MUFA ve PUFA'lardan ise C18:1n-9, C18:1n-7, C18:2n-6'nın dominant yağ asitleri olduğunu, n-3/n-6 oranının 1:1.17 ile 1:3.8 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Yine bu araştırmada, kültür solucanlarında dominant PUFA'nın C18:2n-6 (linoleik asit), doğadan yakalananlarda ise C18:2n-6'ya ilaveten C20:4n-6 (ARA) ve C20:5n-3 (EPA) olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırmacılar EPA/DHA oranının kültür solucanında 1:0.7, doğadan elde edilende ise 1:0-0.4 gibi düşük olduğunu belirlemişlerdir. Kültür solucanlarında yüksek çıkan C18:1n-9 ve C18:2n-6'nın, beslenmelerinde kullanılan yemlerde kullanılan bitkisel yağ kaynaklarıyla ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir. Herawati ve ark (2017) farklı gübreler içerisinde yetiştirilen tubifeklerde (*Tubifex tubifex*) solucanların besin içeriklerinin etkilendiğini; bu kapsamda protein içeriklerinin %56.11 ile 66.26, lipit içeriklerinin ise %8.62 ile 11.79 arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Üstteki literatür bildirişleri dikkate alındığında, yağ asitleri açısından denizel solucanlarının bu çalışmamızda kullandığımız toprak solucanı *E. fetida*'dan daha üstün besleyici özelliklere sahip olmadıklarını göstermektedir.

Solucanlarda çok ender yapılan zenginleştirme çalışmalarından birinde, Jithlang (Basilmamış Veri) %9 balık yağı içeren bir yemle 3 ay boyunca haftada iki gün olarak besledikleri deniz solucanlarının (kum solucanı, *P. nuntia*) besin içeriklerindeki değişimi incelemişler; kullandıkları iki farklı yeme ekledikleri %9 balık yağının rasyonlarda %4.93-5.35 EPA, %17.17-17.19 DHA, %23.97-24.50 n-3 HUFA ve 3.27-3.33 n-3/n-6 oranını sağladığını belirlemişlerdir. Bu yemlerle besledikleri solucanlarda deneme sonunda elde ettikleri EPA'ların %1.87-1.89, DHA'ların %1.27-1.76, n-3 PUFA'ların %3.62-4.13, n-3 HUFA'ların %3.35-3.93 ve n-3/n-6 oranlarının ise 0.41-0.5 olduğunu belirlenmiştir. Bu veriler, aslında balık yağı kullanılarak zenginleştirmenin kum solucanının yağ asitleri profillerinin değiştirilmesinde, pek de etkili olmadığını göstermiştir. Benzer bir araştırmada, Klinchoedchue ve ark, (2011) %16.7 balık yağı kullandıkları bir yemle besledikleri *P. nuntia* solucanlarında n-6 PUFA'ları %9.25-18.31, n-3 PUFA'ları %2.9-9.68, n-3 HUFA'ları 0.95-6.11, DHA'yı ise tüm gruplarda %0.27-1.55 olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada %16.7 gibi oldukça yüksek balık yağı içeren bir yem ile beslemenin *P. nuntia*'da ARA ve EPA'da bir artış sağladığını, ancak yine de DHA'da herhangi zenginleşmenin gerçekleşmediğini ortaya koy-

muştur. Bu araştırmacılar kum solucanının besin içeriğinin değiştirilebilmesi için en az 26-gün zenginleştirilmiş yemlerle beslenmeleri gerektiği sonucuna varmışlardır.

Üstteki literatür bildirişleri dikkate alındığında; bu tezde zenginleştirme çalışmalarımızın tümünde de, toprak solucanı *E. fetida*'nın gerek S-Presso gerekse BY ile çok kısa bir süre içerisinde bile (12-96 saat), uyguladığımız teknik ile, çok başarılı bir şekilde hem n-3 PUFA'lar hem de DHA'ca çok yüksek seviyelere kadar zenginleştirilebildiği ilk kez bu çalışmalarımızla ortaya çıkartılmıştır. Gerçekten de, örneğin; çalışmamızda solucanların DHA içeriği 96-saat içerisinde kontrol grubuna göre 9 ile 16-kat yükseltilecek %17-18'lere; n-3/n-6 oranı ise 3.38 ile 3.90'a kadar çıkartılabilmektedir.

5.5. Zenginleştirilen Solucanlar Akvakültür Sektöründe Ne Amaçla Kullanılabilir?

Halen literatürde toprak solucanlarının yağ asitleri profillerinin esansiyel yağ asitlerince zenginleştirilmelerine yönelik herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Toprak solucanlarının HUFA'lardan özellikle DHA açısından çok zayıf olduğu, herhangi bir akvatik canlının beslenmesinde tek başına kullanılabilmesi için de öncelikle çok düşük olan bu yağ asidinin seviyesinin bazı zenginleştirici solüsyon/maddelerle yükseltilmesi gerekmektedir. Bunun yapılması durumunda, toprak solucanlarının denizel türlerin anaçlarının olgunlaştırılıp yumurtlatılmasında önemli bir yem kaynağı olarak değerlendirilebilmesi mümkün olabilir. Ayrıca, uygun teknik ve yöntemlerle işlenen veya kurutulmuş solucan unlarının, yem formülasyonlarına katkı maddesi olarak eklenmesiyle, içerdikleri bazı mikro-besinler ve/veya maddeler sayesinde, karideslerde büyümeyi uyarıcı etkilerde bulunabilmesi olasılığı da mevcuttur.

Son zamanlarda toprak solucanları değişik formlarda (kuru, sıvı, canlı veya un halinde) alternatif protein kaynağı/katkı maddesi olarak balıklar, kurbağalar ve karides beslemede daha da büyük ilgi çekmeye başlamışlardır. Bu kapsamda tez çalışmamızın son denemesinde *E. fetida*'nın Pasifik beyaz karidesinin beslenmesinde kullanılacak yem rasyonlarında balık ununa alternatif olarak kullanılabilme potansiyeli araştırılmıştır. Ancak zenginleştirme tekniği ile HUFA içerikleri yükseltilecek solucanların karides anaçlarının beslenmesinde (diğer denizel balık türlerine ilaveten) ciddi bir potansiyel olabileceği düşüncesiyle, bu konu tezin 5.5.1. Bölümünde tartışılıp, buradaki

potansiyel irdelenmeye çalışılmıştır.

5.5.1. Canlı Olarak Toprak Solucanlarının Beslemede Kullanılması

5.5.1.1. Anaç Beslemede

Toprak solucanları uzun yıllardır balık avcılığında ve ayrıca akvaryum sektöründe canlı yem olarak değerlendirilmektedir. Karides ve kalkan balıklarının anaçlarının beslenmesi ve olta balıkçılığında kullanılmak üzere deniz solucanı (poliket) üretimi yapan birçok firma mevcuttur. Bunlar ürünlerini canlı, dondurulmuş veya un haline getirilmiş halde piyasaya sürmektedirler. Karides anaç beslemede genellikle kuluçkahanelerde kalamar, yumuşakçalar (kara midyesi, kum midyeleri veya istiridyeler), deniz solucanları (poliketler) ve krustaseler (zenginleştirilmiş yetişkin *Artemia*, yengeç, küçük karidesler) kullanılır. Bazı kuluçkahanelerde dana veya domuz ciğeri de kullanılmaktadır. Yüksek n-3 PUFA (EPA ve ARA) içeriklerine ilaveten, üreme üzerindeki diğer bazı olumlu özelliklerinden dolayı, deniz karideslerinin anaç beslemesinde kalamar, poliket ve yumuşakça kullanımı daha sıklıkla tercih edilmektedir. Bunların içerisinde canlı olarak kullanılabilen canlı besin kaynağı deniz solucanları, *Artemia* ve peri karidesleridir.

Bray ve Lawrence (1992) ile Odsen (2014) karides (*P. vannamei*) anaçlarının beslenmesinde deniz solucanlarının (*Nereis virens*) kullanımının anaç başına daha yüksek naupli üretimine neden olduğunu, bu anaçlardan elde edilen larvalarda büyüme ve yaşama oranının daha yüksek çıktığını, bu başarının poliketlerin içeriğinde bulunan HUFA, prostaglandin ve bromofenollerden kaynaklandığını bildirmişlerdir (Lytle ve ark, 1990). Benzer şekilde, Koeleman ve Schuitemaker (2009) bu solucanların balık yemlerinde balık unu yerine %100 oranında kullanılabileceklerini kayda geçirmişlerdir. Hoa ve ark (2009) değişik oranlarda taze kalamar, poliket, istiridye ve domuz ciğeri kullanarak bir anaç olgunlaştırma çalışması yapmış ve %37.39 kalamar, %16.50 poliket, %27.14 istiridye ve %18.98 domuz ciğeri kullandıkları yemleme rejiminin yumurtlama sıklığı, yumurta sayısı, dölleme ve larva açılma oranı açısından daha olumlu sonuçlar verdiğini; bu sonuçların bahse konu olan yem rejiminde yüksek ARA/EPA ve DHA/EPA'dan kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Wouters ve ark (1999) n-3/n-6 PUFA'ların oranının 2-3:1, Cahu ve ark (1994) ise karides anaç diyetlerinde fosfolipitlerin yemdeki oranının %2 olması gerektiğini bildirmişlerdir.

Palacios ve ark (1999) triasilgiseritlerin karides embriyo ve nauplilerinin temel enerji ihtiyaçlarını karşıladığını ve üreme, yumurta ve postlarva kalitesi üzerine etkili olduğunu göstermiştir. Farklı karides türleriyle yapılan çalışmalarda, yemlerde gerekli olan HUFA içeriğinin %0.5 ile 1 arasında olması gerektiği önerilmiştir (Kanazawa ve ark, 1979a; Xu ve ark, 1994). Bu doktora tezinde zenginleştirme çalışmalarımız *E. fetida*'nın özellikle n-3 PUFA (%44.56) ve DHA (%17.74) ve n-3/n-6 oranları (3.38) açısından kısa süreli zenginleştirme periyotlarıyla karides anaçları için çok daha kaliteli hale getirilebileceğini kanıtlamıştır. Ancak, halen karideslerde üremeyi uyaran bazı mikro-besinlerin toprak solucanlarında da var olup olmadıkları henüz araştırılmamış olup, bu eksikliğin giderilmesi gerekmektedir.

Doğadan yakalanan solucanların hastalık bulaştırma riski, besin içeriklerindeki farklılıklar ve fiyatlarının yüksekliği nedeniyle son zamanlarda kültür koşullarında çiftliklerde yetiştirilen deniz solucanlarına ilgi daha da artmıştır. Ayrıca, teminindeki sıkıntılar ve düzensizlikler ve yüksek fiyatlar nedeniyle alternatif yapay ve canlı yem kaynaklarına yönelik ilgi de yükselmiştir. Bu doktora çalışmamızda, bu kapsamda, toprak solucanlarının deniz akrabalarına hem fiyat hem de kullanılabilirlik ve besin içerikleri açısından alternatif oluşturup oluşturamayacakları detaylı bir şekilde araştırılmak istenmiştir. Bu alanda yapılan tek çalışmada, Darmawiyanti (2013) toprak solucanlarından *Pheretima*'nın besin içeriklerinin genel olarak zengin olduğunu, ancak fosfolipit, kolesterol ve beta-karotene eksikliklerinin giderilmesi gerektiğini bildirmiş ve yaptıkları bu çalışmada, üstte belirtilen besinlerce zenginleştirilmiş solucanların Pasifik beyaz karidesi (*Penaeus vannamei*) anaçlarının beslenmesinde deniz solucanları (poliket: *Nereis* sp.) yerine rahatlıkla kullanılabilirliğini göstermiştir. Ancak, toprak solucanlarından *E. fetida*'nın n-3 yağ asitlerince ve özellikle de HUFA'larca (bilhassa DHA) fakir olduğu ve bu açıdan zenginleştirilmesi (Liu ve ark, 2008), bu konuda nasıl bir teknik kullanılabilirliği, olası bir zenginleştirme durumunda bunun karides beslemeye yansımalarının nasıl olacağı hususlarında herhangi bir araştırma henüz yapılmamıştır.

