ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Oğuz TAŞBOZAN

L-KARNİTİN VE FARKLI YAĞ SEVİYELERİ İLE HAZIRLANAN YEMLERLE BESLENEN ÇİPURALARIN (*Sparus aurata*) BÜYÜME PERFORMANSI VE VÜCUT KİMYASAL KOMPOZİSYONLARININ BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

SU ÜRÜNLERİ ANA BİLİM DALI

ADANA, 2005

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

L-KARNİTİN VE FARKLI YAĞ SEVİYELERİ İLE HAZIRLANAN YEMLERLE BESLENEN ÇİPURALARIN (*Sparus aurata*) BÜYÜME PERFORMANSI VE VÜCUT KİMYASAL KOMPOZİSYONLARININ ARAŞTIRILMASI

Oğuz TAŞBOZAN

DOKTORA TEZİ

SU ÜRÜNLERİ ANA BİLİM DALI

Bu Tez …./…./2005 Tarihinde Jüri Üyeleri Tarafından Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

İmza ……..	İmza ……..	İmza ……..
Doç. Dr. Mahmut Ali GÖKÇE	Prof. Dr. Metin KUMLU	Prof. Dr. Hasan Rüştü KUTLU
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

İmza ……..	İmza ……..
Yrd. Doç. Dr. Nazmi TEKELİOĞLU	Yrd. Doç. Dr. Kenan ENGİN
ÜYE	ÜYE

Bu tez Enstitümüz Su Ürünleri Ana Bilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.
Proje No: FBE 2002 D143

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

L-KARNİTİN VE FARKLI YAĞ SEVİYELERİ İLE HAZIRLANAN YEMLERLE BESLENEN ÇİPURALARIN (*Sparus aurata*) BÜYÜME PERFORMANSI VE VÜCUT KİMYASAL KOMPOZİSYONLARININ BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Oğuz TAŞBOZAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ ANA BİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Mahmut Ali GÖKÇE
Yıl: 2005, Sayfa Sayısı: 105,
Jüri: Prof. Dr. Metin KUMLU
Prof. Dr. Hasan Rüştü KUTLU
Yrd. Doç. Dr. Nazmi TEKELİOĞLU
Yrd. Doç. Dr. Kenan ENGİN

Bu çalışmada, iki farklı deneme kurgulanmıştır. I. denemede yemlere eklenen L-karnitinin (0, 1, 2, 3 ve 4 g/kg yem; sırasıyla G0, G1, G2, G3 ve G4) çipura balıklarının büyüme performansları ve vücut kimyasal kompozisyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. İlk denemede, 5,29±0,97 g ağırlığındaki balıklar, her grup için 3 tekerrür olacak şekilde stoklanarak 45 gün boyunca yemlenmişlerdir. Deneme sonucu verilerine göre, G3 ve G4'teki Son Ağırlık (SA), Canlı Ağırlık Kazancı (CAK) ve Yem Etkinlik Oranı (YEO)'nın diğer gruplara oranla daha iyi olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Yapılan yağ asitleri ve nötral yağ asitleri sonuçları, yağ asitleri kullanımının karaciğer ve kaslarda etkin olduğu ve aynı zamanda Triaçilgliserol (TAG)'lerin enerji amacıyla kullanılmasının artan L-karnitin ilâvesiyle paralel olarak arttığı belirlenmiştir. II. Denemede ise, 4,04±0,01 g ağırlığındaki çipuralar, 43 gün süreyle, iki farklı yağ (%12,5 ve 20) seviyesine ek olarak L-karnitinin üç farklı (0, 2 ve 3 g/kg yem) seviyesinin kombinasyonu ile hazırlanmış yemlerle beslenmişlerdir. Bu denemede, farklı yağ seviyelerinin L-karnitin ile birlikte balık büyüme ve vücut kimyasal kompozisyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Denemede elde edilen veriler, balıkların büyüme parametreleri açısından yağ ve L-karnitin faktörlerinin herhangi bir etkisinin olmadığını ortaya çıkarmıştır ($p>0,05$). Tüm vücut kompozisyonları analizleri ise, balıkların kaslarındaki protein oranının deneme başındaki orana göre az da olsa arttığını göstermiştir. Yağ asitleri sonuçlarında yine L-karnitin ve yağ faktörlerinin belirgin etkileri gözlenmezken, sadece birkaç yağ asidi üzerine etkisi olmuş ve daha detaylı sonuçların alındığı nötral yağ asitleri verilerine göre, hem yağ hem de L-karnitin ilâvesinin, balık kas ve karaciğerlerinde TAG ve Serbest Yağ Asitleri (SYA) değerlerini önemli derecede değiştirdiği, yemdeki yağ seviyesinin artmasıyla bu nötral yağ sınıflarının daha etkin bir şekilde kullanıldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Sparus aurata,* L-karnitin, yağ, yağ asitleri, nötral yağ sınıfları

ABSTRACT

PhD THESIS

AN INVESTIGATION ON DETERMINATION OF DIFFERENT LEVELS OF DIETARY SUPPLEMENTAL L-CARNITINE AND LIPID ON GROWTH PERFORMANCE AND BODY CHEMICAL COMPOSITION OF GILTHEAD SEA BREAM (*Sparus aurata*)

Oğuz TAŞBOZAN

DEPARTMENT OF ANIMAL SCIENCE
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF CUKUROVA

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mahmut Ali GÖKÇE
Year: 2005, Pages: 105,
Jury: Prof. Dr. Metin KUMLU
Prof. Dr. Hasan Rüştü KUTLU
Asst. Prof. Dr. Nazmi TEKELİOĞLU
Asst. Prof. Dr. Kenan ENGİN

Two different experiments were carried out in this study. 1st experiment dealt with the effect of different L-carnitine levels (0, 1, 2, 3 ve 4g/kg diet; G0, G1, G2, G3 ve G4 respectively) on growth performance and proximate composition of sea bream. The fish (5.29±0.97 g) were grown on experimental diets for 45 days in three replicates. The results showed that higher growth, weigth gain and feed efficiency were displayed by G3 and G4 than the other groups ($P<0.05$). The utilization of fatty acids in fish liver and muscles were more effective in the same experimental groups than the other groups, and also, triacylglyserol (TAG), which is used for energy production, rose with L-carnitine levels. In the 2nd experiment, sea bream (4.04±0.01 g) were fed for 43 days with prepared diets containing two different lipid (12.5 and 20%) and three different L-carnitine level (0, 2 and 3 g/kg diet) combinations. This experiment was undertaken to investigate the effects of growth performance and proximate composition of graded dietary lipid and L-carnitine levels in sea bream. According to the results, there were no effects of lipid and L-cartnitine supplementation as well as interaction of both factors on growth or lipid composition of the fish ($p>0.05$). On the other hand, whole body composition results showed slight differencies between the initial and final protein composition of the fish. There was no clear effects of lipid or L-carnitine on fatty acid composition of the fish. In contrast, TAG and free fatty acids (FFA) results indicated that L-carnitine and lipid levels were affected in the fish liver and muscles. These neutral lipid classes were used more effectively when the lipid levels of the diets was increased.

Key Words: *Sparus aurata,* L-carnitine, lipid, fatty acids, neutral lipid classes.

TEŞEKKÜR

Doktora tez projemin belirlenmesinden son aşamasına kadar olan her konuda ve özellikle bilimsel anlamdaki tecrübesini benimle paylaşan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mahmut Ali GÖKÇE'ye; her anlamda yakın ilgi ve alakalarından dolayı Yetiştiricilik Bölüm Başkanı ve Fakülte Dekan Yardımcısı Sayın Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER'e; doktora tez projem sırasında bilimsel kaynak ve bilgi anlamında yardımlarını gördüğüm Sayın Prof. Dr. Hasan Rüştü KUTLU'ya, Yrd. Doç. Dr. Kenan ENGİN'e, Yrd. Doç. Dr. Ladine ÇELİK'e; araştırmamın ilk denemesinde her türlü imkânı sağlayan, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Merkezi, Beymelek İşletmesi eski Müdürü Sayın Dr. Atilla ÖZDEMİR ve şahsında tüm personeline; ilk denemede kullanılan yemlerin hazırlanmasında yardımcı olan T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Merkezi Kepez, Antalya'da görevli Sayın Dr. İbrahim DİLER'e; her zaman desteğini gördüğüm Ar. Gör. Ş. Surhan TABAKOĞLU'na; denemelerde kullanılan L-karnitin materyalini sağlayan ve değerli bilgilerini paylaşan Sayın Dr. Stephan JACOBS'a; yakın ilgisiyle yardımlarını esirgemeyen Sayın İsa ALTIOK'a; doktora tez projemin ikinci bölümünde, bilimsel anlamda bana daima destek olan Sayın Dr. Maria ALEXİ'ye; laboratuar çalışmalarım sırasında kendisinden önemli yardımlar gördüğüm Sayın Dr. Eleni FOUNTOULAKI'ye, denememin kurulması aşamasında ve test kitlerinin temini konusunda bana maddi ve bilimsel anlamda yardımcı olan Sayın Dr. Ioannis NENGAS'a; denemenin son aşamasında yapmış olduğum örneklemeler sırasında yardımlarını gördüğüm Demetra NIKOLOPOULOU'ya; tez projemin bu bölümünde bana 1 yıllık burs olanağı sağlayan Yunanistan IKY Burs Komisyonu'na ve bu süre içerisinde bana danışmanlık yapan Sayın Dr. Spyros KLAOUDATOS'a; doktora tez projem süresince maddi destek sağlayan Ç.Ü. Araştırma Fonu'na; her aşamada ve her konuda bana destek olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezi, özellikle sonsuz özverisi ile daima benim yanımda olan, maddi ve manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen, canım annem Aynur TAŞBOZAN'a adıyorum.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ…….. I

ABSTRACT…….. II

TEŞEKKÜR…….. III

İÇİNDEKİLER……. IV

SİMGELERVE KISALTMALAR……..... VII

ÇİZELGELER DİZİNİ……...……..... IX

ŞEKİLLER DİZİNİ…….. XI

1.GİRİŞ……..…….…….. 1

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR……. 6

2.1. Giriş……..... 6

2.2. L-karnitinin Tanımı…….……..... 6

2.2.1.Tarihçesi…… 6

2.2.2. Formülasyonu……..……. 7

2.2.2.1. L-karnitin Kristâlize……..……..….. 7

2.2.2.2. L-karnitin L-Tartrat……..…… 8

2.2.2.3. L-karnitin Mağnezyum Sitrat……..……. 9

2.2.2.4. Asetil-L-karnitin…….…….. 9

2.2.3. Karnitinin Doğadaki Kaynakları…….. 10

2.2.4. Karnitinin Vücutta Bulunuşu…… 11

2.2.5. L-karnitinin Sentezi……..... 11

2.2.6. L-karnitinin Metabolik Görevleri……..…….….. 13

2.2.6.1. Uzun Zincirli Yağ Asitlerinin Mitokondrial Matrikse Taşınması..... 13

2.2.6.2. KoA Havuzunun Tamponu ve Açil Gruplarının Detoksifikasyonu…. 14

2.2.6.3. Kısa ve Orta Zincirli Yağ Asitlerinin Mitokondriden Taşınması…..… 15

2.2.7. L-karnitinin Kullanıldığı Alanlar……..... 16

2.2.8. Metabolizmada L-karnitin Eksikliği……. 17

2.2.9. L-karnitinin Hayvanlarda Kullanımı……..... 17

2.3. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde L-karnitin Kullanımı ile İlgili Çalışmalar…. 19

2.4. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Yemlerde Kullanılan Farklı Yağ Seviyeleri ile İlgili Çalışmalar……..... 33

3. MATERYAL VE METOD……..... 44
3.1. Denemede Kullanılan Materyaller…… 44
3.1.1. I. Denemede Kullanılan Materyaller…… 44
3.1.2. II. Denemede Kullanılan Materyaller…….……..…. 46
3.2. Denemelerin Dizaynı……..... 48
3.2.1. I. Deneme Dizaynı……..……. 48
3.2.2. II. Deneme Dizaynı……..…… 49
3.3. Denemeler Süresince Alınan Su Kalite Parametreleri Ölçümleri…… 50
3. 4. Balıklardaki Büyüme Parametreleri Ölçümleri…….. 51
3.5. Denemelerde Kullanılan Analiz Metotları…….. 52
3.5.1. I. Denemede Kullanılan Analiz Metotları……..……. 52
3.5.1.1. I. Deneme Kimyasal Kompozisyon Analizleri……. 53
3.5.2. II. Denemede Kullanılan Analiz Metotları…….……. 55
3.5.2.1. II. Deneme Kimyasal Kompozisyon Analizleri……..….. 56
3.5.3. Denemelerdeki Yağ Asitleri Kompozisyonu ve Nötral Yağ Sınıfları Analizleri……...……. 58
3.5.4. Deneme Yemlerinde L-karnitin Analizleri…….. 61
3.5.5. Denemelerde Kullanılan İstatistiksel Analizler…….…….…. 62
4. BULGULAR VE TARTIŞMA……. 63
4.1. I. Deneme…….. 63
4.1.1. Balıklardaki Büyüme Parametreleri……...….. 63
4.1.2. Kas ve Karaciğerdeki Kimyasal Kompozisyon İçerikleri…….. 68
4.1.3. Balık Kas ve Karaciğerlerinde Yağ Asitleri Kompozisyonu İçerikleri… 70
4.1.4. Balık Kas ve Karaciğerlerinde Nötral Yağ Sınıfları Kompozisyonu İçerikleri…… 73
4.2. II. Deneme……. 75
4.2.1. Balıklardaki Büyüme Parametreleri…….……... 75
4.2.2. Kas ve Karaciğerdeki Kimyasal Kompozisyon İçerikleri…….…. 77
4.2.3. Balıklardaki Tüm Vücut Kimyasal Kompozisyon İçerikleri ve KSİ Değerleri……. 79
4.2.4. Balık Kas ve Karaciğerlerinde Yağ Asitleri Kompozisyonu İçerikleri… 81

4.2.5. Balık Kas ve Karaciğerlerinde Nötral Yağ Sınıfları Kompozisyonu İçerikleri……..….. 85
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER……... 89
KAYNAKLAR…….. 93
ÖZGEÇMİŞ……... 105

SİMGELER VE KISALTMALAR

ATP : Adenozin Tri Fosfat
BA : Başlangıç Ağırlığı
CAK : Canlı Ağırlık Kazancı
ÇDYA : Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
DAG : Diaçilgliserol
DCP : Dikalsiyum Fosfat
DHA : Dokosaheksaenoik asit
DYA : Doymuş Yağ Asitleri
EDO : Enerji Depo Oranı
EPA : Ekosapentaenoik asit
GBİ : Günlük Büyüme İndeksi
GSİ : Gonad Somatik İndeksi
GYA : Günlük Yem Alımı
HP : Ham Protein
HY : Ham Yağ
K : Kolesterol
KAT : Karnitin-Asetil-Transferaz
KE : Kolesterol Ester
KM : Kuru Madde
KMS : Karboksi Metil Selüloz
KoA : Koenzim A
KPT : Karnitin-Palmitoil Transferaz
KSİ : Karaciğer Somatik İndeksi
KT : Karnitin Translokaz
MAG : Monoaçilgliserol
MBO : Metabolik Büyüme Oranı
OZYA : Orta Zincirli Yağ Asitleri
PALP : Pridoksal 5-Fosfat
PDO : Protein Depo Oranı