Son zamanlarda, hastalık vektörü olmaları risklerinden dolayı krustaselerin anaçlarının beslenmesinde kullanılmaları tercih edilmemeye başlanmıştır. Bazı çalışmalarda krustaselerin canlı iken besin içeriklerinin zenginleştirildiği ve ardından hasat edilerek dondurulduğu ve böylece besin olarak değerlendirildiklerinde istenmeyen enfeksiyonların önüne geçilebileceği bildirilmiştir.

Ömeğin, Tziouveli ve ark (2012) *Artemia*'ları HUFA açısından zenginleştirdikten sonra dondurmuş ve karides (*Lysmata amboeensis*) anaçlarını besledikleri çalışmalarında, %11 civarına kadar yükselen DHA ve 3.6'ya kadar çıkan DHA/EPA oranı sayesinde, yumurta açılma oranı ile birlikte daha fazla sayıda yavru üretebilmişlerdir.

Mura ve ark (1997) iki farklı peri karides türünü (*Branchipus pasai* ve *Chirocephalus kerkyrensis*) alg, maya ve HUFA'ca zenginleştirilmiş maya ile besleyerek, bu türlerde yağ asitleri profillerinin nasıl etkilendiğini araştırmış ve her iki krustase türünde de tüketilen yemlerdeki yağ asitlerinin kısmen krustaselerdeki profillerle benzeştiğini, ayrıca bu krustaselerin yağ asiti biyoçevrim yeteneğine de sahip olduklarını belirtmişlerdir. Darmawiyanti (2013) toprak solucanlarının Pasifik beyaz karidesi (*P. vannamei*) anaçlarının üreme performansı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında; fosfolipit, kolesterol ve karotence zenginleştirilmiş toprak solucanının karides anaçlarının beslenmesinde deniz solucanları yerine rahatlıkla kullanılabileceğini göstermiştir.

Velu ve Munuswamy (2004) ise yetişkin boyutlarda bir peri karidesi türünü (*S. dichotomus*) farklı zenginleştiricilerle (ALGAMAC 2000 ve DHA-SELCO) farklı süreler boyunca linoleik, linolenik, EPA ve DHA'ca zenginleştirmiş ve böylece bu canlının anaç karides beslemede canlı (hatta dondurulmuş şekilde) yem kaynağı olarak kullanılabilceğini bildirmiştir. Üstte belirtilen literatürler ve zenginleştirme verilerimiz dikkate alındığında, karides (veya balık) anaç yemi olarak kullanılmak üzere, *E. fetida*'nın da kültürlerinin yapıldığı kompost içerisinden hasat edilip, önce iyice yıkanıp temizlendikten ve depurasyon ile bağırsakları boşaltıldıktan sonra, balık yağı ile zenginleştirilmesi ve ardından belli gramajlarla dondurulması kuluçkahaneler için çok kullanışlı bir yöntem olabilir.

Toprak solucanlarında hastalık bulaştırma riskinin azaltılması için kompost içerisinden hasat edilen solucanların bağırsaklarının boşaltılabilmesi için bir süre suda bekletilmeleri ve böylece depurasyon sayesinde kendi kendini temizlemeleri; ayrıca beslenmelerinde hayvansal kompostlar yerine sadece bitkisel kompost atıklarının tercih edilmesi de çözümler sağlayabilir. Kostecka ve Paczka (2006) bir çalışmalarında, *E. fetida*'yı lepistes balığında (*Poecilia reticulata*) yem olarak kullanmış ve kontrol (yapay yem) grubu ile kıyaslamıştır. Beslemede kullanılmadan 24-saat önce, solucanlar kültür ortamından alınmış ve bir kabın içerisine yerleştirilmiş ıslak

peçeteler üzerinde bekleterek, bağırsaklarının boşalması sağlanmıştır. Bunun ardından, solucanlar dondurulmuş ve sonrasında da çözdürülerek kıyılmış ve ilk grupta bulunan balıklara yeteri miktarda verilmiştir. Diğer grup ise %38-oranında protein içeren bir yapay yemle (kontrol) beslenmiştir. Neticede, solucan ile beslenen anaç balıklarının, diğer gruba kıyasla, iki kat daha fazla yavru üretebildiği belirlenmiştir.

5.5.1.2. Yavru Beslemede

Zenginleştirilmiş *E. fetida*'nın karides post-larvaları (PL) veya juvenillerinde, kerevit yavrularında, akvaryum balıklarında ve diğer birçok denizel balık ve krustaselerde rahatlıkla dondurularak-kıyılmış, taze-kıyılmış veya solucan unu şeklinde yem rasyonlarına eklenmiş olarak beslemede kullanılması mümkündür. Rees ve ark (1994) *Penaeus monodon* PL'lerini (PL5'ten PL15'e kadar) farklı oranlarda HUFA'ca zenginleştirilmiş *Artemia* ile beslemiş ve ardından osmotik strese tabi tuttuklarında, orta seviyede HUFA'ca zenginleştirilmiş *Artemia* ile beslenen grupta ozmotik stres direncinin yükseldiğini kaydetmişlerdir. Yüksek oranda HUFA ile zenginleştirilmiş *Artemia* ile beslenen grupta, büyümede herhangi bir avantaj elde edilemediği için, bu araştırmacılar aşırı dozda n-3 HUFA kullanımının karideslerin beslenmesinde herhangi bir yarar sağlayamayabileceğini not etmişlerdir.

Mohanta ve ark (2016) *Labeo rohita* balıkları ile yaptıkları bir çalışmada, %52-53 protein içeren solucanlarla (*E. fetida*) 3 farklı deneme yemi hazırlamıştır. Bu yemlerden birincisinde (a) solucanlar 48 saat aç bırakıldıktan sonra haşlanmış ve ardından 0.5 mm boyutlarında kıyılmış, ikincisinde (b) solucanlar haşlandıktan sonra mikserde çekilmiş, içine yağsız süt tozu, yumurta, jelatin, mineral ve vitamin karışımları eklenerek buharda pişirilmiş ve böylece kek haline getirilmiş, üçüncü yemde (c) hammaddeler ise 2 mm çapında pelet formunda hazırlanmıştır. Tüm yemler %50 protein içerecek şekilde ayarlanmıştır. İlk yemin tamamı solucandan ibaret iken, solucan kekinde %60 solucan ve pelet yeminde ise %40 solucan unu kullanılmıştır. 35-gün süren deneme neticesinde, içeriğinde %40 solucan unu bulunan pelet yemin, bu balığın yavrularının yetiştiriciliğinde rahatlıkla kullanılabilmesi önerilmiştir. Bu araştırmacıların önerdiği şekillerde toprak solucanının krustaselerin yavrularının beslenmelerinde kullanılabilmesi mümkündür.

5.5.2. Protein Kaynağı veya Katkı Maddesi Olarak Solucan Ununun Yemlerde Kullanımı

Son yıllarda, karides beslemede de solucan kullanılmaya başlanmış ve olumlu bulgular elde edilmiştir. Piedad-Pascual (1985) deniz solucanlarından (poliket) *Nereis sp.* ile kıyaslandığında, toprak solucanı (*E. fetida*) eklenen yemlerle beslediği *P. monodon* karideslerinde daha yüksek canlı ağırlık artışı ve yaşama oranı elde etmiştir. Bu araştırıcı karma yemlere taze solucan karıştırılmasından ziyade, solucanların kurutulmuş formda (un halinde) eklenmesinin daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Chiu ve ark (2015) *P. vannamei* beslemede fermente edilmiş soya ve solucan ununun 4:1 oranında kullanılabileceğini, ancak bu karışımın karma yemdeki balık ununun %80'inden fazla olmaması gerektiğini belirtmişlerdir. Liu ve ark (2008) Çin karidesi (*F. chinensis*) ile yaptıkları bir çalışmada, yapay yem içerisine farklı oranlarda *E. fetida* karıştırarak, bu yemlerle besledikleri karideslerde büyüme ve bazı biyokimyasal özellikleri araştırmışlardır. Sonuçlar, solucan destekli yemlerin tecih edildiğini ve 1:3 oranında (yapay yem/taze yem) karıştırıldığında büyümenin arttığını göstermiştir. Taze yem oranının artışıyla birlikte karides kas dokusundaki toplam aminoasit, esansiyel aminoasit, lezzet ile ilgili aminoasitler (glutamin, asparagin, glisin ve alanin) ve yem alımını uyaran aminoasitlerin (metiyonin, lisin ve glisin) oranının yükseldiği bulunmuştur. Diğer yandan, taze yem oranının artışıyla birlikte kaslardaki total, esansiyel ve n-3 yağ asitleri ile n-3/n-6 oranında düşme görülmüştür. Araştırmacılar DHA'nın taze yemdeki oranının çok düşük olduğunu, ancak bunun karides büyümesine olumsuz etkide bulunmadığına dikkat çekmişlerdir. Sonuç olarak, bu araştırmacılar, *E. fetida*'nın karides yemlerinde ana protein kaynağı olarak kullanılması gerektiği durumlarda, yemlere DHA takviyesi yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Liu (2006) bir araştırmada, hem Pasifik beyaz karidesi (*P. vannamei*) hem de Çin karidesinde (*F. chinensis*) yapay yemlere 1:3 oranında taze veya dondurulmuş *E. fetida* karıştırdıklarında, karideslerde büyüme, immünolojik parametreler ve et kalitesinde yükselme kaydetmişlerdir.

Bu tez çalışmasının 5. DENEME'sinde, balık unu (BU) yerine farklı oranlarda solucan unu (SU) ikamesi denenmiş ve öncelikle yem formülasyonunda kullanılan iki hammaddenin yağ asitleri kıyaslandığında; SFA'lar açısından balık ununun (BU, %33.03) solucan ununa (SU,

%15.86) kıyasla çok daha zengin olduğu ortaya çıkmıştır (özellikle C14:0 ve C16:0 açısından). MUFA'larca, her iki hammadde de benzer olmakla birlikte, BU'nun C16:1n-7 (%4.16) ve C18:1n-9 (%15.25), SU'nun ise C18:1n-7 (%11.26), C14:n-1 (%2.56) açısından zengin olduğu belirlenmiştir. BU'da mevcut olmayan, ancak SU'da bulunan yağ asitleri olarak C10:1, C12:1n-3 ve C12:1n-5 yağ asitleri dikkat çekmiştir. Toplam PUFA açısından SU'nun (%53.83) BU'dan (%41.26) daha zengin olduğu, detaya inildiğinde de, DHA haricindeki hemen hemen tüm bireysel PUFA yağ asitlerince SU'nun BU'dan daha zengin olduğu görülmektedir. Bunlar içerisinde en önemlileri C18:2n-6 (%13.45), C18:3n-3 (%9.31), C20:2n-6 (%2.67), C20:3n-3 (%8.96) ve C20:5n-3 (EPA, %12.58) sayılabilir. BU'nun içerdiği en yüksek PUFA'nın ise açık ara farkla DHA (%23.19) olduğu belirlenmiştir ($P<0.001$). Toplam n-3 PUFA'larca her iki hammadde birbirine benzer (%33-36) çıkmış, ancak n-6 PUFA'lar açısından ise, SU (%20.01)'nin BU'ya göre (%4.37) çok daha zengin olduğu anlaşılmıştır. BU'da n-3/n-6 oranı 8.32 çıkarken, bu oran SU'da 1.65 olarak hesaplanmıştır.

Deneme yemleri yağ asitleri profilleri kıyaslandığında, genel olarak bazı farklılıklara rağmen, yemler arasında yağ asitleri açısından büyük farklılıklar kaydedilmemiştir. Yem formülasyonlarında farklı oranlarda kullanılan balık yağı özellikle PUFA ve DHA seviyelerinin daha dengeli olmasına katkı getirmiştir. Deneme yemlerinde, S0 (%100 BU, kontrol) yeminin diğerlerinden daha yüksek SFA (%28.10) içerdiği, SU-katkı oranının artışıyla birlikte yemlerdeki SFA oranının azaldığı görülmüştür ($P<0.05$). S0 yeminin SU-katkılı yemlerden daha düşük oranda MUFA içerdiği ($P<0.05$), gerek n-3 PUFA gerekse n-6 PUFA'larca SU katkılı yemlerin bu yağ asitlerini biraz daha yüksek oranlarda içerdikleri belirlenmiştir. Yemler arasında EPA değerleri %5.39 ile %6.93 arasında değişmiş ve SU-katkılı yemlerin bu yağ asidince daha zengin, yemlerde %11.58 ile %13.56 arasında değişen DHA'nın ise BU-içeren kontrol yeminde diğerlerine kıyasla daha zengin olduğu anlaşılmıştır. Deneme yemlerinin n-3/n-6 oranları 0.93 ile 1.2 arasında, DHA/EPA oranları da 2.68 ile 2.51 arasında değişmiştir. Yemlere eklenen her iki hammadde olan BU ile SU'nun yağ asitleri içeriklerinin yemlerde belirlenen yağ asitleriyle paralellik gösterdiği net olarak görülmüştür (Şekil 4.23). Buna göre, gerek BU gerekse SU'nun içerdiği yağ asitlerinde belirlenen azalış ve yükselişler doğrudan doğruya yemlerde belirlenen aynı yağ asitlerinin seviyelerine yansıma yapmıştır.

Yemlerdeki yağ asitleri profillerinin neredeyse tamamının karideslerin et dokusundaki yağ asitleri profillerine yansıma yaptığı çok açık olarak Şekil 4.24'te net olarak görülmektedir. Yemlerde özellikle C18:2n-6, C20:3n-3, C20:5n-3 ve C22:n-6'da görülen pikler ve diğerlerindeki düşmeler olduğu gibi kaslarda da kaydedilmiştir. Et dokuda incelenen SFA'lar yemlerdeki SU katkısının artışıyla birlikte dokularda istatistik olarak düşme eğilimi göstermiştir ($P<0.05$). SFA'lar içerisinde en belirgin farklılık özellikle C16:0'da belirlenmiş, bu yağ asidinde seviye S0'da %20.80 iken, bu rakam S100'de %15.97'ye kadar gerilemiştir ($P<0.01$). İstatistik fark belirlenmiş olmasına rağmen, aslında deneme gruplarında kas MUFA içerikleri açısından büyük farklılıklar görülmemiş olup, bu yağ asitleri sadece C18:1n-9'da gruplar arasında bir farklılık belirlenmiştir. PUFA'lar açısından, yemlerde SU-katkısının artışı ile kas dokularında da bu yağ asitlerinin seviyelerinde belirgin bir artış gözlenmiştir [%50.25'ten (S0'da) %55.74'e kadar (S100'de)]. SU-katkılı yemlerle beslenen grupların tamamında da daha yüksek n-3 PUFA seviyeleri kaydedilmiştir ($P<0.001$). SU-katkılı yemlerle beslenen gruplarda n-3 PUFA seviyeleri %37.91 ile %38.78 arasında değişirken, bu oran S0'da %33.82'de kalmıştır. Kas dokuda n-3/n-6 oranı SU-katkılı yemlerle beslenen gruplarda 2.15-2.32 arasında, S0'da ise 2.07 olarak hesaplanmıştır. DHA/EPA oranı ise tam tersine S0'da 1.28, diğer S25-S100 gruplarında 1.00-1.26 olarak belirlenmiştir.

SU-ikamesine yönelik karides beslemede çok sınırlı sayıda çalışma yapılmış ve bu çalışmalardan birinde Habashy ve ark (2012) tatlısı karidesi (*M. rosenbergii*) için 4 farklı yem formüle ederek BU yerine %0, 25, 50, 75 ve %100 SU kullanmış ve bu yemlerle yürüttükleri deneme sonunda, en yüksek yaşama oranı, en iyi büyüme oranı (SBO) ve YÇO'yu %25 solucan unu ikame edilmiş yem ile elde etmişlerdir. Dolayısıyla, bu araştırmacılar, tatlı su karidesinin beslenmesinde BU yerine, %25 SU ikamesinin rahatlıkla önerilebileceğini bildirmişlerdir. Liu ve ark (2008) Çin karidesi (*F. chinensis*) ile yaptıkları bir çalışmada, yapay yem içerisine farklı oranlarda *E. fetida* karıştırarak, bu yemlerle besledikleri karideslerde 1:3 oranında (yapay yem/taze solucan) karıştırıldığında büyümenin arttığını, solucan katkısının artışıyla birlikte karides kas dokusundaki toplam aminoasit, esansiyel aminoasit, lezzet ile ilgili aminoasitler (glutamin, asparagin, glisin ve alanin) ve yem alımını uyarıcı aminoasitlerin (metiyonin, lisin ve glisin)

oranının yükseldiğini bulunmuşlardır. Bu araştırmacılar, taze solucan ikamesinin artışıyla birlikte kaslardaki toplam, esansiyel ve n-3 yağ asitleri ile n-3/n-6 oranında düşmeler görmüşlerdir. Araştırmacılar DHA'nın taze yemdeki oranının çok düşük olduğunu, ancak bunun karides büyümesine olumsuz etkide bulunmadığına dikkat çekmişlerdir. Sonuç olarak, bu araştırmacılar, *E. fetida*'nın karides yemlerinde ana protein kaynağı olarak kullanılması gerektiği durumlarda, yemlere DHA takviyesi yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Liu (2006) bir araştırmada, hem Pasifik beyaz karidesi (*P. vannamei*) hem de Çin karidesinde (*F. chinensis*) yapay yemlere 1:3 oranında taze veya dondurulmuş *E. fetida* karıştırdıklarında, karideslerde büyüme, immünolojik parametreler ve et kalitesinde yükselmeler kaydetmişlerdir. Bu tezde yürütülen son çalışmamızda, Deneme başlangıç ağırlıkları yavru karidesler, 5 haftada yüksek olarak kabul edilebilecek yaşama oranlarıyla (%62.22 - %86.77) ortalama 3.39 ile 4 g ağırlıklara ulaştırılabilmişlerdir. Bu süreçte, en yüksek yaşama oranı %86.67 ile S100 (%100 SU) grubunda, en düşük yaşama oranı ise S25 grubunda gerçekleşmiştir (F = 24.54, P<0.001). En yüksek deneme sonu ağırlık ortalaması S0'da 4 g, S50-S100'de 3.67-3.70 g ve en düşük ise S25'te 3.39 olarak belirlenmiştir (P<0.001). SBO açısından da sıralama benzer şekilde S0 (%2.19/gün), S50-100 (%1.81-1.91/gün) ve son olarak S25 (%1.72/gün) şeklinde gerçekleşmiş, ancak gruplar arasında istatistik bir farklılık belirlenmemiştir (F = 2.62, P<0.05). Gruplar toplam biyomas (hayatta kalan bireyler x ortalama ağırlık) açısından kıyaslandığında, en yüksek biyomasın S100'de (288 g) görüldüğü, bu açıdan diğer grupların sıralamasının ise S50 (272 g) > S0 (264 g), S75 (262 g) ve son olarak S25 (190 g) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.20). YÇO hesaplamaları, bu değerlerin 1.60 ile 2.25 arasında değiştiğini ve sıralamanın S0 ≤ S50 ≤ S100 ≤ S75 < S25 olduğunu göstermiştir (F = 7.32, P < 0.01). Yağ asitleri ve büyüme/yem tüketim performans değerleri dikkate alındığında, BU yerine SU-ikamesinin Pasifik beyaz karidesinin beslenmesinde %100'e kadar yapılabileceği belirlenmiştir.

Solucan ununun su ürünleri yemlerinde kullanımlarının yaygınlaştırılabilmesi için büyük ölçeklerde ve ekonomik olarak üretimlerinin yapılabilmesi ve pratik hasat tekniklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Nitekim, son zamanlarda, Çin başta olmak üzere birçok uzakdoğu ülkesinde yüksek tonajlarda solucan unu üretimi yapılmakta ve balık ununa göre daha uygun fiyatlarla satışa sunulmaktadır. Yaklaşık olarak 10-15 yıllık bir solucan-gübre üretim mazisi olan ülkemizde 2017

yılında tahminen 3000 adet civarında solucan üretim tesisi olduğu ve irili ufaklı bu tesislerde yaklaşık olarak 3 milyarın üzerinde bir solucan popülasyonu ile, 1 milyon tonun üzerinde organik gübre üretilmektedir (Anonymous, 2017). Sayıları hızla artmaya devam etmekte olan solucan üretim tesislerinde, solucan biyomaslarının bir süre sonra ihtiyacın çok üzerinde seviyelere çıkması kaçınılmaz olacak ve işletmeler solucanlarını yan ürün olarak satmaya çalışacaktır. Nitekim, özellikle Çin gibi birçok Uzakdoğu ülkelerinde solucan unu ve sıvı solucan katkı maddesi pazarlanmakta ve bunların akvakültür yemlerinde kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu çok değerli hayvansal protein kaynağının en iyi değerlendirme alanlarından birisi de yem sanayisi olacaktır. Bu tip kaynakların değerlendirilmesi ve katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi (solucan gübresi gibi) ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Farklı Kompostların *Eisenia fetida*'nın Büyüme, Üreme ve Vermikompost Üretimi Üzerine etkileri

- * Bu çalışmamız, ülkemizde herkesin uyguladığı rutin kompost karışımlarının dışında farklı hayvansal gübreler (büyükbaş, koyun, at ve tavuk gübreleri) ile bitkisel (çay posası) ve diğer bazı atıkların (gazete kağıdı ve tavuk yumurtası kabuğu) karışımlarının *E. fetida*'nın büyüme, üreme ve vermikompost üretimi üzerine önemli etkilerde bulunduğunu göstermiştir.
- * Büyükbaş hayvan gübresi kullanılan kompost karışımlarında, vermikompost üretimi, diğer hayvansal gübre kullanılan gruplara kıyasla, daha yüksek elde edilmiştir.
- * Farklı kompost karışımlarıyla beslenen solucanlarda ortalama ağırlıklar 0.51 g ile 0.59 g arasında değişmiştir; en hızlı canlı ağırlık artışının E grubunda (%60 tavuk gübresi + %25 çay posası + %5 gazete kağıdı + %10 yumurta kabuğu) olduğu görülmüştür.
- * Test edilen kompost karışımları içerisinde %50 oranında büyükbaş gübresi + %25 at gübresi + %25 çay posasının hem pratiklik hem de solucanlarda büyüme, üreme ve vermikompost performansları açısından uygun olduğuna karar verilmiştir.
- * Ülkemizde gıda ve işleme endüstrisinde işlenmiş ürünlerden arta kalan pekçok organik atıkların (bira, pekmez, malt sanayi, şekerpançarı işleme, meşrubat sanayi, salça sanayi, nişasta sanayi, sebze-meyve atıkları vb.) sığır gübresi veya diğer bazı hayvansal gübrelerle karıştırılarak ekonomiye kazandırılması veya çevre kirliliğinin minimize edilebilmesi mümkündür.