PEO : Protein Etkinlik Oranı

SA : Son Ağırlık

SAM : S-Adenosil Omosistin

SBO : Spesifik Büyüme Oranı

SYA : Serbest Yağ Asitleri

TAG : Triaçilgliserol

TDYA : Tekli Doymamış Yağ Asitleri

UZYA : Uzun Zincirli Yağ Asitleri

VSİ : Viseral Somatik İndeksi

YEO : Yem Etkinlik Oranı

YO : Yaşama Oranı

YODYA : Yüksek Oranda Doymamış Yağ Asitleri

∑ : Toplam

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 2.1. Bazı Besin Ham Maddelerinde Bulunan Doğal L-karnitin İçerikleri…….. 10
Çizelge 2.2. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Bazı Balıklar İçin Lonza Şirketi Tarafından Önerilen L-karnitin Dozları……..... 18
Çizelge 2.3. Balık ve Karides Yemlerinde Doğal Olarak Bulunan L-karnitin Miktarları……..... 18
Çizelge 3.1. I. Denemede Kullanılan Yemlerin İçeriği…….. 45
Çizelge 3.2. I. Denemede Kullanılan Yemlerin Yağ Asitleri Kompozisyonları…… 46
Çizelge 3.3. II. Denemede Kullanılan Yemlerin İçeriği…… 47
Çizelge 3.4. II. Denemede Kullanılan Yemlerin Yağ Asitleri Kompozisyonları……. 48
Çizelge 4.1. Deneme Sonucunda Balıklarda Gözlenen SA, SBO, YEO, GYA, GBİ Büyüme Parametreleri…… 64
Çizelge 4.2. Deneme Sonucunda Balıklarda Gözlenen KSİ, VSİ, PEO, YO Ortalamaları…… 66
Çizelge 4.3. Deneme Sonucunda Balıklarda Kas ve Karaciğerdeki Kimyasal Kompozisyon İçerikleri……. 69
Çizelge 4.4. Deneme Sonucunda Balık Kaslarındaki Yağ Asitleri Kompozisyonu İçerikleri…… 71
Çizelge 4.5. Deneme Sonucunda Balık Karaciğerlerindeki Yağ Asitleri Kompozisyonu İçerikleri…… 72
Çizelge 4.6. Deneme Sonucunda Balık Kaslarındaki Nötral Yağ Sınıfları Kompozisyonu İçerikleri…… 73
Çizelge 4.7. Deneme Sonucunda Balık Karaciğerlerindeki Nötral Yağ Sınıfları Kompozisyonu İçerikleri……..... 74
Çizelge 4.8. II. Deneme Sonucunda Balıklarda Gözlenen SA, CAK, SBO, GBİ Büyüme Parametreleri……..... 75

Çizelge 4.9. II. Deneme Sonucunda Balıklarda Gözlenen PEO, PDO, YEO, GYA, YO Büyüme Parametreleri……... 76
Çizelge 4.10. II. Deneme Sonucunda Balık Kaslarında Belirlenen Kimyasal Kompozisyon İçerikleri…… 78
Çizelge 4.11. II. Deneme Sonucunda Balık Karaciğerlerinde Belirlenen Kimyasal Kompozisyon İçerikleri…… 79
Çizelge 4.12. II. Deneme Başlangıcı ve Sonunda Balıklardaki Tüm Vücut Kimyasal Kompozisyon İçerikleri ve KSİ Değerleri…… 80
Çizelge 4.13. II. Deneme Sonucunda Balık Kaslarındaki Yağ Asitleri Kompozisyonu İçerikleri…….. 83
Çizelge 4.14. II. Deneme Sonucunda Balık Karaciğerlerindeki Yağ Asitleri Kompozisyonu İçerikleri…….. 84
Çizelge 4.15. II. Deneme Sonucunda Balık Kaslarındaki Nötral Yağ Sınıfları Kompozisyonu İçerikleri……..... 85
Çizelge 4.16. II. Deneme Sonucunda Balık Karaciğerlerindeki Nötral Yağ Sınıfları Kompozisyonu İçerikleri……..... 86

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. L-karnitin Kristâlize……... 8
Şekil 2.2. L-karnitin L-Tartrat ……... 8
Şekil 2.3. L-karnitin Mağnezyum Sitrat …… 9
Şekil 2.4. Asetil-L-karnitin…….…… 9
Şekil 2.5. L-karnitinin Biyosentezi……. 12
Şekil 2.6. Uzun Zincirli Yağ Asitlerinin Mitokondrial Matrikse Taşınması….. 14
Şekil. 2.7. L-karnitinin Metabolizma İçerisindeki Görevleri…….…… 15

1. GİRİŞ

İnsan sağlığı ve insanların tüketmiş oldukları gıdaların niteliği üzerine yapılan bilimsel çalışmalar, dengeli beslenme yoluyla, hastalık etmenlerinden korunulması ve sağlıklı bir bünyeye sahip olunmasını amaçlamaktadır. Bu nedenle, çok farklı bilim disiplinleri tarafından konuyla ilgili değişik ve sayısız çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaktadır.

İnsan sağlığı ile ilişkilendirilerek ele alınan dengeli beslenme konusu ise, hiçbir zaman güncelliğini yitirmeyen bir araştırma alanı olmuştur. Sağlıklı bir yaşam sürdürebilmenin, tüketilen besinlerin nitelik ve niceliği ile ilgili olduğu vurgulanmaktadır. Bu nedenle, tüketilen gıda ürünlerinin sağlıklı ve dengeli bir besin kompozisyonuna sahip olması gerekmektedir (Baysal, 2002; Pekcan, 2002).

Bitkisel ve hayvansal gıdalar, besin kompozisyonları açısından farklılıklar göstermekte ve her bir besinsel unsur, beslenme açısından birbirinin tamamlayıcısı durumunda bulunmaktadır. Tek yönlü bir beslenme alışkanlığının sağlıklı olmayacağı bilinmektedir. Bu nedenle, gıdalar besinsel içeriklerine göre farklı şekillerde değerlendirilmekte ve hayvansal gıdalar, sağlıklı bir besin diyetinde ilk sırayı almaktadırlar.

Hayvansal gıdalar, avcılık ve yetiştiricilik yoluyla elde edilerek, karasal, sucul ve avian olmak üzere üç grupta sınıflandırılır. Deniz ve tatlısulardan elde edilen ürünler, gıda sektöründe önemli bir paya sahiptir. Su ürünlerinin, protein ve enerji bakımından yüksek kaliteye sahip olması, özellikle balık yağlarının insanların erken dönemlerindeki gelişimine katkıda bulunması ve kırmızı et yağlarına nazaran kalp ve damar hastalıkları riskini ortadan kaldırması gibi oldukça önemli faydalarının ortaya çıkmasından sonra, üretimi ve tüketimine daha fazla ağırlık verilmiştir (Famularo ve De Simone, 1995).

Su ürünleri üretimi, avcılık yada yetiştiricilik yoluyla yapılarak insanların tüketimine sunulmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe, deniz balıklarının üretimi ve yetiştiriciliği son yıllarda giderek artan bir alt sektör halini almıştır. En çok yetiştirilen türler arasında levrek ve çipura ilk sırayı almaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü (2002) verilerine göre, çipura üretimi ülkemizde 11.681 ton düzeyine

ulaşmıştır. Yine bu türün aynı yıl içerisinde avcılık yoluyla elde edilen miktarı ise; Akdeniz'de 462 ton, Ege Denizi'nde 167 ton ve Marmara Denizi'nde 1 ton olmak üzere toplamda 730 ton olmuştur. Levrek üretimi ise, yetiştiricilik yoluyla 14.339 ton, avcılık yoluyla Doğu Karadeniz'de 7 ton, Batı Karadeniz'de 10 ton, Marmara Denizi'nde 123 ton, Ege Denizi'nde 510 ton ve Akdeniz'de 63 ton olmak üzere toplamda 713 ton seviyesine ulaşmıştır. Yukarıda verilen rakamlardan da anlaşılacağı gibi yetiştiricilikten elde edilen ürün payı üklemizde oldukça önemlidir.

Bilindiği gibi yetiştiricilikte en önemli nokta, mümkün olan en düşük maliyetle yüksek kalitede ürün elde edebilmektir. Ürün kalitesiyle ve kalitenin yükseltilmesiyle ilgili çalışmalar, farklı konularda yürütülmektedir. Üretimi yapılan ürünle ilgili olarak, yetiştiricilik şartlarının optimize edilmesi, hastalık etmenlerinin ortadan kaldırılması ve yem kompozisyonlarının en iyi şekilde ayarlanması gibi konular büyük önem taşımaktadır. Kısacası, insanların sağlıklı bir şekilde beslenebilmesi için dikkât edilmesi gereken bir çok unsurun, yine insanların tüketimine sunulacak gıdaların üretiminde de aynı başlıklar altında incelendiğini görmekteyiz.

Yem kompozisyonlarının geliştirilmesine ilişkin çalışmalar, bazı besleyici elementlerin, yemlerde bulunması gereken optimum seviyelerinin saptanmasına yöneliktir.

İnsanlarda hastalıklardan korunma, yaşlanmayı geciktirme, dengeli beslenme gibi ve buna benzer birçok konuda bazı besin elementlerinin kullanıldığı ve insanların bu elementeleri diyetlerinde periyodik bir biçimde aldığı bilinmektedir. İlginç ve önemli olan bir diğer nokta ise, hayvansal gıdaların üretimi aşamasında da, benzer etkileri elde edebilmek için (hastalıklardan korunma, hızlı büyüme, dengeli beslenme v.b.), bazı besin elementelerinin, hayvansal ürünlerin beslenmesi aşamasında diyetlere eklenmesidir.

Bunların başında, yukarıda bahsedildiği alanlarda hem insan ve hem hayvansal gıda üretiminde, son yıllarda üzerinde dikkâte değer oranda ve çok farklı alanlarda çalışmalar yapılan L-karnitin gelmektedir.

Mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvanlar için esansiyel bir bileşik olan L-karnitin, doğada birçok besin maddesinde değişen miktarlarda bulunur.

Bitkisel besinler az miktarda L-karnitin içerirken, hayvansal besinler L-karnitin açısından daha zengindir. Bitkisel ve hayvansal kaynaklı yağlar L-karnitin içermemektedir (Anonymous, 2003).

Hayvansal ve bitkisel kaynaklı yem içerikleri kullanılarak hazırlanan deneysel yemlerdeki karnitinin yeterli miktarda sindirlebildiği ve hayvanın L-karnitin ihtiyacının karşılandığı yönündeki düşüncelerin aksine, son yıllarda yapılan deneysel besleme çalışmalarında araştırmacılar, vücuttaki karnitin biyosentezinin, hayvanın hormonal durumu, yaşı ve yemdeki miktarına bağlı olarak değiştiğini tespit etmişlerdir (Bremer, 1983; Borum, 1983).

Yetiştiriciliğin diğer alanlarında olduğu gibi, su ürünleri alanında da 30 yılı aşkın bir süredir L-karnitin ile ilgili çalışmalar yapılmakta ve yetiştiriciliğin farklı aşamalarında faydaları araştırılmaktadır. (Bumgartner ve Blum, 1997a; Anonymous, 2003).

L-karnitin, yemle alınan yağ bileşenlerinin etkin bir şekilde kullanılmasında ve yağ asitlerinin enerjiye dönüşümünde önemli rol oynadığı ve bu görevi sayesinde proteinin depo etkisini arttırdığı ortaya konmuştur (Dias ve ark., 2001).

Balık yetiştiriciliğinde semirtme, karma yemlerin yoğun olarak kullanılmaya başlandığı ve balıkların hızlı bir büyüme gösterdiği bir dönemdir. Bu nedenle, yem kompozisyonlarının dengeli bir şekilde ayarlanması ve yemden en iyi performansı almak ilk amaçtır.

Deniz balıklarının semirtilmesi esnasında, yemlerdeki yağ miktarı ve yağların kullanımı balığın büyümesi açısından oldukça önemlidir.

Bilindiği gibi deniz balıklarının büyümesinde rol oynayan, önemli enerji kaynaklarından ikisi, protein ve yağlardır. Hazırlanan yemlerde bu iki önemli enerji kaynağının dengeli bir şekilde ayarlanması gerekmektedir. Son yıllardaki çalışmalar, yemlerdeki yağ ve protein oranın dengelenmesine, böylece yemlerdeki enerji oranının ayarlanmasına yöneliktir (Marti Palanca ve ark., 1996; Vergara ve ark., 1996; Santinha ve ark., 1996, 1999; Company ve ark., 1999; Fountoulaki ve ark., 2005).

Bunun yanı sıra, bazı yüksek enerji içerikli yemler, genellikle yağların vücutta daha fazla depolanmasına yol açabilmekte ve bu durum ürünün viseral

bölgesinde biriken yağlar sebebiyle ticari değerini düşürebilmektedir (Watanabe, 1982).

Yüksek yağ oranıyla hazırlanan yemlerde, artan yağ seviyelerinde yemin enerji konsantrasyonunun artmasına ve balığın etkili büyümesi ile protein kullanımına yardımcı olduğu düşünülerek bir çok araştırma yapılmıştır. Bu yönde kurulan çalışmalarda, değişik balık türlerinde birbirinden farklı oranlarda başarı sağlanabilmiştir. Bunun yanı sıra, yemlere eklenen bazı besleyici elementler aracılığıyla, yemdeki yağların enerji amacıyla ne kadar etkin kullanılabildiği test edilmiştir (Ji ve ark., 1996; Craig ve Gatlin, 1997).

L-karnitin, metabolizma içerisinde bir metil vericisi ve ayrıca uzun zincirli yağ asitlerinin mitokondriye taşınmasında bir kofaktör olarak görev alması nedeniyle, yağ asitlerinin mitokondriye taşınmasının artması ve burada yağların oksidasyona uğrayarak enerji amacıyla daha fazla kullanılabilmesini sağlamaktadır (Bremer, 1983).

L-karnitin ilâvesinin birçok balık türünde, büyüme ve yem etkinliğinin arttırmasının yanı sıra, vücuttaki yağ depolanmasını azalttığı saptanmıştır (Santulli ve D'Amelio, 1986; Torreele ve ark., 1993; Chatzifotis ve ark., 1995).