6.2. Toprak Solucanlarının Temel Besin Bileşenleri ve Yağ Asitleri Profillerinin Balık Unu ile Kıyaslanması

- * Büyükbaş gübresi, at gübresi ve çay posasından oluşan bir besleme rejiminde uzun süre tuttuğumuz solucanlarımızın kurumadde, ham protein, ham lipit ve ham kül içerikleri sırasıyla %17.60, %58.55, %1.93 ve %2.5 olarak belirlenmiştir.
- * Balık ununda ham protein, ham lipit ve ham kül sırasıyla %64.92, %9.66 ve %12.10 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, kültür koşullarımızda bulundurduğumuz *E. fetida*'nın oldukça yüksek protein, düşük lipit ve ham kül oranlarına sahip oldukları görülmektedir.

- * Ürettiğimiz solucanların bir kısmı ile ön-çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalarda canlı olarak solucanlar Pasifik beyaz karidesi (*Penaeus vannamei*) ve kırmızı kışkaçlı kerevitlere (*Cherax quadricarinatus*) besin olarak sunulduğunda, her iki türde de büyük bir ilgi ve hiperaktivite ile solucanların tüketildiği gözlenmiştir. Dolayısıyla, bu iki krustase türü için net bir şekilde solucanlarda lezzet veya herhangi bir toksik madde problemi ile karşılaşmadığı anlaşılmıştır.
- * Soğuk-kurutulmuş *E. fetida* ununda (SU) kuru madde oranı %93.9, protein seviyesi %62.1, ham kül %9.4, ve lipit %6 olarak belirlenmiştir.
- * Yağ asitleri analizlerimizde, *E. fetida*'da baskın yağ asitlerinin %48.30 ile PUFA'lar olduğu, bu grubu da MUFA'ların (%25.74) ve ardından da SFA'ların (%20.08) izlediği anlaşılmıştır. Analizini yaptığımız balık ununda (BU) bu yağ asitleri gruplarının sıralamaları %41.26 ile PUFA, %33.03 ile SFA ve %24.84 (MUFA) olarak belirlenmiştir.
- * Yağ asitleri açısından her iki yem hammaddesi (BU ve SU) arasındaki en büyük farklılıkların SFA'larda C14:0, C16:0 ve C18:0, MUFA'larda C12:1n-3, C14:n-1, C16:1n-7, C18:1n-7, C18:1n-9 ve PUFA'larda ise C18:2n-6, C18:3n-3, C20:2n-6, C20:3n-3, C22:6n-3 olduğu dikkat çekmiştir.
- * SU'daki n-6 PUFA seviyesi BU'daki seviyeden daha yüksek çıkmıştır. Her iki hammadde de EPA benzer miktarlarda bulunurken, SU'nın DHA içeriğinin BU'ya kıyasla (%23.9), çok zayıf olduğu (%0.38) dikkat çekmiştir.
- * Gerçekten de SU'nun yağ asitleri kompozisyonunun, aslında BU'ya benzer ve oldukça zengin olduğu, ancak herhangi bir canlının beslenmesinde olumlu sonuçlar alabilmek için öncelikle DHA açısından zenginleştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

6.3. Yataksız veya Yataklı Ortamda Hızlı ve Pratik Bir Şekilde Toprak Solucanlarının Bir Ticari Emülsifiye Solüsyon İle Zenginleştirilmesi

- * Akvakültürde besin olarak kullanmak amacıyla bir karasal hayvan olan *E. fetida*'nın HUFA'ca zenginleştirilmeye çalışılması ile ilgili ilk bilimsel araştırma bu tezimizde yürütülmüştür.
- * *E. fetida* kültüründe kullanılan kompost içerisinde yüksek oranlarda SFA (%25.22), MUFA (%24.72) ve hatta PUFA (%41.66) belirlenmiş olup, özellikle n-3 PUFA'ların (%33.86), dokozapentaenoik asidin (C22:5n-3, %26.09) ve DHA'nın (%7.77) seviyelerinin de şaşırtıcı bir şekilde yüksek olduğu bulunmuştur.

- * Genel kanımız, bu yağ asitlerinin sentezlenmesinde veya bulguların etkilenmesinde rol oynayan etmenin kompost içerisinde bulunan mikrobiyal popülasyondan kaynaklanmış olabileceği yönündedir.
- * Kompost içerisinde bulunan bu yağ asitlerinin bir kısmının yemlerle alınıp inek/-kanatlı/atların sindirim sistemlerinde parçalanmadan gübre içerisine karışmış olma ihtimali de gözardı edilmeden, bu konunun daha detaylı olarak araştırılması gerekmektedir.
- * Kompost veya vermikompostlarda bir miktar n-3 PUFA bulunabilmekte, ancak 22:5n-3 ve DHA'nın bu karasal organik materyallerde yüksek seviyelerde olabileceği ilk kez bu çalışmada ortaya konmuştur.
- * Burada ilginç olan bir nokta, yüksek seviyede besin değeri olan kompost ya da vermi-kompost materyalinin doğrudan yem hammaddesi olarak da kullanılabilmesinin mümkün olabileceği ihtimalidir. Bu alanda da yeni ve daha kapsamlı araştırmaların planlanması ve yürütülmesi çok yararlı olacaktır.
- * Kompost içerisine farklı dozlarda karıştırılan S-Presso miktarlarının 96-saat boyunca solucanlar tarafından tamamıyla tüketilemedikleri ve halen yüksek seviyede kompostlarda kaldıkları belirlenmiştir.
- * Çalışmamızda, 25/S-Presso grubunda 96-saat sonra kompost içerisinde kalan DHA oranının %36.85 gibi çok yüksek bir seviyede olduğu ve bunun halen zenginleştirilmemiş solucanlardaki DHA seviyesinden 97-kat daha yüksek olduğu dikkat çekmiştir.

6.3.1. Yataksız-Zenginleştirme Tekniği

- * *E. fetida*'nın hızlı ve pratik bir teknikle zenginleştirilebilmesini sağlayan yataksız-zenginleştirme tekniğinde 50/S-Presso dozu 24-saat içerisinde çok ciddi stress yaratarak solucanlarda yüksek seviyelerde mortaliteye neden olmuştur.
- * Daha düşük S-Presso doz-gruplarında (%10-25) herhangi bir sorun görülmemiş olup, deneme sonunda yapılan iki-yönlü ANOVA sonuçları Doz, Süre ile Doz x Süre interaksiyonlarının solucanların SFA, MUFA, PUFA, EPA, DHA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA içeriklerinde etkili olduğunu göstermiştir ($P<0.05$).
- * Sadece 12-saatlik bir zenginleştirme süresi içinde bile MUFA, EPA ve n-6 PUFA dışında üstte sıralanan tüm yağ asitleri ve gruplarında önemli artışlar oluşmuştur. Bu süreçte normal seviyesi %3.49 olan DHA, zenginleştirilmiş-gruplarda %14 seviyesine (>3-kat) kadar yaklaşmıştır ($P<0.001$).

- * Genel olarak, 0/S-Presso grubunda (kontrol) %1.71-3.58 arasında değişen DHA seviyeleri, zenginleştirme-gruplarında 24-saatte %8-9, 48-saatte %10-15 ve 96-saatte ise %14-18 civarlarına kadar çarpıcı yükselmeler göstermiştir.
- * Zenginleştirmenin genel olarak n-6 PUFA ve özellikle de EPA üzerinde etkileri ya olmamış ya da zayıf olmuştur.
- * Yataksız zenginleştirme tekniğinde 25/S-Presso grubunun özellikle n-3 PUFA, DHA ve n-3/n-6 oranları açısından tüm zenginleştirme sürelerinde daha etkili olduğu ve bundan dolayı da *E. fetida*'ların zenginleştirilmelerinde bu dozun (%25) önerilebileceği belirlenmiştir.
- * Süre açısından ise; sadece 12-saatlik hızlı bir zenginleştirmenin bile yeterli olabileceği, ancak istenirse 96-saatlik bir zenginleştirme süresinin daha yüksek n-3 PUFA ve DHA seviyelerini garantilemek adına tercih edilebileceği önerilmektedir.

6.3.2.Yataklı-Zenginleştirme Tekniği

- * Yataklama tekniği sayesinde uygulanan en yüksek S-Presso dozunda bile herhangi hiçbir sorun ile karşılaşılmamıştır. Yeni ortama ve zenginleştiriciye adapte olana kadar geçen süreçte, solucanların yatak içerisinde kaldığı ve kademeli bir şekilde yeni yaşam ortamına daha başarılı bir şekilde alıştığı görülmüştür.
- * Doz, Süre ile Doz x Süre interaksiyonlarının solucanların SFA, MUFA, PUFA, EPA (kısmen), DHA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA'lar üzerinde önemli etkilerde bulunduğu belirlenmiştir.
- * Zenginleştirme dozu açısından en büyük istatistiki farklılıklar özellikle n-3 PUFA ve daha da önemlisi DHA'da çok belirgin olarak ortaya çıkmış, en zayıf farklılıklar ise SFA, MUFA ve EPA'larda görülmüştür.
- * Zenginleştirme sürelerinin (12-96-saat) de, incelenen yağ asitleri ve grupları üzerine önemli etkilerde bulunduğu, bilhassa sürenin n-3 PUFA ve DHA üzerinde çarpıcı etkilerde bulunduğu anlaşılmıştır.
- * Genel olarak tüm zenginleştirme periyodu boyunca en az etkilenen/ etkilenmeyen yağ asitleri veya gruplarının SFA, EPA ve MUFA oldukları kaydedilmiştir. Tüm zenginleştirme periyotlarında stabil bir şekilde zenginleştirmenin en çok etkilediği yağ asidinin ise net olarak DHA olduğu dikkat çekmiştir.
- * Tek- yönlü ANOVA sonuçları, sadece 12-saatlik bir zenginleştirmenin bile (MUFA, EPA ve n-6 PUFA'lar hariç) tüm diğer yağ asitleri ve grupları (SFA, PUFA, n-3 PUFA, ve

DHA) arasında önemli farklılıklar oluşturduğu; bu süreçte zenginleştirme gruplarında en çok etkilenen yağ asidinin DHA olduğu anlaşılmıştır.