L-karnitinin yukarıda bahsedilen etkilerinden dolayı, araştırma materyali olarak kullanılan çipuralarda L-karnitin ilâvesinin, ilk olarak büyüme ve yem değerlendirmeye pozitif bir etki yapacağı ve vücutta yağ birikimini azaltacağı görüşüne varılmıştır. Bunun yanı sıra, balık kas ve karaciğerindeki yağ asitlerinin, L-karnitin desteği ile oksidasyona uğrayarak enerjiye dönüşmesi ve enerjinin balık tarafından daha efektif bir şekilde kullanılması ile proteinin enerji amacıyla birincil kaynak olarak kullanılmaması ve depo edilmesi için bir fayda sağlayacağı düşünülmüştür.

Ayrıca, daha önce bu tür ile yapılmış çalışmalardan farklı olarak, L-karnitinin çipuralar üzerinde ilk kez denenmesi nedeniyle orjinal bir araştırma olacağı düşünülerek, özellikle Türkiye ve birçok Akdeniz ülkesinde yoğun yetiştiriciliği yapılan çipuranın, semirtme aşamasındaki yetiştiriciliğine ve su ürünleri yetiştiriciliği sektörüne yeni bir katkı getirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla, yapılan araştırmalar ile, farklı L-karnitin seviyelerinin balık büyüme parametreleri, balığın kas ve karaciğerlerinin yağ asitleri ve nötral yağ sınıfları profillerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Ayrıca, araştırmanın ilk bölümünden elde edilmiş olan pozitif etkili L-karnitin seviye yada seviyelerinin, yemlerdeki farklı yağ seviyelerinin kombinasyonu ile yukarıda belirtilen balık üzerindeki etkileri ortaya konmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Farklı L-karnitin ile farklı yağ ve L-karnitin seviyelerinin kombine edilerek inclelendiği tezin bu bölümünde, karnitin hakkında genel bilgiler, su ürünleri yetiştiriciliği alanındaki çalışmalarda kullanımı ve sonrasında farklı yağ seviyeleri ile karnitin kombinasyonuna ilişkin daha önce yapılmış çalışmalar ve ayrıca yemlerdeki farklı yağ seviyelerine ilişkin çalışmalar hakkında bilgiler verilmeye çalışılacaktır.

2.2. L-karnitinin Tanımı

L-karnitinin tanımlanmasıyla ile ilgili olarak bazı farklılıklar vardır.

L-karnitin basit bir tanımlama ile, B grubu vitaminleri ile ilişkili, amino asit ve vitamin benzeri bir besleyici element olarak açıklanabilir. Esas olarak yağ asitlerinin enerjiye dönüştürülmesinde görev alan esansiyel bir elementtir (Anonymous, 2003a).

Bir diğer tanımlamada ise şöyle denilmektedir, L-karnitin tam manasıyla bir amino asit değildir. Çünkü, sinir hücreleri arası ileticisi olarak yada protein sentezinde görev yapmamaktadır. Bununla birlikte, amino asitlerle benzerlik taşıması nedeniyle bu başlık altında gruplandırılabilir (Anonymous, 2002).

2.2.1. Tarihçesi

L-karnitin, 1905 yılında Moskova'da Gulewitcsh ve Krimberg, Marburg'ta Kutscher tarafından, kas dokudan izole edilen bir bileşik olarak keşfedilmiş ve bu keşiften sonra, latince et anlamına gelen "*carnis*" ismi verilmiştir.

L-karnitinin ilk keşfinden sonra, kimyasal yapısı ve fizyolojik fonksiyonlarının neler olduğu uzun yıllar anlaşılamamıştır. 1927 yılında, Tomita ve Sendju, katrnitinin hidroksil (OH) grubunda β-pozisyonunda olduğunu belirlemişlerdir. Bunun ardından, L-karnitin hakkındaki ilk kapsamlı makale 1935

yılında, Leipzig Üniversitesi'nden Prof. Dr. Strack tarafından yayımlamış ve yıllarca süren L-karnitinin fizyolojik fonksiyonları ile ilgili araştırmaların temelini oluşturmuştur (Baumgartner ve Blum, 1997a).

Carter ve arkadaşları 1952 yılında, L-karnitini besleyici bir element olarak tanımlamışlardır (Anonymous, 2003b).

1952'de, Fraenkel ve Freidman adlı iki araştırıcı, *Tenebrio molitor*'un (un kurdu) metaformoz aşamasındaki vitamin ihtiyacı üzerine yaptıkları çalışmada, L-karnitinin büyüme için esansiyel olduğunu tespit etmişlerdir. L-karnitini, Vitamin B_T olarak adlandırmışlardır (Bremer, 1983; Ferrari ve ark., 1992; Bumgartner ve Blum, 1997a).

1958 yılında Fritz, L-karnitinin mitokondride yağların yakılmasını arttırdığını ve yağ asitleri oksidasyonunda önemli bir rol oynadığını saptamıştır (Anonymous, 2003b).

Karnitinin D ve L sınıflandırılması ilk kez 1962'de Kaneko ve Yoshida tarafından yapılmıştır. Doğal olarak bulunan L formu "fizyolojik karnitin" olarak tanımlanmıştır.

1973'de ilk kez, L-karnitin eksikliğinde meydana gelen primer rahatsızlıkların teşhisiyle ilgili çalışmalar yapılmıştır.

1950 ve 1980'ler arasında L karnitinin metabolik fonksiyonları üzerine birçok araştırma yapılmış, 1980'li yıllardan sonra ticari olarak bulunabilen bir ürün haline gelmiştir.

L-karnitinle ilgili araştırmalar günümüzde de halen devam etmektedir.

2.2.2. Formülasyonu

Piyasada ticari olarak bulunan 4 farklı L-karnitin formu vardır.

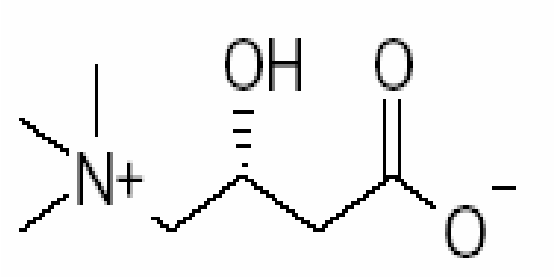
2.2.2.1. L-karnitin Kristâlize:

Kimyasal İsmi: L-3-hydroxy-4-trimethylaminobutonoate

Kimyasal Formülü: $(CH_3)_3$-N^+-$CH_2CH(OH)CH_2$-COO^- yada $C_7H_{15}NO_3$

Molekül Ağırlığı: 161.2

L-karnitin kristalize, karnitinin tamamen doğal %100 saf formudur. Ayrıca Lonza Şirketi'nin üretmiş olduğu ilk karnitin materyalidir. L-karnitin kristâlize, yüksek su çekme özelliğinden dolayı bütün sıvı formülasyonlardaki kullanımlar için uygundur. Örneğin, şurup, spor içecekleri, süt bazlı içecekler, klinik beslemede ve tıbbi ilâç olarak kullanılan ampullerde (Anonymous, 2003c).



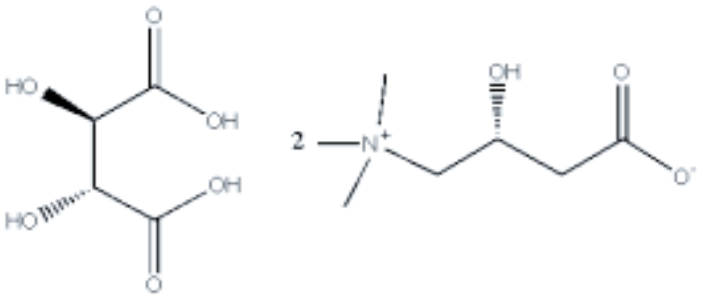
Şekil 2.1. L-karnitin Kristâlize

2.2.2.2. L-karnitin L-Tartrat

Kimyasal Formülü: $C_{18}H_{36}N_2O_{12}$

Molekül Ağırlığı: 472.49

L-karnitin L-Tartrat Lonza Şirketi tarafından geliştirilen piyasadaki tercih edilen L-karnitin türlerinden birisidir. Bu ürün, akıcı L-karnitin tuzu (%68) ve doğal GRAS L-tartarik asit (%32) içermektedir. L-karnitin L-Tartrat, hoş ekşi bir tattadır. Su çekme özelliği olmadığından dolayı, katı ürünlerde kullanımı yaygındır. Örneğin; kapsüller, tabletler, pudra karışımlar, çikolatalar vb (Anonymous, 2003c).



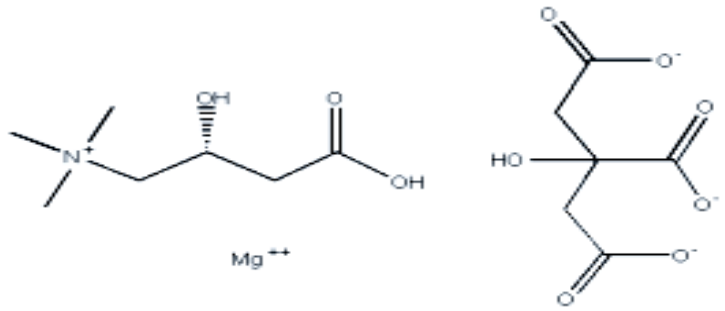
Şekil 2.2. L-karnitin L-Tartrat

2.2.2.3. L-karnitin Mağnezyum Sitrat

Kimyasal Formülü: $C_{13}H_{21}MgNO_{10}$

Molekül Ağırlığı: 375.63

L-karnitin Mağnezyum Sitrat, su çekme özelliği olmayan L-karnitin tuzu (%40), sitrik asit (%54) ve mağnezyum iyonu (%6) içermektedir. Granül ve pudra formundadır. Pudralı karışımlarda, çikolatalarda, fonksiyonel besinlerde ve tabletlerde kullanımı idealdir (Anonymous, 2003c).



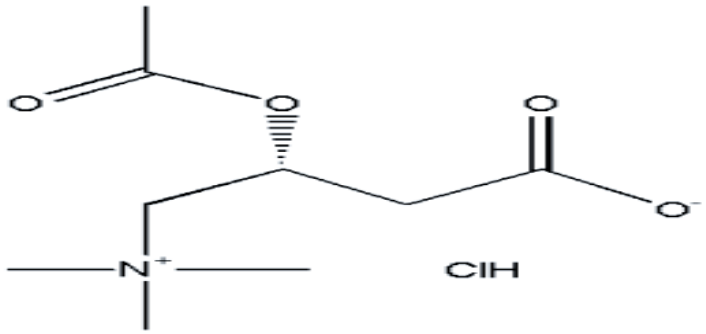
Şekil 2.3. L-karnitin Mağnezyum Sitrat

2.2.2.4. Asetil-L-karnitin

Kimyasal Formülü: $C_9H_{18}ClNO_4$

Molekül Ağırlığı: 239.70

Asetil-L-karnitin, asetil türevli bir karnitindir. Kan-beyin engelini geçebilir ve böylece asetil grubu kaynağı olarak asetilkolin sentezinde rol oynar. Asetil-L-karnitin, bundan dolayı "beyin besini" olarak adlandırılmaktadır (Anonymous, 2003c).



Şekil 2.4. Asetil-L-karnitin

2.2.3. Karnitinin Doğadaki Kaynakları

L-karnitin doğada sadece L formundadır. D formu ise laboratuvar koşullarında üretilir. Ayrıca bir diğer form olan D-L formu ise bu iki aktif maddenin %50'sini içerir.

Çalışmalardan elde edilen verilere göre, D formu, L-karnitinin yağ asitlerinin taşınmasından (sitoplazmadan mitokondriye) sorumlu karnitin translokaz enzimini etkisiz kıldığı ve böylece vücutta enerji kaybına yol açtığı belirlenmiştir (Baumgartner ve Blum, 1997b).

Mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvanlar için esansiyel bir bileşik olan L-karnitin doğada birçok besin maddesinde değişen miktarlarda bulunur.

Bitkisel besinler az miktarda L-karnitin içerirken, hayvansal besinler L-karnitin açısından daha zengindir. Bitkisel ve hayvansal kaynaklı yağlar L-karnitin içermemektedir.

Çizelge 2.1'de bazı besin ham maddelerinde bulunan doğal L-karnitin içerikleri gösterilmektedir.

Çizelge 2.1. Bazı Besin Ham Maddelerinde Bulunan Doğal L-karnitin İçerikleri (Baumgartner ve Blum, 1997c).

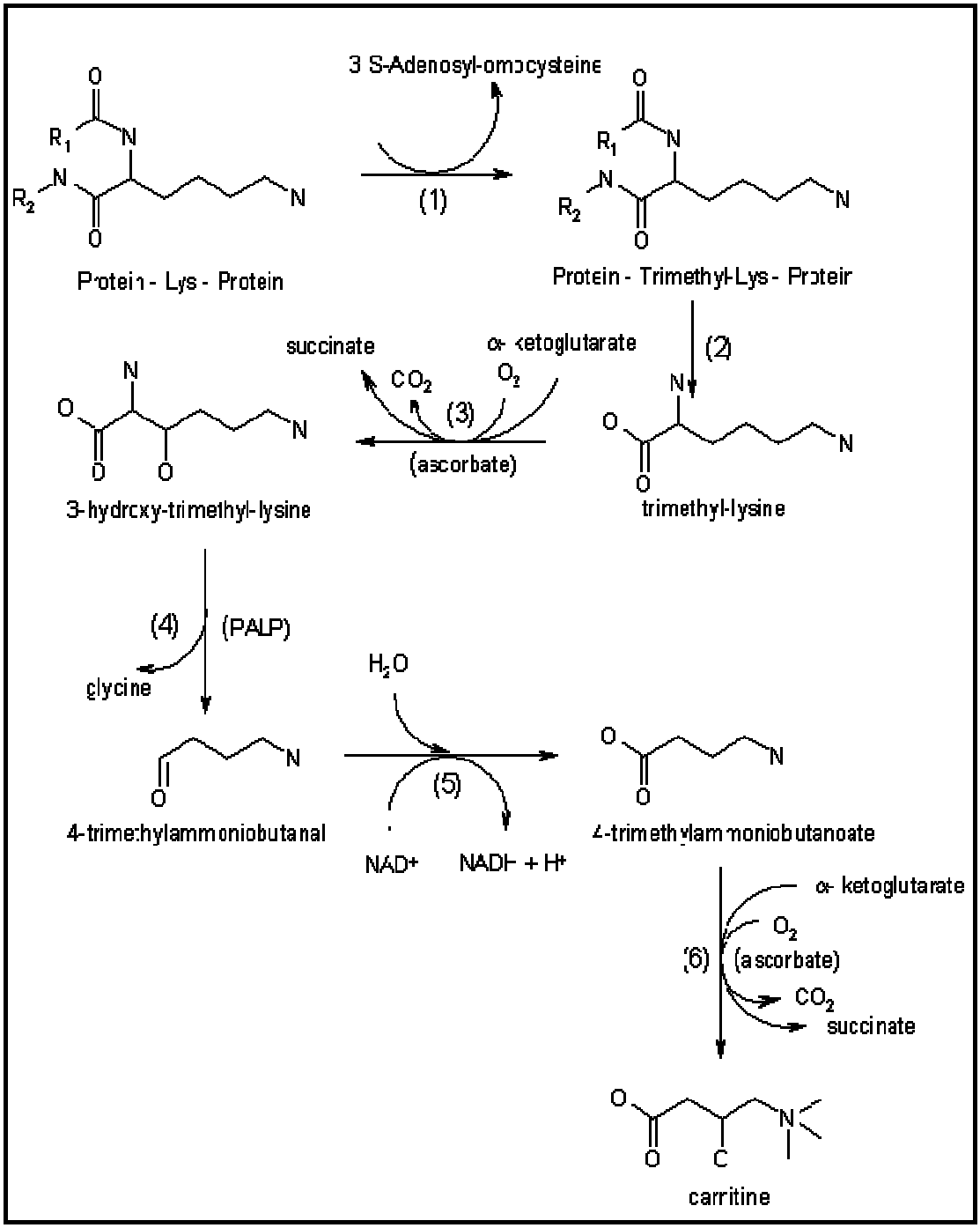
Bitkisel Kaynaklı Besinler	**L-karnitin (mg/kg)**	**Hayvansal Kaynaklı Besinler**	**L-karnitin (mg/kg)**
Mısır	5	Balık Unu	120
Arpa	7	Et Unu	150
Buğday Kepeği	15	Kan Unu	10
Buğday Unu	5	Tüy Unu	120
Yulaf	5	Balık İskelet Unu	90
Soya Fasulyesi Unu	12	Et Kemik Unu (%40)	100
Üzüm Tohumu Unu	5	Plasma Proteini	15
Ayçiçeği Tohumu Unu	5		
Pamuk Tohumu Unu	20		
Fındık Unu	10		

2.2.4. Karnitinin Vücutta Bulunuşu

İnsan vücudunda, karaciğer ve böbrekte doğal olarak az miktarlarda (20 mg/gün) L-karnitin üretilir. Daha yüksek konsantrasyonları ise kalp ve iskelet kaslarında bulunur (Walter, 1996; Anonymous, 2003d).

2.2.5. L-karnitinin Sentezi

L-karnitin vücutta ilk olarak karaciğer ve böbrekte sentezlenir ve diğer dokulara taşınabilir. L-karnitinin karbon zincirleri ve nitrojeni L-lisinden, metil grupları ise metiyoninden gelmektedir. Bu nedenle sentez için, iki esansiyel amino asit, lisin ve metiyoninin yanı sıra C vitamini, demir, B_6 vitamini ve niasine gerek duyulmaktadır. Bütün bu esansiyel besleyicilerin eksikliğinde sentez olumsuz yönde etkilenmekte ve ayrıca metiyonin sentezi için gerekli olan B_{12} vitamini eksikliğinde L-karnitinin fonksiyonu bozulmaktadır (Hoppel, 1992; Bumgartner ve Blum, 1997a; Kelly, 1998; Bieber, 1998). Şekil 2.5.'te karnitinin biyosentezi şematize edilmiştir.



Şekil 2.5. L-karnitinin Biyosentezi (Anonymous, 2003e).

L-karnitinin insanlardaki biyosentezinin oranı 0,16 mg/kg ile 0,48 mg/kg vücut ağırlığı/gün arasında değişmektedir. Böylece, 70 kg olan bir insan 11-34 mg/gün oranında L-karnitin sentezleyebilir. Bu sentezlenme oranıyla, genellikle sağlıklı insanlarda, katı vejeteryanlar dahil, böbrekten süzülen L-karnitinin %95'i

oranında yeniden emilimiyle eksikliği yeteri derecede önlenebilmektedir (Rebouche, 1999).

Lisinden L-karnitin formunun oluşması için, sırayla 3 farklı metilasyon reaksiyonuna gerek duyulur. (1) S-Adenosil Omosistin (SAM) metil verici rolüyle proteinden kalan lisinle reaksiyona girer ve trimetillisin kalıntısı ile sonuçlanır. Trimetillisin protein hidrolizinden elde edilmiştir (2), enzimatik olarak 3-hidroksi-trimetillisine dönüşür. Bu reaksiyon α-ketoglutarat, O_2 ve askorbik asit gerektirir. Sonraki aşamada (4) L-karnitinin sentezi için pridoksal 5-fosfat (PALP)'a gereksinim duyulur ve böylece 4-trimetilaminobütanal formu elde edilir. Daha sonra Nikotinamid Adenin Dinükleotit (NAD^+) ile reaksiyon sonucunda 4-trimetilaminobütanat formuna dönüşür (5). Trimetilaminobütanat, sonuçta hidroksilize olarak karnitine dönüşür, bu reaksiyon için (6) yine α-ketoglutarat, O_2 ve askorbik aside ihtiyaç duyulur.

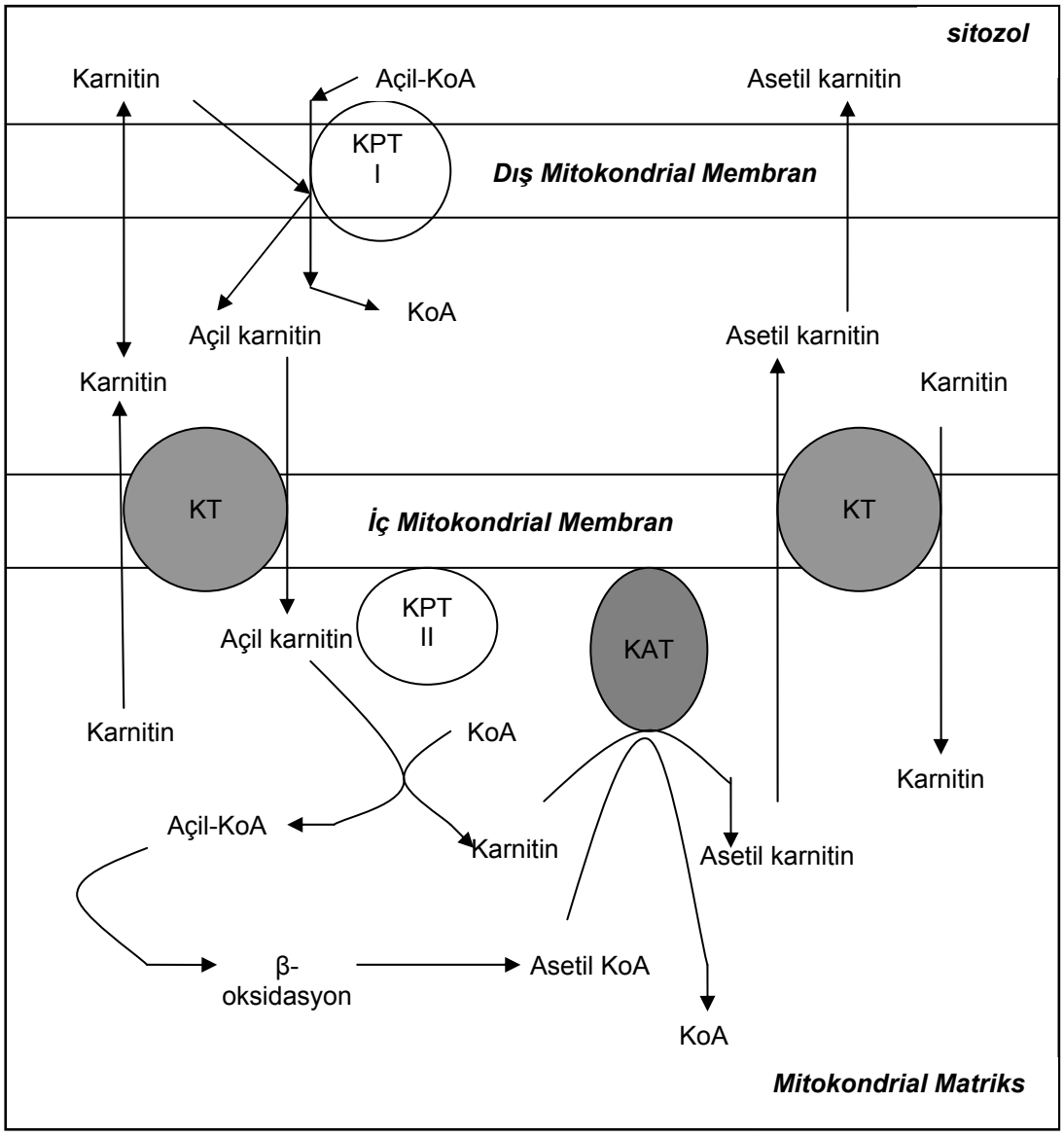
2.2.6. L-karnitinin Metabolik Görevleri

L-karnitin vücutta enerji üretimi ve yağ metabolizmasında önemli bir rol oynamaktadır. L-karnitinin 3 önemli metabolik fonksiyonu vardır.

2.2.6.1. Uzun Zincirli Yağ Asitlerinin Mitokondrial Matrikse Taşınması

Uzun zincirli yağ asitlerinin mitokondriye taşınması L-karnitin aracılığıyla olmaktadır. Enerji üretimi için, mitokondrinin dış ve iç membranlarında bulunan 3 enzime gereksinim vardır. İskelet ve kalp kası hücrelerinin dış mitokondri membranında, karnitin-palmitoil transferaz I (KPT I) enzimi aracılığıyla, açil-KoA (yağ asidi+CoA)'dan açil-karnitin (yağ asidi+L-karnitin) formu elde edilir. Bir protein taşıyıcısı olarak adlandırılan karnitin:açil-karnitin translokaz (KT), açilkarnitini iç mitokondrial membrana taşır. Karnitin-palmitoil transferaz II (KPT II) iç mitokondrial membranda bulunur ve açil-KoA oluşumunda görev alır. Açil-KoA β-oksidasyon olarak adlandırılan bir işlem boyunca metabolize olur ve en sonunda propiyonil KoA ve asetil KoA elde edilir (Rebouche, 1999; Arrigoni-

Martelli ve Caso, 2001;). Aşağıda Şekil 2.6'da yağ asitlerinin mitokondriye taşınması görülmektedir.



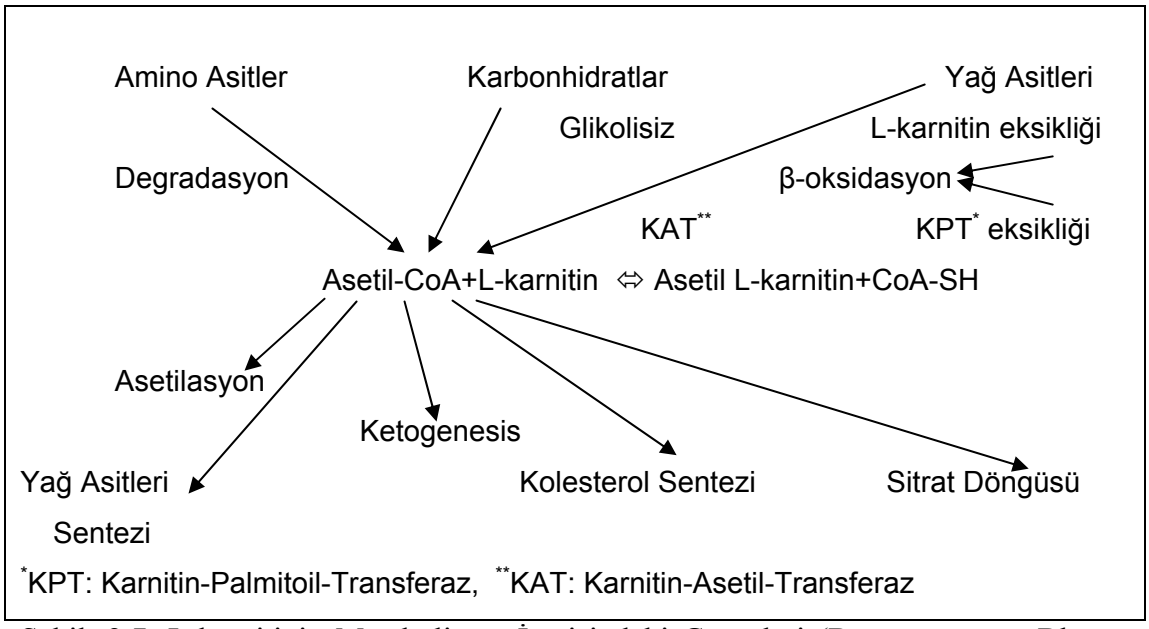
Şekil 2.6. Uzun Zincirli Yağ Asitlerinin Mitokondrial Matrikse Taşınması (Rebouche, 1999; Arrigoni-Martelli ve Caso, 2001).

2.2.6.2. KoA Havuzunun Tamponu ve Açil Gruplarının Detoksifikasyonu

İntramitokondrial asetil-KoA üretimi karbonhidrat, yağ ve amino asitlerin yıkılması ile sonuçlanır. Asetil-KoA'nın birikimi yıkım işlemlerini engeller ve toksik etkiler belirli bir konsantrasyonda olur.

L-karnitinin önemli bir fonksiyonu, fazla miktardaki asetil gruplarının detoksifikasyonu ve serbest KoA'nın önlenmesiyle asetil-KoA/KoA havuzunun sağlanmasıdır. Bu işlemde L-karnitin, KoA serbest kalırken asetil grupları ile bağlanır ve daha sonra asetil grupları böbreklere taşınır ve sonunda burada elimine edilir, mitokondrial asetil-KoA/KoA oranı serbest KoA'ya dönüştürülür. Böylece, geriye kalan KoA karbonhidrat metabolizması için kullanılabilir. Pürivat glikolisiz boyunca salınır ve aynı zamanda, pürivatın fazla miktarları asetat yoluyla depo edilir. L-karnitine ters olarak bağlandığında sitrat döngüsünde de kullanılabilir.

Asetil KoA/KoA oranının dengelenmesi, ATP'nin mitokondriden daha sonra taşınmasına dolaylı olarak destek sağlar. Asetil-KoA'nın mitokondri içinde birikmesinden dolayı adenin nükleotit translokaz fonksiyonu engellenir. Şekil 2.7.'de L-karnitinin metabolizma içerisindeki görevleri şematize edilmiştir.



Şekil. 2.7. L-karnitinin Metabolizma İçerisindeki Görevleri (Bumgartner ve Blum, 1997a).

2.2.6.3. Kısa ve Orta Zincirli Yağ Asitlerinin Mitokondriden Taşınması

Mitokondrial matrikste kısa ve orta zincirli yağ asitleri KoA'dan L-karnitine transfer olabilirler. Kısa ve orta zincirli yağ asitlerinin açil-L-karnitinlerce

mitokondriden transfer edilmesi sağlanır. Bu işlem, enerji metabolizması için ihtiyaç duyulan serbest KoA'yı ve aynı zamanda mitokondriden fazla miktardaki asetil ve açil-KoA gruplarının taşınmasını sağlar. Bu mekanizma, belirli ilâçlarının kullanımı süresince L-karnitinin tüketilmesinde rol oynayabilmektedir (Arrigoni-Martelli ve Caso, 2001).