- * Yataklı-teknikte DHA'daki yükseliş, yataksız-teknığe kıyasla daha doğrusal bir şekilde gerçekleşmiş ve neticede 25/S-Presso grubunda 96-saatte %16.3'e kadar (kontrol grubuna göre 8.6-kat) artış göstermiştir. Yataksız-teknikte ise dalgalanmalarla birlikte seviye 96-saatte %17.74'e (kontrolle göre 9.37-kat) kadar ulaşmıştır.
- * Yataklı-teknikte tüm zenginleştirme gruplarında n-3 PUFA'ların seviyeleri doğrusal bir şekilde %31'lerden 96-saat içerisinde %44 civarlarına çıkarken, bu seviye 0/S-Presso'da %25.5 seviyesine düşmüştür.
- * Yataklı ve yataksız teknikler karşılaştırıldığında, 96-saatlik bir periyotta, n-3/n-6 oranları yataksız-zenginleştirmede 1.35'ten (0/S-Presso) 3.38'e çıkarken, yataklı-zenginleştirmede ise bu oran 1.56'dan 3.72'ye kadar yükselmiştir.
- * Buna göre, *E. fetida*'nın HUFA içeriğinin özellikle de DHA'ca zenginleştirilmesi amacıyla, sadece 12-saatlik bir periyot için yataksız zenginleştirme tekniği önerilirken, daha uzun periyotlarda zenginleştirmenin yataklı-teknik kullanılarak yapılması daha uygun görülmektedir.
- * Yataklı teknikte de test edilen S-Presso dozları için de önerilebilecek zenginleştirme doz oranı yine %25 olarak belirlenmiştir.

6.4. Ekonomik Ürünlerle (Balık Unu/Yağı) *Eisenia fetida*'nın HUFA'ca Zenginleştirilmesi

- * Balık unu (BU) ile kurulan denemenin ertesi gününde (%25 ve %50 BU içeren gruplarda) solucanlarda görülen ortamdaki kaçış ve yüksek mortalite nedeniyle, bu hammaddenin zenginleştirme için uygun olmayacağı sonucuna varılmıştır. Ancak daha düşük dozlarda BU ile de daha iyi sonuçların alınabilmesi mümkün olabilir.
- * Çalışma kapsamında BY ile *E. fetida* nın yağ asitleri profilleri karşılaştırılmış ve sonuçlar BY'nin SFA içeriklerinin (%31.96) solucanların içerdikleri seviyeden (%21.04) daha yüksek olduğunu, en belirgin farklılıkların C14:0, C16:0, C17:0 ve C18:0 YA'larda olduğunu göstermiştir.
- * *E. fetida*'nın MUFA içeriklerinin (%26.16) BY'dekine (%30.42) göre daha düşük olduğu, bu kapsamda en çarpıcı farklılıkların özellikle C12:1n-3, C14:1n-9, C16:1n7, C18:1n-7 ve C18:1n-9 YA'larda kaydedildiği, bunlardan da özellikle C18:1n-9'un BY'de çok yüksek bir oranda bulunduğu (%17.67) anlaşılmıştır.

- * BY'nin (%33.24) solucanlardan (%51.21) daha düşük oranda PUFA içerdiği, hem n-3 PUFA hem de n-6 PUFA'lar açısından ise farkın solucanlar lehine daha belirgin olduğu belirlenmiştir. Solucanların n-3 yağ asitlerinden C18:3n-3 (%11.8), C20:3n-3 (%9.65) ve C20:5n-3 (%9.05) açısından BY'den daha zengin, tersine C22:6n-3 (%14.17) açısından ise BY'nin solucanlara (%2.25) kıyasla daha zengin olduğu (>6-kat) görülmüştür.
- * İki-yönlü ANOVA sonuçları BY ile zenginleştirmenin SFA, MUFA, PUFA, EPA, DHA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA'larda önemli farklılıklar yarattığını göstermiştir.
- * Tek-yönlü ANOVA sonuçları, 24-saatlik bir zenginleştirmede bile üzerinde durulan tüm yağ asitleri ve grupları (SFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, EPA ve DHA) arasında önemli farklılıklar vermiştir.
- * Test edilen en yüksek doz olan 10/BY-grubunda 24-saat zenginleştirme işlemi özellikle n-3 PUFA'larda ciddi bir yükselişe neden olmuş ve bu süreçte 0/BY-grubuna kıyasla 10/B-grubunda %30'luk bir artış görülmüştür.
- * En çarpıcı zenginleşme, 24'ncü saatte, kontrol grubuna (0/BY) kıyasla (%0.87) yaklaşık 16-katlık bir artış ile 10/BY-grubunda (%13.55) belirlenen DHA'daki artış seviyesidir.
- * DHA'daki bu keskin artış, daha düşük doz gruplarında (2.5/BY ve 5/BY'de) da, 48'nci saatte gözlenmiştir (%13.44-14.62).
- * n-3/n-6 oranı tüm zenginleştirme gruplarında 24'üncü saatte 2.27-7.06, 48'inci saatte 3.18-3.90 ve 96'ncı saatte ise 3.07-3.10 olarak hesaplanmış olup, kontrol grubunda (0/BY) bu oranlar 1.61 ile 2.27 arasında değişmiştir.
- * Yağ asitleri analiz sonuçları ve ayrıca 96-saat içerisinde solucanların ulaştıkları ortalama ağırlık verileri, kompost içerisinde %2.5 ile %5 arasında BY ilavesinin zenginleştirme amacıyla önerilebileceğini, ancak 24-saat içerisinde hızlı bir zenginleştirme yapılması isteniyorsa kompost içerisindeki BY seviyesinin %10'na kadar çıkartılabileceğini göstermektedir.
- * Bu deneme, S-Presso gibi pahalı özel zenginleştirici ürünler kullanmadan da *E. fetida*'nın sadece BY ile n-3 PUFA (özellikle de DHA gibi çok önemli yağ asitlerinin) içeriklerinin hedeflenen seviyeye kadar zenginleştirilebileceğini açıkça göstermiştir.
- * Literatür bildirişleri, denizel solucanlarının yağ asitleri açısından toprak solucanı *E. fetida*'dan daha üstün besleyici özelliklere sahip olmadıklarını göstermektedir.

- * Genel olarak, *E. fetida*'da özellikle n-3 PUFA ve DHA'da elde ettiğimiz zenginleştirme düzeylerinin, denizel solucanlarda elde edilen zenginleştirme oranlarından daha da yüksek olduğu görülmüştür.
- * Bu tezde zenginleştirme çalışmalarımızın tümünde de, toprak solucanı *E. fetida*'nın gerek S-Presso gerekse BY ile çok kısa bir süre içerisinde (12-96 saat), uyguladığımız teknik ile, çok başarılı bir şekilde hem n-3 PUFA'lar hem de DHA'ca çok yüksek seviyelere kadar zenginleştirilebildiği ilk kez ortaya çıkartılmıştır.
- * Çalışmalarımızda solucanların DHA içeriği 96-saat içerisinde kontrol grubuna göre 9 ile 16-kat yükseltilecek %17-18'lere; n-3/n-6 oranı ise 3.38 ile 3.90'a kadar çıkartılabilmektedir.

6.5. Zenginleştirilen Solucanlar Akvakültür Sektöründe Ne Amaçla Kullanılabilir?

- * Toprak solucanları uzun yıllardır balıkların avcılığında ve ayrıca akvaryumculuk sektöründe canlı yem olarak değerlendirilmektedir.
- * Bugüne kadar yapılmış olan literatür taramalarında, halen toprak solucanlarının yağ asitleri profillerinin özellikle n-3 esansiyel yağ asitlerince zenginleştirilmelerine yönelik herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır.
- * Bilhassa, *E. fetida*'nın HUFA'larından DHA'nın (normalde çok düşük olan seviyesinin) bazı zenginleştirici solüsyon/maddelerle yükseltilmesinin, toprak solucanlarının denizel türlerin anaçlarının olgunlaştırılıp yumurtlatılmasında önemli bir yem kaynağı olarak değerlendirilmesine imkan verebileceği anlaşılmıştır.
- * Ayrıca, uygun teknik ve yöntemlerle işlenen veya kurutulan solucan unlarının, yem formülasyonlarına katkı maddesi olarak eklenmesiyle, içerdikleri bazı mikro-besinler ve/veya maddeler sayesinde, karideslerde büyümeyi uyandırıcı etkilerde bulunabileceği de öngörülmüştür.

6.5.1. Canlı Olarak Toprak Solucanlarının Beslemede Kullanılması

6.5.1.1. Anaç Beslemede

- * Bu doktora tezinde zenginleştirme çalışmalarımız *E. fetida*'nın özellikle n-3 PUFA (%44.56) ve DHA (%17.74) ve n-3/n-6 oranları (3.38) açısından kısa süreli zenginleştirme periyotlarıyla karides anaçları için çok daha kaliteli hale getirilebileceğini kanıtlamıştır. Ancak, halen karideslerde üremeyi uyaran bazı mikro-besinlerin toprak solucanlarında da var olup olmadıkları henüz araştırılmamış olup, bu eksikliğin de giderilmesi gerekmektedir.

- * Toprak solucanlarının deniz akrabalarına kıyasla hem fiyat hem de kullanılabilirlik ve besin içerikleri açısından alternatif oluşturabilecekleri görülmektedir.
- * Toprak solucanlarında hastalık bulaştırma riskinin azaltılması için beslenmelerinde hayvansal kompostlar yerine sadece bitkisel kompost atıklarının tercih edilmesi de çözümler sağlayabilir.
- * Literatür bilgileri ve zenginleştirme verilerimiz dikkate alındığında, karides (veya balık) anaç yemi olarak kullanılmak üzere, *E. fetida*'nın kültürlerinin yapıldığı kompost içerisinden hasat edilip, önce iyice yıkayıp temizlendikten ve depurasyon ile bağırsakları boşaltıldıktan sonra, balık yağı ile zenginleştirilmesi ve ardından belli gramajlarla dondurularak satışa sunulması kuluçkahaneler için çok kullanışlı bir yöntem olabilir.

6.5.1.2. Yavru Beslemede

- * Zenginleştirilmiş *E. fetida*'nın karides post-larvaları (PL) veya juvenillerinde, kerevit yavrularında, akvaryum balıklarında ve diğer birçok denizel balık ve krustaselerde rahatlıkla dondurularak-kıyılmış, taze-kıyılmış veya solucan unu şeklinde yem rasyonlarına eklenmiş olarak beslemede kullanılması mümkündür.
- * Literatürde belirtildiği gibi; solucanların 24-48 saat aç bırakıldıktan sonra haşlanması ve ardından kıyılması veya mikserde çekilmesi, içine yağsız süt tozu, yumurta, jelatin, mineral ve vitamin karışımları eklenerek buharda pişirilmesi ve böylece kek haline getirilmesi yavru yemi üretimi için uygun bir yöntem olabilir.