L-karnitinin metabolizmadaki fonksiyonları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

* Yağ asitlerinin taşınması,
* Hücre membranlarının korunması ve ayarlanması,
* Serbest KoA için gerekli ortamın sağlanması,
* ATP'nin elde edilmesini optimize etmek,
* Amonyak toleransını arttırma,
* İmmün sistemin desteklenmesi,
* Spermatogenesis ve sperm hareketliliğini destekleme (Baumgartner ve Blum, 1997a).

2.2.7. L-karnitinin Kullanıldığı Alanlar

L-karnitinin enerji metabolizmasındaki önemli görevi ve sağladığı faydalardan dolayı, insan sağlığı çalışmalarında yaygın olarak kullanılması şaşırtıcı değildir.

L-karnitinin kullanıldığı alanlar şu şekilde sıralanabilir;

* Yaşlanmayı geciktirmede (Costell ve ark., 1989),
* Hafızanın geliştirilmesinde (Hagen ve ark., 2002; Liu ve ark., 2002),
* Kalp krizi ve diğer kalp rahatsızlıkların önlenmesinde (Lopaschuk, 2002; Trupp ve Abraham, 2002),
* Perifer damar hastalıkları tedavisinde (Bevretti ve ark., 1992; 1999),
* Kronik böbrek yetmezliği tedavisinde (Vesela, 2001; Ahmad, 2001),
* Alzheimer hastalığının önlenmesinde (Spagnoli ve ark., 1991; Pettegrew ve ark., 1995),
* HIV virüsü ve AIDS hastalığı tedavisinde (Famularo ve ark., 1997; Scarpini ve ark., 1997),

* Sperm olgunluğu ve hareketliliğini geliştirmede (Vitali ve ark., 1995; Jeulin ve Lewin, 1996;),
* Sporcu sağlığı ile ilgili konularda (Brass, 2000; Watcher ve ark., 2002),
* İlaç etkileşimlerinde sekonder L-karnitin azalmasını önlemek için yapılan çalışmalarda (Rebouche, 1999; Hendler, 2001),
* Sinirsel rahatsızlıklar ve depresyon tedavisinde (Garzya, 1990),
* Dengeli beslenme, diyet, obezite çalışmalarında ve şeker hastalığı tedavisinde (Lowitt, 1995; Malone ve ark., 1999).

2.2.8. Metabolizmada L-karnitin Eksikliği

L-karnitin eksikliğinde, çocuklar, gençler ve yetişkinlerde ilk olarak spesifik olmayan bazı belirtiler söz konusudur. Fakat incelendiğinde, fiziksel performansta düşüş, hızla beliren yorgunluk, yağ metabolizmasının işleyişinde düzensizlik, dokularda artan yağ depolanması, enfeksiyonlara karşı duyarlılıkta artış ve kandaki yağ seviyelerinin yükselmesi tespit edilebilir.

Ayrıca belirli ilâçların uzun süreli kullanımları da, L-karnitinin eksikliğine yol açtığı saptanmıştır (Ananoymous, 2003f).

2.2.9. L-karnitinin Hayvanlarda Kullanımı

Büyümeye ve enerji kullanımına olan faydalarından dolayı birçok hayvanda L-karnitin kullanılmış ve etkileri araştırılmıştır.

Çizelge 2.2'de Lonza Şirketi tarafından su ürünleri yetiştiriciliğinde bazı balık türleri ve karides için önerilen L-karnitin dozajları verilmiştir.

Çizelge 2.2. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Bazı Balıklar İçin Lonza Şirketi Tarafından Önerilen L-karnitin Dozları (Lonza, 1997; Baumgartner ve Alonso, 1998).

Balık (yavru ve semirtme aşamaları)	**DOZ (mg/kg) yem**
Sazan	100-400
Kedibalığı	300
Guppy (üretim aşaması)	500
Yılanbalığı	100-500
Salmon (fry, parr, smolt)	500-1000
Tilapia	100-400
Alabalık	500
Karides (yavru ve semirtme aşamaları)	500-1000

Larvalarda, L-karnitin dolaylı olarak zooplankton (Artemia) yoluyla verilebilir. Artemia sadece yağ asitleri ve vitaminlerce değil, aynı zamanda L-karnitin ile zenginleştirilebilir. Tipik dozaj, 250 mg L-karnitin/kg Artemia olacaktır. Yavru ve semirtme aşamalarında ise Çizelge 2.2'de önerilen dozajlarda eklenir (Lonza, 1997; Baumgartner ve Alonso, 1998).

Ayrıca yine Lonza Şirketi'nin yapmış olduğu bir araştırma sonucunda, Su ürünleri alanında kullanılan bazı yemlerde, yem içeriklerinden dolayı doğal olarak bulunan L-karnitin miktarları aşağıda Çizelge 2.3.'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Balık ve Karides Yemlerinde Doğal Olarak Bulunan L-karnitin Miktarları (Lonza,1997).

Balık Yemleri	**Doğal L-karnitin İçeriği (mg/kg yem)**
Alabalık Yemi	20-120
Somon Balığı Yemi	45-100
Sazan Yemi	5-50
Karides	50-80

Balıklar aldıkları besinlere göre, karnivor, herbivor, omnivor ve detrivor ("detritus" yani çürümüş organizmalarla beslenen canlı) olmak üzere 4 gruba ayrılırlar ki, bunlar arasında daha yaygın üretimi yapılan balıklar ilk gruba dahil olanlardır. Karnivor yada predatör balıklar, hayvansal kaynaklı besin tükettiklerinden

dolayı, bol miktarda L-karnitin sağlayabilmektedirler. Daha önce de bahsedildiği gibi hayvansal kaynaklı besin maddeleri L-karnitince zengindir (Lonza,1997; Baumgartner ve Alonso, 1998).

Yetiştiriciliğe alınan türlerde, doğal olarak alınan L-karnitin seviyesinin üzerinde yemlere L-karnitin ilâvesi yapılmakta, ve etkilerinin saptanmasına çalışılmaktadır.

Aşağıda, balık yetiştiriciliğinin farklı aşamalarında L-karnitin ilâvesinin faydaları sıralanmıştır.

Üreme Aşamasında;

- Spermatogenesis teşviki (sperm sayısında, hareketliliğinde ve olgunlaşmada artış),
- Üreme oranının artışı.

Larva Aşamasında;

- Yaşama oranında artış.

Yavru, Fingerlik ve Semirtme Aşamaları;

- Canlı ağırlık kazancının artışı,
- Proteinin depolanmasının sağlanması,
- Balık yemlerindeki yağ bileşenlerinin etkili kullanımının artışı,
- Vücutta amonyak detoksifikasyonunun önlenmesi,
- Soğuğa karşı stresin önlenmesi ve dayanıklılığın artışı (özelikle kışlatma dönemlerinde),
- Smoltifikasyonun hızlandırılması (daha kısa sürede ulaşılabilir.) (Baumgartner ve Blum, 1997d).

2.3. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde L-karnitin Kullanımı ile İlgili Çalışmalar

Balık biyolojisinde L-karnitinin tarihi 1970'de Bilinsky ve Jonas'ın yapmış olduğu ilk çalışma ile başlamıştır. Araştırıcılar, alabalıkta yapmış oldukları çalışmada L-karnitinin mitokondride uzun zincirli yağ asitleri (UZYA)'nin oksidasyonunu teşvik edebildiğini saptamışlardır (Bilinsky ve Jonas, 1970).

Ballantyne ve ark. (1989), *Salvelinus namaycush* karaciğerinde, farklı sıcaklıklarda L-karnitinin, yağ asitleri oksidasyonu ve mitokondrideki aktivitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır.

Yukarıda çalışmalarından bahsedilen araştırmacılar, her iki çalışmada da, sıcaklıktaki artışın, yağ asitlerinin oksidasyonuna bağlı olarak L-karnitin seviyesinde bir artışa sebep olduğunu belirtmişlerdir (Chatzifotis ve ark., 1995).

Santulli ve D'Amelio (1985), farklı balık türlerinin kas dokularında, farklı oranlarda L-karnitin içeriği olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, kuluçkahane koşullarında yetiştirilen türlerin hem plazma ve hem de kas dokularındaki L-karnitin seviyesinin, aynı türün doğal ortamda yetişen bireylerinkine nazaran daha az olduğunu saptamışlardır.

Santulli ve D'Amelio (1986a), kuluçkahane koşullarında elde edilmiş 45 günlük ve daha büyük boylardaki (55, 70, 90 100 ve 115 günlük) levrek (*Dicentrarchus labrax*) yavrularını, 60 gün boyunca artemia beslemesine tâbi tutmuşlar ve çalışmada L-karnitin ve D-karnitin formu ve kontrol grubu olmak üzere 3 farklı uygulama yapmışlardır. Karnitin ilâvesi, 10 mM (1,61g/L) konsantrasyonunda olacak şekilde yetiştiricilik suyuna verilmiştir. L-karnitin uygulanan grupta, karnitinin açil ve asetil grubunun mitokondrial membrana doğru transferinde artış olduğu, yağ metabolizmasını teşvik ettiği, levrek yavrularının büyüme oranında ve protein içeriğinde artış olduğunu saptamışlardır. L-karnitinin antagonisti olan D-karnitin formunun uygulandığı grupta ise, büyüme ve yağ metabolizmasında olumsuz etkilerin ortaya çıktığını belirtmişlerdir.

Santulli ve D'Amelio (1986b), kuluçkahaneden temin edilmiş levrek (*Dicentrarchus labrax*) yavrularının besleme çalışmasında L-karnitin ilâvesinin büyüme ve yağ metabolizması üzerine etkilerini araştırmışlardır. Deneme sonrasında, yine büyümede pozitif etki ve dokularda yağ seviyesinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Santulli ve ark. (1988), yağlı yemlerle besleme sırasında karnitin uygulamasıyla, levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) lipoprotein örneklerinin ve plazma yağ seviyelerinin değişimlerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda, karnitin uygulamasının yağ sirkülasyonunu azalttığı ve yüksek yağlı yemlerin teşvik ettiği

lipoprotein bozukluğunu giderdiğini bulmuşlar, kültür balıklarının yağlı yemlerle beslenmesinin yağ metabolizmasında bir değişime neden olduğunu ve plazma yağ seviyelerinin arttığını saptamışlardır.

Tremblay ve Bradley (1992), genç chinook salmonlar (*Onchorhynchus tshawytscha*)'da L-karnitin enjeksiyonunun, balıklarda amonyum asetat zehirlenmesini %67 oranında azlattığını ve ölüm oranının sadece %4 olduğunu tespit etmişler ve L-karnitin uygulamasının akut amonyak zehirlenmesine karşı genç chinook salmonlarında etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Torreele ve ark. (1993), Afrika kedibalığı (*Clarias lazeras*) yavruları ile yapmış oldukları çalışmada, iki farklı yağ seviyesi (%9,6 ve 15,5) ile altı farklı L-karnitin (125, 245, 490, 980, 1960 ve 3920 mg/kg) seviyesini kombine ederek test etmişlerdir. %9,6 yağ içeren grupta, en düşük metabolik büyüme oranı (MBO) 30,8 g kg $^{-0,8}$ d^{-1} ile L-karnitin kontrol grubunda (125 mg/kg L-karnitin) olmuş, en yüksek ise 1960 mg/kg L-karnitin içeren grupta bulunmuştur. %15,5 yağ içeren grupta ise, yine en düşük MBO L-karnitinin kontrol grubunda, en yüksek ise 980 mg/kg L-karnitin seviyesinde olmuştur. Her iki yağ grubunda test edilen L-karnitin seviyelerindeki MBO, kontrol grubu L-karnitin seviyesindeki büyümeden istatistiki olarak farklı bulunmasına rağmen, iki yağ seviyesi arasındaki farklılığın önemli olmadığı ve aynı zamanda yağ ve L-karnitin seviyelerinin kombinasyonu sonucu MBO açısından önemli bir farklılık gözlenmediği belirtilmiştir. Vücut protein içeriği, uygulamalardan etkilenmemiş, yağ içeriği ise, yüksek yağlı gruptaki balıklarda yağlanmanın, düşük seviyeli gruplardaki balıklara göre önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir. Yem çevrimi ise, her iki yağ seviyesinde de L-karnitin seviyeleri arttığında yem çevriminin düştüğü, fakat yağ ve L-karnitin kombinasyonu sonucunda önemli bir etkinin olmadığı gözlemlenmiştir. Protein etkinlik oranının (PEO), her iki yağ grubunda da L-karnitin seviyelerine paralel olarak arttığı belirlenmiş, fakat ne L-karnitin seviyeleri ve yağ seviyeleri, ne de yağ ile L-karnitin kombinasyonu sonucunda önemli bir istatistiki farklılık bulunmamıştır. Protein depo oranı (PDO) ve enerji depo oranı (EDO) değerleri, hem L-karnitin hem de yağ seviyeleri açısından önemli farklılıklar göstermiş, fakat her iki uygulamanın kombinasyonu açısından önemli bir farklılık belirlenmemiştir.

Burtle ve Liu (1994), %0 (kontrol) ve %0,1 L-karnitin seviyelerini 3 farklı lisin (%1,1, %1,4 ve %1,7) seviyesi ile kombine ederek, kanal kedi balığında yağ ve protein kompozisyonundaki değişiklikleri incelemişlerdir. Çalışmada %30 ham protein ve 3,44 kkal sindirilebilir enerji/gram enerji içeriğine sahip yarı saf yem kullanılmıştır. Araştırma 8 hafta sürmüş ve bu süre sonunda karnitinin balıkların canlı ağırlık kazancında (CAK) önemli bir etkiye sahip olmadığı saptanmıştır. Yemdeki lisin seviyesi balıkların yem etkinlik oranı (YEO)'nı arttırmış, fakat karnitinin lisin ile kombine edildiği gruplarda böyle bir etkiye rastlanmamıştır. Yemdeki lisin ve L-karnitin kombinasyonunun, balıkların tüm vücut yağ oranını azalttığı belirlenmiştir. Karnitinin tüm vücuttaki yağı azaltıcı etkisi, lisinin %1,1 ve 1,4 seviyesindeki gruplarında görülmüş, fakat lisinin %1,7 seviyesindeki karnitin kombinasyonunda böyle bir etki saptanmamıştır. Viseral (karın boşluğu yağları) yağların vücut ağırlığına oranı ele alınarak hesaplanan Viseral Somatik İndeks (VSİ) incelendiğinde, karnitin ve lisin kombinasyonunun uygulandığı lisin %1,4 ve %1,7 gruplarında yağların azalmasında önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Tüm vücut protein içeriği ise, bu gruplarda yağlanmanın azalmasıyla arttığı saptanmıştır. Balıktaki koyu renk kaslarda yağ içeriğinin karnitinin etkisiyle azaldığı ve lisinin %1,4 ve 1,7'lik gruplarında bu etkinin istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiş, beyaz kaslarda ise herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Karaciğer yağ kompozisyonunda ise, karnitinin lisin ile kombinasyonunun olduğu gruplarda azalma görülmüş, karnitin ilâvesinin olmadığı gruplarda ise bir değişiklik saptanmamıştır.