6.5.2. Protein Kaynağı veya Katkı Maddesi Olarak Solucan Ununun Yemlerde Kullanımı

- * Balık unu (BU) yerine farklı oranlarda solucan unu (SU) ikame çalışması için öncelikle yem formülasyonunda kullanılan iki hammaddenin yağ asitleri analiz edilmiş ve kıyaslanmıştır. Buna göre;
- * SFA'lar açısından BU'nun (%33.03) SU'ya göre (%15.86) çok daha zengin olduğu (özellikle C14:0 ve C16:0 açısından), MUFA'larca, her iki hammaddenin benzer olmakla birlikte, BU'nun C16:1n-7 (%4.16) ve C18:1n-9 (%15.25), SU'nun ise C18:1n-7 (%11.26), C14:n-1 (%2.56) açısından zengin olduğu belirlenmiştir.
- * BU'da mevcut olmayan, ancak SU'da bulunan yağ asitleri olarak C10:1, C12:1n-3 ve C12:1n-5 yağ asitleri dikkat çekmiştir.
- * Toplam PUFA açısından SU'nun (%53.83) BU'dan (%41.26) daha zengin olduğu, detaya inildiğinde de, DHA haricindeki hemen hemen tüm bireysel PUFA yağ asitlerince SU'nun BU'dan daha zengin olduğu görülmektedir. Bunlar içerisinde en önemlileri C18:2n-6

(%13.45), C18:3n-3 (%9.31), C20:2n-6 (%2.67), C20:3n-3 (%8.96) ve C20:5n-3 (EPA, %12.58) sayılabilir.

- * BU'nun içerdiği en yüksek PUFA'nın açık ara farkla DHA (%23.19) olduğu belirlenmiştir (P<0.001).
- * Toplam n-3 PUFA'larca her iki hammadde birbirine benzer (%33-36) çıkmış, ancak n-6 PUFA'lar açısından ise, SU (%20.01)'nin BU'ya göre (%4.37) çok daha zengin olduğu anlaşılmıştır.
- * BU'da n-3/n-6 oranı 8.32 çıkarken, bu oran SU'da 1.65 olarak hesaplanmıştır.
- * Yem formülasyonlarında farklı oranlarda kullanılan balık yağı özellikle PUFA ve DHA seviyelerinin daha dengeli olmasına katkı getirmiştir.
- * Yemlere eklenen her iki hammaddenin yağ asitleri içeriklerinin yemlerde belirlenen yağ asitleriyle paralellik gösterdiği net olarak görülmüştür. Buna göre, gerek BU gerekse SU'nun içerdiği yağ asitlerinde belirlenen azalış ve yükselişler doğrudan doğruya yemlerde belirlenen aynı yağ asitlerinin seviyelerine yansımaya yapmıştır.
- * Yemlerdeki yağ asitleri profillerinin neredeyse tamamının karideslerin et dokusundaki yağ asitleri profillerine yansımaya yaptığı çok açık ve net olarak belirlenmiştir.
- * Yemlerde özellikle C18:2n-6, C20:3n-3, C20:5n-3 ve C22:n-6'da görülen pikler ve diğerlerindeki düşmeler olduğu gibi kaslarda da kaydedilmiştir.
- * Yemlerde SU-katkısının artışı ile kas dokularında da PUFA seviyelerinde belirgin bir artış gözlenmiştir [%50.25'ten (S0'da) %55.74'e kadar (S100'de)].
- * SU-katkılı yemlerle beslenen grupların tamamında da daha yüksek n-3 PUFA seviyeleri kaydedilmiştir. SU-katkılı yemlerle beslenen gruplarda n-3 PUFA seviyeleri %37.91 ile %38.78 arasında değişirken, bu oran S0'da %33.82'de kalmıştır.
- * Kas dokuda n-3/n-6 oranı SU-katkılı yemlerle beslenen gruplarda 2.15-2.32 arasında, S0'da ise 2.07 olarak hesaplanmıştır.
- * DHA/EPA oranı ise tam tersine S0'da 1.28, diğer S25-S100 gruplarında 1.00-1.26 olarak belirlenmiştir.
- * Deneme başlangıç ağırlıkları 1.85 g olan yavru karidesler, farklı oranlarda SU içeren yemlerin test edildikleri çalışmada %62-87 yaşama oranlarıyla 5 haftada ortalama 3.39 ile 4 g ağırlıklara ulaştırılabilmişlerdir.

- * En yüksek deneme sonu ağırlık ortalaması S0'da 4 g, S50-S100'de 3.67-3.70 g ve en düşük ise S25'te 3.39 olarak belirlenmiştir.
- * En yüksek biyomasın S100'de (288 g) görüldüğü, bu açıdan diğer grupların sıralaması-nın ise S50 (272 g) > S0 (264 g), S75 (262 g) ve son olarak S25 (190 g) olduğu belirlenmiştir
- * YÇO hesaplamaları, bu değerin 1.60 ile 2.25 arasında değiştiğini ve sıralamanın $S0 \leq S50 \leq S100 \leq S75 < S25$ olduğunu göstermiştir.
- * Yağ asitleri ve büyüme/yem tüketim performans değerleri dikkate alındığında, BU yerine SU-ikamesinin Pasifik beyaz karidesinin beslenmesinde %100'e kadar yapılabileceği belirlenmiştir.
- * Solucan ununun su ürünleri yemlerinde kullanımlarının yaygınlaştırılabilmesi için büyük ölçeklerde ve ekonomik olarak üretimlerinin yapılabilmesi ve pratik hasat tekniklerinin geliştirilmesi gerekmektedir.
- * Sayıları hızla artmaya devam etmekte olan solucan üretim tesislerinde, solucan biyomaslarının bir süre sonra ihtiyacın çok üzerinde seviyelere çıkması kaçınılmaz olacak ve işletmeler solucanlarını yan ürün olarak satmaya çalışacaktır. Bu tip kaynakların değerlendirilmesi ve katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi (solucan gübresi gibi) ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Akiyama, T., Murai, T., Hirasawa, Y., Nose, T., 1984. Supplementation of various meals to fishmeal diet for salmon fry. *Aquaculture* 37: 217-222.
- Akiyama, D.M., 1992. Future considerations for shrimp nutrition and the aquaculture feed industry. In: *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming* (J. Wyban, ed). World Aquac. Soc., Baton Rouge, Louisiana, USA, pp. 198-205.
- Aktaş, M., Kumlu, M., Eroldoğan, O.T., 2003. Off-season maturation and spawning of *Penaeus semisulcatus* by photo-period, and/or temperature and eyestalk ablation in subtropical conditions. *Aquaculture*, 228(1-4): 361-370.
- Anonymous, 2017. <http://solucan-gubre.net/haber/turkiyede-3-bin-solucan-gubresi-ureticisi-var/>
- AOAC, 1990. Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry. (Helrich, K. editör). 15th Edn. Arlinton, VA. USA.
- Arts, M.T., Ackman, R.G., Holub, B.J., 2001. "Essential fatty acids" in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution. *Can. J. Fish. Aquat., Sci.* 58: 122-137.
- Bahadori, Z., Esmaylzadeh, L., Torshizi, M.A.K., 2015. The effect of earthworm (*Eisenia fetida*) and vermihumus meal in diet on broilers chicken efficiency and carcass components. *Biological Forum – An International Journal*, 7(1): 998-1005.
- Bligh, E.G., Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry. Physiology*, 37: 911-917.
- Bray, W.A., Lawrence, A.L., 1992. Reproduction of *Penaeus* species in captivity. In: Fast, A.W., Lester, J.L. (Eds.), *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. Elsevier, Amsterdam, pp. 93–170.
- Cahu, C.L., Guillaume, J.C., Stephan, G., Chim, L., 1994. Influence of phospholipid and highly unsaturated fatty acids on spawning rate and egg tissue composition in *Penaeus vannamei* fed semipurified diets. *Aquaculture*, 126:159-170.
- Champe, P.C., Harvey, R.A., Ferrier, D.R., 2008. *Biochemistry*, 4th ed. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, PA.

- Chauhan, A., Kumar, S., Singh, A.P., Gupta, M., 2010. Vermicomposting of vegetable wastes with cowdung using three earthworm species *Eisenia foetida*, *Eudrilus eugeniae* and *Perionyx excavatus*. *Nature and Science*, 8(1): 33-43.
- Chaves, R.C., De Paula, R.Q., Gücker, B., Marriel, I.E., Teixeira, A.O., Boëchat, I.G., 2015. An alternative fish feed based on earthworm and fruit meals for tilapia and carp postlarvae. *R. bras. Bioci. Porto Alegre*, 13(1): 15-24.
- Chiu, S-T., Wong, S-L., Shiu, Y-L. Chiu, C-H., Guei, W-C., Liu, C-H., 2015. Using a fermented mixture of soybean meal and earthworm meal to replace fishmeal in the diet of white shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*, 47: 3489-3500.
- Cova, J.A., Medina, A.L., Petrosimo, P., Bastardo, H., Bianchi, G., Rondon, M., Borges, Y.L., 2008. Effect of diet supplemented by earthworm (*Eisenia Andrei*) Flour on growth and hepatic parameters in mice. *Boletín Del Centro De Investigaciones Biológicas*, 42(1): 73–84
- Czesny, S., Dabrowski, K., 1998. The effect of egg fatty acid concentrations on embryo viability in wild and domesticated walleye (*Stizostedion vitreum*). *Aquat. Living Resour.*, 11: 371-378.
- Darmawiyanti, V., 2013. The evaluation of earthworm (*Pheretima* sp) enrichment on the chemical composition and ovarian development of female Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) broodstock. Master Thesis, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Indonesia, pp. 40.
- Dedeke, G.A., Owa, S.O., Olurin, K.B., 2010. Amino acid profile of four earthworms species from Nigeria. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 1(2): 97-102
- Dedeke G.A., Owa, S.O., Olurin, K.B., Akinfe, A.O., Awotedu, O.O., 2013. Partial replacement of fish meal by earthworm meal (*Libyodrilus violaceus*) in diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 5(9): 229-233.
- Dong, X.-H., Guo, Y.-X., Ji-Danye, Song, W.-D., Huang, X.-H., Wang, H., 2010. Apparent digestibility of selected feed ingredients in diets for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture Research*, 41: 1356-1364.

- Dynes, R. A., 2003. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Earthworms - Technology information to enable the development of earthworm production. Australia, Rural Industries Research and Development Corporation, 27.
- Ebadi, Z., Mirhadi, S.A., Yaghobfar, A., 2013. Comparison of the metabolizable energy and fatty acid profile of earthworm meal (*Eisenia fetida*) with fish meal (domestic and imported). Iranian Animal Science Researches Journal, 9: 24-29 (Farsça).
- Edwards, C.A., 1985. Production of feed protein from animal waste by earthworms. Philosophical Transactions of Royal Society of London, B 310: 299-307.
- Fadaee, R., 2012. A review on earthworm *Eisenia fetida* and its applications. Annals of Biological Research, 3(5): 2500-2506.
- Fairchild, E.A., Bergman, A.M., Trushenski, J.T. 2017. Production and nutritional composition of white worms *Enchytraeus albidus* fed different low-cost feeds. Aquaculture, 481(1): 16-24.
- FAO, 2016. *Penaeus vannamei*. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/en.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226, 497-509.
- Frederickson, J., Butt, K. R., Morris, R. M., Daniel, C., 1997. Combining vermiculture with traditional green waste composting systems. Soil Biology and Biochemistry, 29: 725-730.
- Garg, V.K., Chand, S., Chhillar, A., Yadav, A., 2005. Growth and reproduction of *Eisenia foetida* in various animal wastes during vermicomposting. Applied Ecology and Environmental Research, 3(2): 51-59.
- Gunya, B., Masika, P.J., Hugo, A., Muchenje, V., 2016. Nutrient composition and fatty acid profiles of oven-dried and freeze-dried earthworm *Eisenia foetida*. Journal of Food and Nutrition Research, 4(6): 343-348.
- Habashy, M.M., 2012. Effect of dried earth worm (*Aporrectodea caliginosa*) as replacement of fish meal on growth and survival rate of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (DE MAN 1879) larvae. Egypt. J. Aquat. Biol., Fish. 16(1): 105-114.
- Hansen, R.P., Czochanska, Z., 1975. The fatty acid composition of the lipids of earthworms. J. Sci. Food Agric., 26: 961-971.

- Herawati, W.E., Nugroho, R.A., Hutabarat, J., Kamaradjasa, O., 2016. Profile of amino acids, fatty acids, proximate composition and growth performance of *Tubifex tubifex* culture with different animal wastes and probiotic bacteria. *AAAL Bioflux*, 9(3), 614-622.
- Hill, G.T., Mitkowski, N.A., Aldrich, L., Emele, L.R., Jurkonie, D.D., Ficke, A., Maldonado, S., Lynch, S.T., Nelson, E.B., 2000. Methods for assessing the composition and diversity of soil microbial communities. *Applied Soil Ecology*, 15: 25-36.
- Hoang, N.D., Wouters, R., Wille, M., Thanh, V., Dong, T.K., Hao, N.V., Sorgeloos, P., 2009. A fresh-food maturation diet with an adequate HUFA composition for broodstock nutrition studies in black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798). *Aquaculture*, 297: 116-121.
- Honnens, H., Assheuer, T., Ehlers, R.U., 2014. Enrichment of the nematode *Panagrolaimus sp.*, a potential live food for marine aquaculture, with essential n-3 fatty acids. *Aquacult. Int.*, 22: 399-409.
- Ignacio, A., Carlos, A., Luois, A., Hebel, P., 1993. Nutritional and toxicological evaluation of earthworm (*Eisenia foetida*) meal as protein source for animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 42: 165-172.
- Istiqomah, L., Sofyan, A., Damayanti, E., Julendra, H., 2009. Amino acids profile of earthworm and earthworm meal (*Lumbricus rubellus*) for animal feedstuff. *Journal of Indonesian Tropical Animal and Agriculture*, 34(4): 253-257.
- Jithlang, I., (Basilmamış Veri). Lipid and Vitamin E Enrichment in Sand Worm (*Perinereis muntia*, Savigny). Coastal Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand (<http://www.lib.ku.ac.th/kuconf/kc4504039.pdf>).
- Jones, D.A., Salleh Kamaruddin, M., Levay, L., 1993. The potential for replacement of live feeds in larval culture. *J. World Aquacult. Soc.*, 24: 199-210.
- Kanazawa, A., Teshima, S., Ono, K., 1979a. Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and capacity of bioconversion of linolenic acid to highly unsaturated fatty acid. *Comp. Biochem. Physiol. B*, 63: 295-298.

- Kanazawa, A., Teshima, S., Ono, K., Chalayodeja, K., 1979b. Biosynthesis of fatty acids from acetate in the prawn, *Penaeus monodon* and *Penaeus merguensis*. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 28: 21-26.
- Kholodova, I., Mironova, V.N., Povkhan, M.F., Golodniĭ, N.M., Berdys-Hev, A.G., Bulevskĭ, N.V., Mel'nik, I.A., 1978. Lipid and fatty acid composition of *Eisenia foetida*. Ukr. Biokhim. Zh., 63(3): 76-81.
- Khomami, A.M., Mammadov, G.M., Fatemi, A.C., Sedaghatoor, S., 2016. Growth and reproductive performance of *Eisenia fetida* in cow manure, cow manure + sugarcane bagasse, and cow manure + sawdust waste. Applied Ecology and Environmental Research, 14(1): 237-247.
- Klinchoedchue, P., Jithlang, I., Samranrat, N. 2011. Optimum Duration for Tuna Oil and Vitamin E Enrichment in Sand Worm Feed (*Perinereis nuntia*, Savigny 1818). Technical Paper No. 23/2011, Coastal Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand.
- Kobayashi, H., Ohta, N., Umeda, M., 2004. Biology of lysenin, a protein in the coelomic fluid of the earthworm *Eisenia foetida*. International Review of Cytology, 236: 45-99.
- Koeleman, E., Schuitemaker, A., 2009. Ragworms show promise as substitute for fish meal. <http://www.allaboutfeed.net/Process-Management/Management/2009/11/Ragworms-show-promise-as-substitute-for-fish-meal-AAF011454W/>
- Kostecka, J., PaCzka, G., 2006. Possible use of earthworm *Eisenia fetida* (Sav.) biomass for breeding aquarium fish. European Journal of Soil Biology, 42: 231–233.
- Krome, C., Focken, U., 2016. Effects of earthworm, *Perionyx excavatus* meal in practical diets on growth and body composition of common carp, *Cyprinus carpio*. AACL Bioflux, 9(2): 340-344.
- Kumlu, M., Fletcher, D.J., Fisher, C.M., 1998. Larval pigmentation, survival and growth of *Penaeus indicus* fed the nematode *Panagrellus redivivus* enriched with astaxanthin and various lipids. Aquaculture Nutrition, 8(4): 193-200.

- Kumlu, M., Türkmen, S., Kumlu, M., 2010a. Thermal tolerance of *Litopenaeus vannamei* (Crustacea: Penaeidae) acclimated to four temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 35: 305-308.
- Kumlu, M., Kumlu, M., Türkmen, S., 2010b. Combined effects of temperature and salinity on critical thermal minima of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Crustacea: Penaeidae). *Journal of Thermal Biology*, 35: 302-304.
- Kumlu, M., Türkmen, S., Kumlu, M., Eroldoğan, O.T., 2011. Off-season maturation and spawning of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in sub-tropical conditions. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11: 15- 23.
- Langer, S., Bakhtiyar, Y., Lakhnotra, R., 2011. Replacement of fishmeal with locally available ingredients in diet composition of *Macrbrachium dayanum*. *African J. Agricultural Research*, 6(5): 1080-1084.
- Latsamy P., Perston T.R., 2007. Fly larvae, earthworms and duckweed as feeds for frogs in an integrated farming system. MSc Thesis, MEKARN-SLU <http://www.mekarn.org/MS2005-07/thesis07/lasts2.Htm>.
- Leger, P., Bengston, D.A., Simpson, K.L., Sorgeloos, P., 1986. The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 24: 521-623.
- Lèger, P., Sorgeloos, P., 1992. Optimized feeding regimes in shrimp hatcheries. In: A.W. Fast & J.L. Lester (eds.). *Marine shrimp culture: principles and practices*. Elsevier, Amsterdam, pp. 225-244.
- Li, Y., Liu, Q., Liu, F., Zhu, P., Zhang, L., Zhou, X., Chongyu Sun, C., Cheng, Y., 2016. Effects of different ratios of sewage sludge and cattle manure on growth and propagation of *Eisenia Fetida*. *PLoS ONE* 11(6): e0156492. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156492>
- Lima, R.B., Figueiredo-Lima, D.F., 2016. Critical review: essential fatty acids on shrimp feeding. *Sci. Agrar. Parana, Marechal Cândido Rondon*, 15(3): 236-243.
- Limsuwatthanathamrong, M., Sooksai, S., Chunhabundit, S., Noitung, S., Ngamrojanavanich, N., Petsom, A., 2012. Fatty acid profile and lipid composition of farm-raised and wild-caught

- sandworms, *Perinereis nuntia*, the diet for marine shrimp broodstock. *Asian Journal of Animal Sciences*, 6: 65-75.
- Liu, S-L., 2006. The effects of fresh diet *Eisenia foetida* on growth and immunological parameters of shrimps. Master Thesis. Graduate School , Chinese Academy of Sciences (Institute of Oceanography). <http://www.dissertationtopic.net/doc/1004157>.
- Liu S-L., Liu, Y., Chen M-Y, Zhou, Y., Zhang, T., Yang, H-S., 2008. Effects of fresh diet *Eisenia foetida* on growth and biochemical components of *Fenneropenaeus chinensis* juveniles. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1: 145-153.
- Liu, Z., Wang, J., Zhang, J., Yu, B., Niu, B., 2012. An extract from the earthworm *Eisenia fetida* non-specifically inhibits the activity of influenza and adenoviruses. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 32(4): 657-663.
- Loan, P.P., Nhi, H.Y., Van, T.T., Phu, T.P., 2009. Earthworm (*Perionyx excavatus*) as a main protein source for growing zig-zag eel (*Mastacembelus armatus*) in small household aquaculture-based farming system in the Mekong river delta. International Workshop. Livestock, climate change and the environment. [Http://www.mekam.org/workshops/ environ/PDF/loan.pdf](Http://www.mekam.org/workshops/environ/PDF/loan.pdf)
- Loresa, M., Gomez-Brandon, M., Perez-Diaz, D., Dominguez, J., 2006. Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 2993–2996.
- Lytle, J.S., Lytle, T.F., Ogle, J., 1990. Polyunsaturated fatty acid profiles as a comparative tool in assessing maturation diets of *Penaeus setiferus*. *Aquaculture*, 89: 287–299.
- Mason, Jr., Rottmann, R.W., Dequine, J.F. 1992. Culture of earthworms for bait or fish food. University of Florida Extension CIR1053, pp. 1-4.
- Medale, F., Kaushik, S., 2009. Protein sources in feed for farmed fish. *Cahiers Agricultures*, 18(2), 103-111.
- Medina, A.L., Cova, J.A., Vielma, R.A., Pujic, P., Carlos, M.P., Torres, J.V., 2003. Immunological and chemical analysis of proteins from *Eisenia foetida* earthworm. *Food and Agricultural Immunology*, 15: 255-263.