Becker ve Focken (1995), yemlere L-karnitin eklenmesinin sazanlarda (*Cyprinus carpio*) büyüme, metabolizma ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Yemlerde üç farklı L-karnitin seviyesi (200, 400 ve 600 mg/kg) kullanılmış, ayrıca bu yemlere 400 mg/kg L-karnitinin sentezlenmesi için gerekli amino asit (metiyonin+lisin) miktarı eklenmiş ve kontrol grubu olarak amino asit eklenmeyen yemler hazırlanmıştır. Çalışma 60 gün sürdürülmüş ve çalışma sonunda, gruplar arasında istatistiksel farklılıklar bulunmamasına rağmen, karnitin eklenen gruplarda daha iyi yem çevrimi, spesifik büyüme oranı (SBO) ve PEO ile daha az oksijen kullanımının olduğu belirlenmiştir.

Becker ve ark. (1995), 240 adet karidesi (*Panaeus monodon*) (başlangıç ağırlıkları 2,1-15,7 g) bireysel olarak tanklara stoklamışlardır. Yerel ve ticari yemlere değişen oranlarda L-karnitin ilâvesi yapmışlar ve büyüme, yaşama oranı (YO) ve vücut kompozisyonunu incelemişlerdir. Çalışmanın ilk 6 haftasında yerel yemin 400 mg/kg L-karnitin ilâveli grubunda büyümenin önemli düzeyde arttığı, 8. hafta sonrasında ise, ticari yeme eklenmiş 900 mg/kg'lık L-karnitin (başlangıç seviyesi 300 mg/kg) seviyesinin olduğu grupta en iyi büyüme saptanmıştır. Fakat, yemlerden hiçbiri tamamıyla dengeli olmadığından tatmin edici performansa ulaşılamamıştır.

Chatzifotis ve ark. (1995), mercan balığı (*Pagrus major*) yavrularında, kontrol grubu ve L-karnitinin 4 farklı seviyesi (500, 1000, 2000 ve 4000 mg/kg) olmak üzere 5 farklı deneme yemini test etmişlerdir. Çalışma sonunda, en iyi büyüme 2000 mg/kg'lık karnitin grubunda olmuş, SBO, YEO ve karaciğer somatik indeksi (KSİ) en yüksek olarak yine aynı grupta gözlenmiştir. Günlük yem alımı (GYA), gruplarda en düşük %3,30 ve en yüksek %3,52 olacak şekilde sırasıyla L-karnitin 2000 mg/kg grubu ve kontrol grubunda gözlenmiştir. Karaciğer ve kas yağ oranlarında en yüksek seviye sırasıyla %26,2 ve 1,4 olmak üzere 2000 mg/kg grubunda bulunmuştur. Karaciğerde protein içeriği en yüksek %11,2 ile kontrol grubunda, kaslarda protein içeriği ise en yüksek %22,4 ile 500 mg/kg L-karnitin ilâvesinin olduğu grupta saptanmıştır. Nötral yağ sınıflarından, serbest yağ asitleri (SYA) oranının karaciğerde belirli bir şekilde azaldığı görülmüştür. Tam tersi olarak, triaçilgliserollerde (TAG) oranın karnitin eklenmesine bağlı olarak arttığını tespit etmişlerdir. Benzer olarak kaslardaki TAG oranı da artmıştır. SYA'nin kaslardaki kompozisyonuna L-karnitin ilâvesinin belirgin bir etkisi olmamıştır. Ayrıca karaciğerde, uzun zincirli yağ asitleri (20-22 karbon atomlu, UZYA) oranının L-karnitin ilâvesiyle azaldığı ve yüksek oranda doymamış yağ asitlerinin (YODYA) oranında ise azalma olduğu saptanmış, böylece karaciğerde UZYA'nin L-karnitin ilâveli gruplarda etkin bir şekilde kullanımının arttığı belirlenmiştir. Kas yağ asitlerinde ise, UZYA en yüksek %28,8 ile 1000 mg/kg L-karnitin grubunda, en düşük olarak ise %25,8 ile 2000 mg/kg'lık L-karnitin grubunda bulunmuştur. YODYA ise, en düşük %17,3 ile 1000 mg/kg ve en yüksek %20,7 ile kontrol grubunda saptanmıştır.

Jayaprakas ve Sambu (1995), beyaz karides (*Penaeus indicus*) yavrularını 120 gün süreyle, sırasıyla 10 ppm (T1), 250 ppm (T2), 500 ppm (T3), 750 ppm (T4) ve 1000 ppm (T5) oranında L-karnitin ilâvesinin yanı sıra, balık unu bazlı olarak hazırlanmış ve %40 ham protein içeriğine sahip kontrol grubu (T6) olacak şekilde 6 farklı yem grubu ile beslemişlerdir. Bütün L-karnitin ilâveli yemlerdeki büyüme, kontrol grubuna nazaran, daha yüksek olmuş ve önemli derecede farklı bulunmuştur. Yem çevirim etkinliği, sindirim etkinliği ve PEO L-karnitin grupları karideslerinde, kontrol grubuna göre, daha yüksek olmuş, optimum değerler yine 500 mg/kg'lık T3 grubunda saptanmıştır. Sindirim enzimlerinden, amilaz, proteaz ve lipaz aktiviteleri, kasta ve hepatopankreasta RNA/DNA oranları L-karnitin gruplarında yüksek, yağ kompozisyonunun ise bu gruplarda, kontrol grubuna göre azaldığı belirlenmiştir. Bu araştırıcının, L-karnitin ilâvesi ile, büyüme ve anabolik işlemler için protein ve enerjinin idareli kullanılmasıyla yağ katabolizmasını arttırdığını saptamışlardır.

Rodehutscord (1995), yüksek oranda yağ içeren yemlere L-karnitin ilâvesinin gökkuşağı alabalıklarında (*Onchorhynchus mykiss*) büyüme ve vücut kompozisyonu üzerine etkisini araştırmıştır. CAK, yem tüketimi, vücut protein ve yağ içeriklerinde hiçbir önemli farklılığın olmadığı saptanmıştır.

Chatzifotis ve ark. (1996), 2 g/kg yem oranındaki L-karnitin ile iki farklı lisin seviyesinin (10-14 g/kg yem) kombinasyonunun mercan yavrularında büyüme, vücut kompozisyonu, kas ve karaciğerin nötral yağ sınıfları ve toplam yağ asitleri kompozisyonları üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma 45 gün sürmüş, başlangıç canlı ağırlıkları ortalama 6,85 g olan mercan yavrularını 20 adet olacak şekilde 100 litrelik tanklara stoklamışlardır. 10 g/kg lisin ile beslenen grupta zayıf büyüme ve YEO görülmüş, bu grupta L-karnitin ilâvesinin bu parametreler bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Lisin seviyesi 14 g/kg'a çıktığında büyüme ve YEO açısından kayda değer bir artış belirlenmiş ve grupta L-karnitin ilâvesi ile büyümedeki artış önemli derecede farklı bulunmuştur. KSİ, lisin ilâvesinin olduğu gruplarda daha yüksek bulunmuştur. İki yönlü varyans analizi sonucunda, lisinin CAK, yem tüketimi, YEO ve KSİ üzerine önemli derecede etkili olduğu, diğer taraftan karnitinin sadece yem tüketimi üzerine bir etkiye sahip olduğu ve ayrıca yukarıda belirtilen parametreler açısından lisin ile L-karnitinin arasında bir interaksiyonun olmadığı belirlenmiştir.

Kasta yağ ve nem oranı lisin eklenen gruplarda lisin ilâvesi olmayan gruplara göre önemli derecede yüksek bulunmuştur. Kas protein içeriğinde ise, lisin ilâvesi ile oranın önemli olmayacak derecede arttığı belirlenmiş, karaciğer kompozisyonlarında ise önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. Hem karaciğer hem de kas besinsel kompozisyonları açısından L-karnitin ile lisin interaksiyonunun önemli bir etkiye sahip olmadığı saptanmıştır. Nötral yağ sınıfları incelendiğinde, kas TAG içeriği lisin ve L-karnitin ilâvesinde en yüksek seviyeye çıkmış, aynı değerler karaciğerde de gözlenmiş fakat farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Diğer nötral yağ sınıflarından sadece serbest sterol içeriğinin L-karnitin ilâvesinin olduğu gruplardaki bireylerin kaslarında yükseldiği gözlenmiş, karaciğer diaçilgliserol (DAG) oranında ise lisin ve L-karnitin gruplarında önemli derecede artış görülmüştür. Nötral yağ sınıfları açısından kas ve karaciğerde, L-karnitin ile lisin arasındaki interaksiyonun istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. Karaciğer yağ asitlerinde, hem karnitin hem de lisin ilâvesi olan gruplarda dokosaheksaenoik asit (DHA), eikosapentaenoik asit (EPA), toplam ω-3 ve ω-6 yağ asitleri oranları önemli derecede artmıştır. UZYA'nde belirgin bir azalma görülmüştür. Toplam ω-6 yağ asitleri ve EPA açısından lisin ve L-karnitin interaksiyonu önemli bulunmuştur. Kas yağ asitleri daha sabit bir profil sergilemiştir. Lisin ilâvesinin kas yağ asitleri üzerine belirgin bir etkisi gözlenmemiş, fakat DHA ve EPA açısından L-karnitin ilâvesi ile bir azalma eğilimi belirlenmiştir. Karnitin eklenen grupların kas kompozisyonlarında, asitte çözünen karnitin ve serbest karnitin oranları karnitin olmayan gruplara göre iki kat artmıştır. Bütün gruplarda asitte çözünen karnitin ile serbest karnitin arasındaki oran benzer olarak bulunmuştur. Lisin bu iki karnitin seviyesine herhangi bir etki yapmamıştır. Lisin ve L-karnitin ilâvesinin kaslardaki uzun zincirli karnitin (asitte çözünmeyen) üzerine etkisinin açık olmadığı ve 10 g/kg lisin grubundaki balık kaslarındaki uzun zincirli karnitin seviyesinin en düşük seviyede olduğunu belirlenmiştir.

Ji ve ark.(1996), Atlantik somon balıklarında (*Salmo salar*) 23 mmol/kg yem oranında L-karnitin ilâvesini denemişlerdir. Araştırma 9 hafta sürmüş, balıkların vücutlarında yağ oranının azalmasına karşılık protein oranının arttığı belirlenmiştir. Büyüme oranında bir değişikliğin belirlenmediği bu çalışmada ayrıca, karnitin

ilâvesinin glukoneogenesis ve azot metabolizmasında değişimlere yol açan bir mekanizma ile protein sentezini arttırdığını ve pirüvat karboksilazı teşvik ettiğini saptamışlardır.

Jayaprakas ve ark. (1996), kültür koşullarında yetiştirilmiş erkek tilapyaları (*Oreochromis mossambicus*) 252 gün boyunca farklı L-karnitin düzeyleri içeren yemlerle beslemeye almışlar, balıkların büyüme ve üreme performanslarını araştırmışlardır. Deney yemleri 5 farklı karnitin dozajı (150;T1, 300;T2, 500;T3, 700; T4 ve 900 ppm;T5) ve kontrol grubu olmak üzere (T0) 6 farklı gruptan oluşmuştur. Balıklar günde, canlı ağırlıklarının %5'i üzerinden beslenmişlerdir. En yüksek karnitin ilâvesinin olduğu T5 grubundaki balıklardaki büyüme, en yüksek seviyeye çıkmış ve farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Aynı sonuçlar, SBO için de benzer şekilde saptanmıştır. Ayrıca L-karnitin, yem tüketimi ve kullanımına pozitif yönde etkili olmuştur. T5 grubunda, yem çevirim etkinliği, PEO, protein ve yağ sindirilebilirlik oranları kontrol grubuna oranla daha yüksek çıkmıştır. Araştırıcılar, sindirim enzimleri aktivitelerinin L-karnitin seviyesi ile birlikte arttığını, kas ve karaciğerdeki RNA-DNA içeriğinin T5 grubunda en yüksek seviyeye ulaştığını tespit etmişlerdir. L-karnitinin, gelişen organlarda RNA-DNA sentezinin artmasıyla büyümeyi teşvik ettiğini, ayrıca enerji kaynağı olarak yağların daha etkili olarak kullanılmasıyla yetiştiriciliğe alınan balık türlerinde yağ içeriğinde azalmaya neden olan yağ katabolizmasını uyardığını belirtmişlerdir. Üreme performansı açısından değerlendirme yapıldığında, bütün gruplarda testislerin olgunlaşmış olduğu, gonad somatik indeksi (GSİ) değerlerinin ise L-karnitin ilâvesiyle arttığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca L-karnitin ilâvesiyle doğru orantılı olarak, mililitredeki sperm hücresi konsantrasyonu, sperm hareketliliği ve yaşama oranlarındaki değerlerin arttığı tespit edilmiştir.

Schreiber ve ark. (1997), yemlere eklenen L-karnitinin, aniyonik ksenobiyotiklere karşı lepisteslerin (*Poecilia reticulata*) deri ve solungaçlarında koruyucu etkisi ve üreme performansı üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda L-karnitinin, hücresel enerji metabolizmasının uyarılması ve zarar gören membranın rejenerasyonuyla aniyonik ksenobiyotiklere karşı lepistes deri ve solungaçlarının epitelial tabakasını ve plazma membranlarını korumaya yardımcı

olduğunu bildirmişler, fakat bu durumun yüksek sıcaklık gibi anormal koşullar altında olduğunu belirtmişlerdir.

Focken ve ark. (1997), sazanlarda (*Cyprinus carpio*) 3 farklı L-karnitin (200, 400 ve 600 mg/kg) ve kontrol grubu olmak üzere 4 farklı deney yemi kullanmışlardır. 400 ve 600 mg/kg L-karnitin dozajı ile beslenen gruplarda büyüme kontrol grubuna oranla daha iyi olmuş, harcanan enerji daha az ve yemden alınan enerjinin tutulması daha fazla bulunmuştur. Ortalama enerji etkinliğinin, 400 mg/kg L-karnitin grubunda, kontrol grubuna oranla, %30 daha fazla olduğu saptanmıştır.

Chatzifotis ve ark. (1997), L-karnitin ilâvesinin gökkuşağı alabalığı yavrularının büyüme performansı üzerine etkisini araştırmışlardır. Deneme sonucunda, en yüksek CAK, L-karnitinin en yüksek (4g/kg) grubunda gözlenmiş, SBO, YEO ve günlük yem alımı (GYA) değerleri L-karnitinin ilâvesine doğru orantılı olarak gruplarda arttığı belirlenmiştir. Yağ ve protein sindirilebilirliğinde önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. İkinci denemede ise, %40 ham protein içeriğine sahip yemin üç farklı yağ seviyesini (%5, 10 ve 15) L-karnitinin iki farklı seviyesiyle (0 ve 4 g/kg) kombine etmişlerdir. Balıklar 45 gün boyunca günde canlı ağırlıklarının %2'si düzeyinde beslenmişlerdir. SBO ve YEO yemdeki yağ seviyesiyle doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. Benzer etki L-karnitin ilâvesinde gözlemlenmemiştir.

Chatzifotis ve Takeuchi (1997), mercan (*Pagrus major*) yavrularında, deney yemlerine eklenen L-karnitinin, açlık boyunca ağırlık kaybı, dorsal kaslar ve karaciğerin besinsel ve yağ kompozisyonu üzerine etkisini incelemişlerdir. Açlık periyodunun ilk günü ve takip eden her 10 günde bir yapılan örneklemelerde canlı ağırlık kaybında beklenen azalma görülmüş, kontrol grubu ve karnitin grubu arasında fark belirlenmemiştir. Ayrıca iki yönlü varyans analizi sonucunda karnitinin ağırlık kaybı üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. KSİ son 10 gün boyunca değişmemiş ve ağırlık kaybında olduğu gibi aynı sonuçlar elde edilmiştir. Dorsal kaslardaki protein konsantrasyonunun ilk 10 günlük periyotta sabit bir düzeyde kaldığı fakat 20. ve 30. günlerdeki analizlerde fark edilir derecede azaldığı görülmüştür. Yağ konsantrasyonunda ise, 10. günde önemli derecede azalma olmuş ve kalan periyot boyunca değişiklik olmamıştır. Diğer taraftan kaslardaki su içeriği,

açlık periyodu boyunca artarken, kül oranında herhangi bir değişiklik olmamıştır. Kasların besinsel kompozisyonunda olan bütün bu değişimler üzerine L-karnitinin herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Karaciğerdeki besinsel kompozisyonlar incelendiğinde, benzer sonuçlar alınmış, fakat protein konsantrasyonunda ilk 10 gün boyunca sabit bir seyir yerine artış gözlenmiş, daha sonra belirli bir düzeyde sabit olarak kalmıştır. Aynı şekilde karaciğerdeki besinsel kompozisyon değişimlerine karnitinin herhangi bir etkisi saptanmamıştır. Açlığın 20. gününde dorsal kaslarda ve karaciğerdeki yağ sınıflarından TAG ve DAG değerlerinde azalma görülmüş, polar yağlar ve monoaçilgliserollerde (MAG) ise belirgin bir değişim gözlenmemiştir. Serbest sterol değeri karaciğerde 20. günden sonra artarken, dorsal kaslarda ise açlık periyodu boyunca inişli çıkışlı bir seyir izlemiştir. Karnitinin etkisine baklıdığında, kaslarda özellikle DAG ve SAY'nde 10. gündeki değişim belirgin bir şekilde gözlenmiş, kontrol gurubunda oranın daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, karaciğerin SYA kompozisyonunda kontrol grubunun karnitin grubundan daha yüksek değerlerde olduğu saptanmıştır. Açlık periyodu boyunca kaslardaki oleik (18:1ω-9) ve palmitoleik asit (16:1 ω-7) ve karaciğerde palmitik (16:0) ve oleik asitlerin seviyesinde azalma görülmüştür. Diğer taraftan, dokosapentaenoik asit (22:5 ω-3) ve DHA (22:6 ω-3) oranında artış belirlenmiştir. Hem kaslarda ve hemde karaciğerde, UZYA oranı artmış, orta zincirli yağ asitlerinin (OZYA) değeri ise azalmıştır. Ayrıca toplam ω-3 ve ω-6 yağ asitlerinde artış gözlenmiştir. Karaciğer ve kaslarda olan bu değişimler üzerine karnitinin herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Keshavanath ve Renuka (1998), rohu balığı (*Labeo rohita*) yavrularında, yemlere ilâve edilmiş farklı L-karnitin seviyelerinin etkisini incelemişlerdir. Beş değişik L-karnitin seviyesiyle (0, 0,25, 0,50, 0,75 ve 1 g/kg yem) hazırlanan yemlerle beslenen ortalama 3 g civarındaki başlangıç ağırlığına sahip olan balıklar 25 m^3 hacmindeki beton tanklara stoklanmıştır. 126 gün sonunda, 0,50 g/kg yem düzeyindeki grubun diğerlerine oranla önemli derecede büyüme gösterdiği belirlenmiştir. Yağ sindirilebilirliği, YEO ve PEO'nın karnitin ilâveli gruplarda daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca kaslardaki besinsel kompozisyonun karnitin

uygulamasından etkilendiğini, rohu yavrularının büyüme ve vücut kompozisyonu üzerine L-karnitinin pozitif etkisinin olduğunu gözlemlemişlerdir.

Becker ve ark. (1999) iki tilapya türünden elde edilen hibritlerde (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*) farklı L-karnitin seviyelerinin (0, 150 ve 300 mg/kg yem) büyüme performansı üzerine etkisini incelemişlerdir. L-karnitin tilapyalarda büyüme, yem değerlendirme ve PEO'nı arttırmış, fakat tüm vücuttaki yağ ve protein kompozisyonunda değişiklik olmamıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, tilapyalar için kullanılan ticari yemlerdeki L-karnitin oranının yetersiz olduğunu ve yemlere 150 mg/kg oranında karnitin eklemenin pozitif etkisinin olduğunu bildirmişlerdir.

Harpaz ve ark. (1999), chiclidae familyasına ait akvaryum balıklarından *Pelvicachromis pulcher*'de L-karnitin ilâvesinin balıkların yaşama, büyüme ve soğuğa karşı toleransı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Balıklar 4 farklı L-karnitin seviyesi (0, 500, 1000 ve 2000 mg/kg yem) içeren deney yemleriyle 82 gün boyunca beslenmişler ve büyüme periyodu sonunda soğuk şokuna maruz bırakılmışlardır. L-karnitin gruplarında, soğuk şokundan sonra hayatta kalma oranları ve normal sıcaklığa geçişte adaptasyonun kontrol grubuna göre daha iyi olduğu gözlenmiştir. Soğuk şokuna karşı en iyi koruma, 1000 mg/kg yem grubunda belirlenmiştir.

Gaylord ve Gatlin (2000a), hibrit çizgili levreklerde (*Morone chrysops* ♀ X *Morone saxatilis* ♂) farklı tip ve artan oranlarda karnitin ile iki farklı yağ seviyesinin kombinasyonunun besleme sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Başlangıç ağırlıkları 3,3 g olan balıklar 9 hafta boyunca %5 ve %10 yağ içeriği ile 0, 500 ve 1000 mg/kg L-karnitin, 1000 mg/kg DL-karnitin ve 1000 mg/kg oranında karnitin klorid içeren yemlerin kombinasyonlarıyla beslenmişlerdir. Balıklardaki büyümede, karnitin seviyeleri yada tiplerinin herhangi bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Bununla birlikte %10 yağ seviyesi olan yem grubuyla beslenen balıklarıdaki CAK'nın %5 yağ içeren yem grubuna göre %34 daha fazla olduğu belirlenmiştir. KSİ üzerine yem gruplarının bir etkisi olmamıştır. Viseral yağ oranında ise, %5 yağ grubuna göre %10 yağ içeriği olan grupta belirgin bir artış göstermiş, ayrıca 1000 mg/kg karnitin içeren grupta kontrol grubuna göre artış olmuştur. Kaslardaki yağ kompozisyonu deney yemlerinden etkilenmemiş, karaciğerde ise, %10 yağ içeren grupta %5 yağ grubuna

göre yağ seviyesinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca karaciğer yağ içeriği, 1000 mg/kg DL-karnitin içeren grupta aynı seviyedeki L-karnitin ve karnitin klorid gruplarına göre daha yüksek bulunmuştur. Karaciğer ve kaslardaki yağ sınıfları yemlerdeki karnitin ve farklı yağ seviyelerinden etkilenmemiştir.

Gaylord ve Gatlin (2000b), yine hibrit çizgili levreklerde (*Morone chrysops* ♀ X *Morone saxatilis* ♂) 4 farklı yağ seviyesi (%5, %10, %15 ve %20) ile 0 ve 3000 mg/kg yem oranında L-karnitin içeren yem gruplarının kombinasyonunu denemişlerdir. İlk ağırlıkları 2,5 g olan balıklar günde iki kez olmak üzere 8 hafta boyunca beslenmişlerdir. Deney yemlerinin ham protein oranı %40 olacak şekilde ayarlanmıştır. Araştırma sonunda, L-karnitin ilâvesinin balığın büyümesine etkisinin olmadığı, bunun yanısıra artan yağ seviyelerinin balık büyümesinde etkili olduğu belirlenmiştir. En düşük büyüme %5 yağ seviyesinde (başlangıç ağırlığının %1084'ü oranında), en yüksek büyüme %15 yağ seviyesinde (%1343) olurken, %20 yağ seviyesi içeriğine sahip grupta ise ortalama (%1215) bir büyüme gözlenmiştir. YEO'da yağ seviyelerinden etkilenmiş, %10 ve %20 yağ oranına sahip gruplarda, %5 ve %15 oranına sahip gruplara göre daha yüksek bulunmuştur. Vücut kompozisyonu L-karnitin ilâvesinde oldukça az etkilenmiş, fakat %10 yağ seviyesinin üzerindeki gruplarda önemli derecede farklı olmuştur. Karaciğer kompozisyonuna L-karnitinin herhangi bir etkisi olmazken, deney yemlerinin farklı yağ seviyelerinin bu kompozisyon üzerine etkisinin olduğu ortaya konmuştur. Yemlerdeki yağ seviyesi artarken, karaciğer yağ seviyesi de artmış ve karaciğer glikojen değeri belirgin bir şekilde azalmıştır. Kas besinsel kompozisyonu ise, herhangi bir yem grubuna göre farklılık göstermemiştir. Deneme sonucunda %10 ve 15 yağ seviyesi içeren grupta iyi bir büyüme gözlenirken bu gruptaki balıklarda yağ depo oranının normal düzeylerde olduğu saptanmıştır. KSİ, en düşük %20 yağ içeren yem grubunda bulunmuş, viseral yağ oranı ise bu grupta diğer gruplara oranla yüksek olmuştur. Kaslardaki TAG, SYA, kolesterol (K) ve kolestreol esterleri (KE) yemlerdeki yağ ve L-karnitin seviyelerinden etkilenmemiştir. Karaciğer yağ sınıfları, L-karnitin ilâvesinden etkilenmemiş, bununla birlikte karaciğer TAG oranları %20 yağ içeren grupta diğer gruplara nazaran daha düşük bulunmuş, KE oranlarının yemlerdeki yağ seviyesi arttıkça azaldığı görülmüştür. Karaciğer SYA ve fosfolipid

oranlarının yemlerdeki yağ ve L-karnitin seviye farklılıklarından etkilenmediği gözlenmiştir.

Twibbel ve Brown (2000), hibrit çizgili levreklerde (*Morone chrysops* ♀ X *Morone saxatilis* ♂) 4 farklı L-karnitin seviyesinin (2,1, 41, 212 ve 369,7 mg/kg) büyüme ve vücut kompozisyonu üzerine etkisini incelemişlerdir. Yemin protein içeriği %34,6 (yemin toplam ham protein içeriğinin %10,1'lik kısmı kazein ve jelatinden, geriye kalan kısmı ise sentetik amino asit karışımından sağlanmıştır), yağ içeriği ise %6 olacak şekilde ayarlanmıştır. İlk ağırlıkları 13,5 g olan balıklar günde iki kez olmak üzere 8 hafta boyunca yemlenmişlerdir. Araştırma sonucunda, 369,7 mg/kg yem L-karnitin içeren gruptaki balıklarda GYA ve CAK diğer gruplara oranla önemli derecede farklı bulunmuştur. YEO, karaciğerdeki toplam yağ konsantrasyonu, viseral yağ oranı ve ayrıca kaslardaki besinsel kompozisyonun, L-karnitin uygulamasından önemli oranda etkilenmediği gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda, nispeten düşük konsantrasyonlu L-karnitin ilâvelerinde hibrit çizgili levreklerin büyüme oranının pozitif yönde etkilendiği, fakat vücut besinsel kompozisyonlarının herhangi bir değişim göstermediği saptanmıştır.

Dias ve ark. (2001), ergin levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) yemlere artan oranlarda 4 farklı (0,3, 1,1, 2,0 ve 3,0 g/kg) L-karnitin ilâvesi yapmışlar, balıklardaki büyüme ve yağ metabolizmasını incelemişlerdir. Yemlerin ham protein içeriği %42, yağ içeriği %19 ve enerji seviyesi yem gruplarının hepsinde 21,5 kj/g olacak şekilde ayarlanmıştır. Başlangıç ağırlıkları 250 g olan levrekler 20 ^{0}C sıcaklık ve 35 ppt tuzlulukta, günde 3 kez olmak üzere 85 gün boyunca beslenmişlerdir. Çalışma sonunda, yemlere eklenen L-karnitinin, CAK, YEO ve protein kullanımı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Ayrıca balıkların tüm vücut besinsel kompozisyonlarında deney yemlerine göre herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Benzer bir şekilde, ne plazma TAG ve kolesterol seviyelerinde ne de dokulardaki yağ seviyelerinde bir değişme olmamıştır. Bunun aksine, L-karnitin ilâvesi olan gruplarda, asetil KoA-karboksilaz enziminin aktivitesi 3 kat daha artmıştır. Araştırmacılar, eldeki veriler doğrultusunda, yüksek oranda yağ içeren yemlerle beslenen levreklerde L-karnitin ilâvesinin yağ deposunun azalması yönünde etkili olmadığını belirtmişlerdir.