- Metcalfé, L., Schmitz, A., 1961. The lipid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.*, 33: 363–364.
- Mohanta, K.N., Subramanian, S., Korikanthimath, V.S., 2016. Potential of earthworm (*Eisenia foetida*) as dietary protein source for rohu (*Labeo rohita*) advanced fry. *Cogent Food and Agriculture* 2, 1138594. <http://dx.doi.org/10.1080/23311932.2016.1138-594>
- Mukti Pada, B., Mahapatra, S.C., Rao, P.S., Chakrabarty, D., Pal, H., 2012. Nutritive potential of earthworm (*Eisenia Foetida*) meal in the diet for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Int. Res. J. Pharm. App. Sci.*, 2(5): 117-123.
- Mura G., Ferrara F., Delise M., Fabietti F., Bocca A., 1997. Evaluation of the fatty acid profiles of two fairy shrimp species, *Branchipus pasai* Cottarelli, 1969 and *Chirocephalus kerkyrensis* Pesta, 1936 (Crustacea, Anostraca) fed different diets. In: Simovich M.A., Sassaman C., Belk D. (eds) *Studies on Large Branchiopod Biology and Conservation*. Developments in Hydrobiology, 125: 229-235.
- Mutti, D.W., Ballester, E.L.C., Wasielesky Jr., R.C.M.W., Cavalli, R.O., 2017. Feeding n-3 HUFA enriched *Artemia* to the larvae of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* increases stress tolerance and subsequent growth. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 45(1): 18-24.
- Nandeesh, M.C., Srikanth, G.K., Basavaraja, N., Keshavanath, P., Varghese, T.J., Bano, K., Ray, A.K., Kale, R.D., 1988. Influence of earthworm meal on the growth and flesh quality of common carp. *Biological Wastes*, 26: 189-198.
- Navarro, J.C., Henderson, R.J., Mcevoy, L.A., Bell, M.V., Amat, F., 1999. Lipid conversions during enrichment of *Artemia*. *Aquaculture*, 174: 155-166.
- Nguyen, H.Y.N., Preston, T.R., Ogle, B., Lundh, T., 2010. Effect of earthworms as replacement for trash fish and rice field prawns on growth and survival rate of marble goby (*Oxyeleotris marmoratus*) and Tra catfish (*Pangasius hypophthalmus*). *Livestock Research for Rural Development*, 22: 1-12.
- Ng, W.K., Liew, F.L., Ang, L.P., Wong, K.W., 2001. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*, 32(1): 273-280.
- NRC (National Research Council), 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. National

- Research Council of the National Academics, The National Academies Press, Washington D.C.
- Odds, O., 2013. Polychaetes as valuable fish feed ingredient. <http://www.allaboutfeed.net/Feed-Additives/Articles/2014/11/Polychaetes-as-valuable-fish-feed-ingredient-1556050W/>
- Ohta, N., Aizu, M., Kaneko, T., Sato, T., Kobayashi, H., 2003. Damage to the gills, skin and other tissues by lysenin and the coelomic fluid of the earthworm *Eisenia foetida* in two teleosts, *Tanichthys albonubes* and *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Experimental Zoology Part A: Comparative Experimental Biology*, 295: 117-126.
- Palacios, E., Perez-Rostro, C.I., Ramirez, J.L., Ibarra, A.M., Racotta, I.S., 1999. Reproductive exhaustion in shrimp *Penaeus vannamei* reflected in larval biochemical composition, survival and growth. *Aquaculture*, 171: 309-321.
- Paoletti, M.G., Buscardo, E., Vanderjagt, D.J., Pastuszyn, A., Pizzoferrato, L., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Millson, M., Cerda, H., Torres, F., Glew, R.H., 2003. Nutrient content of earthworms consumed by Ye'Kuana Amerindians of the Alto Orinoco of Venezuela. *Proc Biol Sci*, 270: 249-257.
- Piedad-Pascual, F., 1985. An evaluation of three annelids as feed ingredients in formulated diets for juvenile *Penaeus monodon*. *Fisheries Research Journal of the Philippines*, 10(1-2): 9-15.
- Plavsin, I., Velki, M., Ecimovic, S., Vrandecic, K., Cosic, J., 2017. Inhibitory effect of earthworm coelomic fluid on growth of the plant parasitic fungus *Fusarium oxysporum*. *European Journal of Soil Biology*, 78: 1-6.
- Primavera, J.H., 1983. Broodstock of Sugpo, *Penaeus monodon* Fabricus, Third edition: SEAFDEC Extension Manual, 7: 1-17.
- Pucher, J., Tuan N.N., Thihanhyen, T., Mayrho-Fer, R., El-Matbouli, M., Focken, U., 2014. Earthworm meal as fishmeal replacement in plant based feeds for common carp in semi-intensive aquaculture in rural northern Vietnam. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14: 557-565.

- Rees, J.F., Cure, K., Piyatirattivorakul, S., Sorgeloos, P., Menasveta, P., 1994. Highly unsaturated fatty acid requirements of *Penaeus monodon* postlarvae: an experimental approach based on *Artemia* enrichment. *Aquaculture*, 122: 193-207.
- Reinecke, A.J., Hayes, J.P., Cilliers, S.C. 1991. Protein quality of three different species of earthworms. *South African Journal of Animal Science*, 21(2): 99-103.
- Rezaeipour, V., Nejad, O.A., Miri, H.Y., 2014. Growth performance, blood metabolites and jejunum morphology of broiler chickens fed diets containing earthworm (*Eisenia foetida*) meal as a source of protein. *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.*, 2(8): 2483-2494.
- Sanipek, M., Eroldoğan, O. T., 2016. Pasifik beyaz karidesi (*Litopenaeus vannamei*) yavrularının yemlerinde balık unu ve yağı yerine bitkisel hammaddelerin kullanımı Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 34(6): 132-141.
- Sargent, J.R., Bell, M.V. And Tocher, D.R., 1993. Docosahexaenoic acid and the development of brain and retina in marine fish. In: Drevon, C.A., Baksaas, I. and Krokan, H.E. (Eds.), *Omega-3 Fatty Acids: Metabolism and Biological Effects*. Birkhauser-Verlag, Basel, Switzerland. pp. 139-149.
- Sargent, J.R., Bell, J.G., Bell, M.V., Henderson, R.J., Tocher, D.R., 1995. Requirement criteria for essential fatty acids. *J. Appl. Ichthyol.*, 11: 183-198.
- Sargent, J., Bell, G., Mcevoy, L., Tocher, D., Estevez, A., 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture*, 177: 191-199.
- Sheen, S.S., Wu, S.W., 1999. The effects of dietary lipid levels on the growth response of juvenile mud crab *Scylla serrata*. *Aquaculture*, 175: 143-153.
- Sherman, R., 2003. Raising Earthworms Successfully. North Carolina Cooperative Extension Service, Publication Number: EBAE 103-83, pp. 26.
- Singh, K., Nath, G., Rai, R., Shukla, R.C., 2013. Food Preference of *Eisenia foetida* among Different Combinations of Animal Dung and Agro/Kitchen Wastes. *Botany Research International*, 6 (1): 23-26
- Sogbesan, O.A., Ugwumba, A.A.A., Madu, C.T., Eze, S.S., Isa, J., 2007. Culture and utilization of earthworm as animal protein supplement in the diet of *Heterobranchius longifilis* fingerlings. *J. Fish. Aquat. Sci.*, 2: 375-386.

- Sorgeloos, P., Dhert, P., Candreva, P., 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture*, 200:147–159.
- Stafford, E.A., Tacon, A.G.J., 1984. Nutritive value of the earthworm, *Dendrodilus subrubicundus*, grown on domestic sewage, in trout diets. *Agricultural Wastes*, 9: 249-266
- Stafford, E.A., Tacon, A.G.J., 1985. The nutritional evaluation of dried earthworm meal (*Eisenia foetida*, Savigny, 1826) included at low levels in production diets for rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Aquaculture Research*, 16(3): 213–222.
- Suprayudi, M.A., Takeuchi, T., Hamasaki, K., 2004. Effects of *Artemia* enriched with eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid on survival and occurrence of molting failure in megalop larvae of the mud crab *Scylla serrata*. *Fish. Sci.*, 70: 650-658.
- Tacon, A.G.J., Stafford, E.A., Edwards, C.A., 1983. A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout. *Aquaculture*, 35: 187-199.
- Tacon, A.G.J., Metian, M., 2009. Fishing for aquaculture: Non-food use of small pelagic forage fish-a global perspective. *Reviews in Fisheries Science*, 17: 305-317.
- Takeuchi, T., Nakamoto, Y., Hamasaki, K., Sekiya, S., Watanabe, T., 1999. Requirement of n-3 highly unsaturated fatty acids for larval swimming crab *Portunus trituberculatus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 65: 797-803.
- Titov, I.N., Ilyin, E.A., Larionov, N.P., 2006. Vermiculture: new pharmaceuticals review. The 8th International Symposium on Earthworm Ecology. Kraków, Poland. 246.
- Tocher, D.R., 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater sh. *Aquaculture Research*, 41: 717-732.
- Tram, N.D.Q., Ngoan, L.D., Ogle, B., 2005. Culturing earthworms on pig manure and the effect of replacing trash fish by earthworms on the growth performance of Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*). [http://www. Mekam.org/ msc2003-05/theses05 /tram_p2.pdf](http://www.Mekam.org/msc2003-05/theses05/tram_p2.pdf)
- Tuan, N.N., 2010. Development of supplemental diets for carp in Vietnamese upland ponds based on locally available resources. PhD Thesis, Faculty of Agricultural Sciences at University of Hohenheim, Germany.

- Tziouveli, V., Hall, M., Smith, G.G., 2012. Evaluation of lipid-enriched *Artemia* on the reproductive performance of the white-striped cleaner shrimp, *Lysmata amboinensi*. *Aquacult. Int.*, 20: 201–211.
- Velasquez, L., Ibañez, I., Herrera, C., Oyarzun, M., 1991. A note on the nutritional evaluation of worm meal (*Eisenia fetida*) in diets for rainbow trout. *Animal Production* 53(01), 119-122.
- Velu, C.S., Munuswamy, N., 2004. Improving the fatty acid profile of fairy shrimp, *Streptocephalus dichotomus*, using a lipid emulsion rich in highly unsaturated fatty acids. *J. Agric. Food. Chem.*, 52(23): 7033-7038.
- Venter, J.M., Reinecke, A.J., 1998. The life-cycle of the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *S. Afr. J. Zool.*, 23(3): 161-165.
- Watanabe, T., Izquierdo, M.S., Takeuchi, T., Satoh, S., Kitajima, C., 1989. Comparison between eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficiency in larval red seabream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55: 1635-1640.
- Watanabe, T., 1991. Importance of docosahexaenoic acid in marine larval fish. *Eur. Aquacult. Soc., Special Publ.* 15: 19 p.
- Webster, C.D., Lovell, R.T., 1990. Responses of striped bass larvae fed brine shrimp from different sources containing different fatty acid compositions. *Aquaculture*, 90: 49-61.
- Wouters, R., Gomez, L., Lavens, P., Calderon, J., 1999. Feeding enriched *Artemia* biomass to *Penaeus vannamei* broodstock: its effect on reproductive performance and larval quality. *J. Shellfish Res.*, 18: 651-656.
- Xu, X.L., Ji, W.J., Castell, J.D., O'dor, R.K., 1994. Effect of dietary lipid sources on fecundity, egg hatchability and egg fatty acid composition of Chinese prawn (*Penaeus chinensis*) broodstock. *Mar. Fish. Res.*, 13: 13-19.
- Yaqub, H.B., 1997. Earthworm and maggot meals as a potential fishmeal replacement. <http://www.oceandocs.org/bitstream>
- Zou Q., Lin, Y., Zen, Y., Zou, J., 2012. Effect of different level of *Eisenia foetida* and vermicompost on growth and muscle nutrition of *Carassius auratus*. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTototal-SCYZ201210019.htm

ÖZGEÇMİŞ

1977 doğumlu Asuman BEKSARI ilk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamlamış, lisans eğitimi için 1995 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ni 1999'da tamamlayarak, Su Ürünleri Mühendisi unvanı ile mezun olmuştur. 2002 yılında girdiği Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesini yaparak, 2005 yılında Yüksek Su Ürünleri Mühendisi unvanını almaya hak kazanmıştır. Birçok su ürünleri firmasında yöneticilik pozisyonlarında tecrübe sahibi olan ve 'Karides Yetiştiriciliği' alanında çeşitli projelerde araştırmacı olarak çalışan Asuman BEKSARI, 2013 yılında yine Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı'nda başladığı Doktora çalışmalarına halen devam etmektedir.