Ozorio ve ark. (2002), Afrika kedi balığı (*Clarias gariepinus*) yavrularında, iki farklı (13 ve 21 g/kg) lisin seviyesi, iki farklı (80 ve 160 g/kg) yağ seviyesi ve iki farklı (0,2 ve 1,0 g/kg) L-karnitin seviyesini kombine ederek, büyüme performansı, besinsel kompozisyon ve amino asit metabolizmasındaki değişimleri test etmişlerdir. Balıkların deneme koşullarına alıştırılması için, 1 hafta boyunca düşük yağ, lisin ve L-karnitin içeren yemlerle beslenmişlerdir. Alıştırma aşamasından sonra, başlangıç ağırlıkları 23 g olan balıklar günde iki kez, 74 gün boyunca yemlenmişlerdir. Çalışma sonunda, yüksek L-karnitin içeren yemlerle beslenen balıkların dokularında düşük seviyedeki L-karnitin grubuna göre 6 kat daha fazla karnitin olduğu saptanmıştır. Ayrıca, açil-L-karnitin ve serbest L-karnitin seviyesi dokularda ve tüm vücutta, yemlerdeki L-karnitin seviyesiyle doğru orantılı olarak artmıştır. L-karnitin ilâvesi vücuttaki protein:yağ oranını arttırmış fakat büyüme oranına herhangi bir etkisi olmamıştır. Yüksek lisin içeren gruptaki L-karnitin ilâvesinin balıkların vücut dokularındaki amino asit konsantrasyonuna bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, L-karnitin ilâvesiyle balıkların iskelet kaslarındaki glutamik asit, aspartik asit, glisin, alanin, arjinin, serin ve treonin seviyelerinde artış belirlenmiştir. Özellikle yüksek L-karnitin, düşük yağ ve lisin seviyelerinin kombine edildiği gruptaki balıklarda kas ve karaciğer dokularındaki toplam amino asit konsantrasyonları artmıştır. Elde edilen bu veriler ile, araştırmacılar yemlere L-karnitin ilâvesinin yağ asitleri oksidasyonunu arttırarak, enerji elde edilmesi için amino asitlerin yakılmasını azaltacağı görüşüne varmışlardır.

Schlechtriem ve ark. (2004), tilapya hibritlerinde (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*) havuz koşullarında yapılan yoğun yetiştiricilikte L-karnitinin koruyucu etkisini araştırmışlardır. İlk ağırlıkları 90 g olan balıklar havuzlar içerisine kurulmuş 18 adet yüzer kafeslere stoklanmışlar ve 57 gün boyunca, 50-100 g, 100-150 g ve 150-200 g ağırlığında olan balıkların canlı ağırlıklarının sırasıyla %2,3'ü, %2,2'si ve %2,1'i oranında beslemeye almışlardır. Kontrol yemi 8,1 mg/kg yem oranında karnitin içerirken, diğer deneme yemleri ise, 150 ve 450 mg/kg yem oranında karnitin içerecek şekilde hazırlanmıştır. Ayrıca araştırmacılar, kontrol grubunu oluşturmak üzere 26 adet tilapya bireyini kapalı sistem laboratuvar koşullarında bulunan 500 litre hacimli tanklara stoklamışlar ve bu grubu aynı yem

içeriği ve oranlarında deneme süresince beslemişlerdir. Çalışma sonucunda L-karnitin ilâvesinin balıklarda CAK'na bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca havuz koşullarında ve kapalı sistem laboratuvar koşullarında tutulan balıklar arasında histolojik açıdan bir karşılaştırma yapılmış, 150 mg/kg karnitin içeren grupta solungaç, deri, iç organlar ve deri epitelinde en düşük geçirgenlik saptanmış, organik anyonların aktif taşınımında en yüksek aktivite belirlenmiştir. Ayrıca multi ksenobiotik canlılara karşı dayanıklılık transferinde en yüksek seviyenin olduğunu saptamışlardır. Gruptaki bu değerin aktivitesi, karaciğer, safra ve renal proximal tüplerinde laboratuvar koşullarındaki grup hariç diğer gruplara nazaran daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca balık böbreklerindeki makrofajlarda nötr kırmızıların iç lizozomal birikimi diğer gruplara göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Bütün bu sonuçlar doğrultusunda araştırmacılar, düşük seviyedeki L-karnitin kullanımının, yoğun havuz koşullarında yetiştiricilik yapılan balıklarda birçok koruyucu etkisinin olduğunu belirtmişlerdir.

2.4. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Yemlerde Kullanılan Farklı Yağ Seviyeleri ile İlgili Çalışmalar

1970'li yıllarda araştırmacılar, özellikle çipura üzerinde, daha çok protein ihtiyacı üzerinde durmuşlar, sonraki yıllarda yemlerdeki yağ seviyesini optimize etmek amacıyla çalışmalar yapmışlardır. Levrek üzerinde yapılan çalışmalar yine çipura çalışmalarıyla benzerlik taşımakta fakat ilk yapılan çalışmaların bazılarında yağ seviyelerini belirlemeye yönelik denemelerin daha yoğun olduğu görülmektedir. İlerleyen yıllarda yeni bilgiler doğrultusunda çalışmaların amacı genişlemiş, özellikle çipura ve levreklerde yapılan bu araştırmalar diğer balık türlerinde yapılmış olan çalışmaların kurgulanmasında yol belirleyici olmuştur.

Alliot ve ark. (1974), 10 g ağırlığındaki levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) 20 ^{0}C sıcaklıkta 4 farklı protein seviyesi (%32, 44, 52, 62) ile 4 farklı yağ seviyesini (%8, 10, 12, 14) denemişlerdir. Büyüme açısından en iyi performans %52/15 (protein/yağ) oranında belirlenmiş ancak, yemdeki yağ seviyesinin sadece %4'ünün balık, kalan kısmının ise bitkisel yağ kaynaklarından sağlanması dolayısıyla yemdeki

yağ seviyesinin, besinsel ihtiyaçlar açısından esansiyel yağ asitlerini yeterli oranda içerip içermediği çalışma sonunda kesin olarak belirtilmemiştir.

Metailler ve ark. (1981), 75 g başlangıç ağırlığındaki levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) 19-20 ^{0}C sıcaklıkta 3 farklı protein seviyesi (%53, 60, 65) ile 2 farklı yağ seviyesini (%12, 20) test etmişlerdir. En iyi büyüme performansı %60/12 (protein/yağ) oranında belirlenmesine rağmen, %60/20 oranı arasında önemli bir istatistiksel fark bulunmamıştır. Yem çevrim değerinin ise, gruplar arasında önemli bir değişim göstermediği saptanmıştır.

Marti-Palanca ve ark. (1996), çipuralarda (*Sparus aurata*) 3 farklı protein seviyesi (%45, 52, 60) ile yine 3 değişik yağ seviyesinin (%8, 12, 17) büyüme performansı üzerine etkisini araştırmışlardır (başlangıç ağırlığı 15 g, su sıcaklığı 21-23 ^{o}C). Büyüme performansı ve yem çevirimi en yüksek olarak %60/12 (protein/yağ) seviyesinde bulunurken, bu seviyede yem tüketiminin en düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bütün yağ seviyelerinde protein oranı arttığında yem tüketimi ve aynı zamanda yem çeviriminin düştüğü belirlenmiştir.

Vergara ve ark. (1996), 5,3 g başlangıç ağırlığına sahip çipuralarda (*Sparus aurata*) %42, 46, 52, 58 protein seviyeleri ile %9 ve 15 yağ seviyelerini kombine etmişlerdir. Balıklar canlı ağırlıklarının %3'ü oranında 21,7 ^{o}C sıcaklıkla yemlenmişlerdir. Yem çevirimi dışında yem grupları arasında diğer büyüme parametreleri açısından herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Büyüme açısından en iyi performans %52/15 (protein/yağ) grubunda olmasına rağmen gruplar arasında önemli bir farkın olmadığı saptanmıştır.

Chou ve Shiau (1996), tilapya hibritlerinde (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*) 5 değişik yağ seviyesinde (%0, 5, 10, 15, 20; mısır yağı/morina balığı karaciğer yağı/domuz yağı, 1:1:1), eş enerji ve eş protein seviyesine sahip yemler ile büyüme performansı ve optimum yağ seviyesini belirlemek amacıyla araştırma kurgulamışlardır. Çalışma sonucunda, en iyi büyüme performansı %10 ve %15 yağ seviyesinde olurken, bunu %5 ve %20 düzeyleri takip etmiş, en düşük büyüme kontrol (%0 yağ) grubunda olmuştur. PEO ve PDO değerleri büyüme performansına benzer seyir izlemiştir. YEO, kontrol grubuna oranla diğer gruplarda daha iyi bulunmuştur. Vücuttaki yağ oranı en yüksek %20 yağ içeren yem grubunda

olurken, bu değeri sırasıyla %10, 15, 5 ve kontrol grupları izlemiştir. Araştırmacılar tarafından ikinci derece regrasyon denklemine göre, balıkların en düşük yağ seviyesi ihtiyacının %12 olduğu saptanmıştır.

Perez ve ark. (1997), levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) iki farklı grup yem kullanmışlardır. İlk grupta; %40-55 protein, %6-18, yağ ve %23 karbonhidrat seviyesi ve ikinci grupta; % 40-55 protein, %12 yağ ve %20-35 karbonhidrat seviyesi denenmiştir. Balıkların başlangıç ağırlıkları 2,8 g ve su sıcaklığı ise çalışma süresince 26-28 ^{o}C arasında olacak şekilde ayarlanmıştır. En iyi büyüme performansı, balıklara verilen yem grupları arasında sırasıyla, A grubunda %45/14/23 ve B grubunda %45/12/28 (protein/yağ/karbonhidrat düzeylerinde) olarak belirlenmiştir.

Dias ve ark. (1998), başlangıç ağırlıkları 6 g olan levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) iki farklı protein seviyesini (%43, 52), %9 ve %18'lik yağ seviyeleriyle test etmişlerdir. Çalışma sonunda, büyüme bütün gruplar arasında birbirine yakın değerlerde kalmış, en iyi yem çevirim oranı en yüksek yağ seviyesine sahip grupta olmuştur. %9 oranındaki yağ seviyesinin, levreklerdeki büyüme açısından yetersiz olduğu saptanmıştır.

Santinha ve ark., (1999), 42,5 g başlangıç ağırlığına sahip çipuralarda (*Sparus aurata*) 19-26 ^{o}C su sıcaklığında iki farklı protein (%47, 52) ve yağ (%15, 21) seviyelerini test etmişlerdir. Balıkların yem tüketimlerini ayarlayabildikleri ve bu sonuçlar doğrultusunda çalışma sonu ağırlıkları ve SBO'nda gruplar arasında belirgin bir farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir. Yağ seviyesi artışının yem tüketimini azalttığı, bunun yanı sıra daha iyi bir yem çevirimine neden olduğu belirlenmiştir. %21 yağ oranındaki gruplarda benzer YEO bulunmuş fakat %47 protein grubunda vücuttaki yağ oranının %52 protein grubuna göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Company ve ark. (1999), başlangıç ağırlığı 16-17 g olan çipuralarda (*Sparus aurata*) %46/17 ve %55/9 (protein/yağ) oranı olacak şekilde ayarlanmış deney yemlerini, farklı yemleme oranlarında (%1, 1,75 ve serbest yemleme) denemişlerdir. Su sıcaklığı çalışma süresince 23-26 ^{o}C arasında olmuştur. Her iki yem grubunda da büyüme, yem tüketimi arttıkça artmıştır. %1,75 oranındaki yem seviyesi ile beslenen balıklarda, her iki farklı protein/yağ seviyesinde de daha iyi yem çevrim oranı

saptanmıştır. Serbest yemlenen balıkların %46/17 protein/yağ grubunda en düşük yem çevrim oranı belirlenmiştir.

Lanari ve ark., (1999), levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) (başlangıç ağırlığı 92 g, su sıcaklığı 22^{o}C) 3 farklı yağ (%11, 15, 19) ve iki farklı karbonhidrat düzeyini (%21,5 ve 28,5) %48 protein seviyesi ile test etmişlerdir. Yüksek yağ oranına sahip yem grubundaki balıklarda iyi büyüme gözlenmesine rağmen, vücut yağ oranının en yüksek değerde olduğu bulunmuştur. Farklı karbonhidrat seviyelerindeki aynı yağ seviyelerinde ise, büyüme açısından herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Araştırmacılar bu durumun, yemlerdeki lif oranlarının farklı olmasından dolayı sonuçlar üzerinde etkili olmadığını belirtmişlerdir.

Peres ve Oliva Teles (1999), başlangıç ağırlığı 7 g olan levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) %48 protein seviyesini %12, 18, 24 ve 30 yağ seviyeleri ile kombine ederek test etmişlerdir. Yağ seviyelerinin ilk üç grubundaki balıklarda, büyüme ve yem kullanımı bakımından herhangi bir değişim gözlenmemiş, aynı büyüme parametresi değerlerinin %30 yağ grubundaki balıklarda azaldığı saptanmıştır.

Vergara ve ark. (1999), çipuralarda (*Sparus aurata*), üç farklı yağ seviyesi (%15, 22 ve 28) içeren yemleri, farklı tip ve kalitedeki balık unları (standart ve yüksek kalite (Norse-DS 94)) kombinasyonuna ek olarak, bu yem gruplarının farklı tekniklerde (ekstrude ve pres peletleme) hazırlanmış kombinasyonlarını ve kontrol grubu olarak %46,5 ham protein ve %28 yağ içeriğine sahip ticari yemi kullanmışlardır. 70 g başlangıç ağırlığa sahip olan balıklar çalışma sonunda yaklaşık 400 g civarına ulaşmışlardır. Yüksek kaliteli balık unu kullanılan gruptaki balıklarda büyüme oranı, standart kaliteli balık unuyla hazırlanan yem gruplarındakilere nazaran daha iyi olmuştur. %22 yağ grubunda protein kullanımı, proteinin depo etkisinden dolayı yükselmiş, %28 yağ ve standart kaliteli balık unu kombinasyonunda protein depo etkisinin daha etkin olduğu gözlenmiştir. Balığın büyümesindeki önemli artış, standart ve yüksek kaliteli balık unu ile hazırlanan yem gruplarının %28 yağ seviyesi içeren gruplarında olmuş, fakat bu gruplardaki balıklarda vücuttaki yağ oranı da en yüksek değerlere ulaşmış ve yağ oranının artmasıyla karaciğerde bazı anormalliklerin olduğu saptanmıştır. Pres pelet tekniği

ile hazırlanan yemlerin, özellikle standart balık unu grubundaki balıklarda, ekstrude grubu balıklarına göre daha iyi bir büyüme gösterdiği açık bir şekilde gözlenmiştir. Ticari yem grubu ile diğer tekniklerle hazırlanan yem grubundaki balıklar arasında yem alımı açısından önemli bir fark belirlenmemiş, yem çevirim oranı bütün gruplarda 1,6'nın altında olmuştur.

Caballero ve ark. (1999), çipuralarda (*Sparus aurata*) üç farklı yağ seviyesi (%15, 22 ve 27) içeren yemleri, düşük ve yüksek kaliteli balık unlarıyla hazırlanan yemlerle kombine etmişler ve bu yem gruplarını iki yem tekniği ile (ekstrude ve pres peletleme) hazırlamışlardır. Balıklar çalışma başında 70 g ağırlıkta iken 6 aylık deneme sonunda yaklaşık 400 g ağırlığa ulaşmışlardır. Araştırmacılar denemelerinde balıkların büyüme parametreleri ile karaciğerin histolojik değişimlerini test etmişlerdir. Yüksek kaliteli balık unu kullanılan yem gruplarındaki balıklarda genel olarak, düşük kaliteli balık unu grubundaki bireylere nazaran daha iyi bir büyüme gözlemlemişlerdir. Yüksek kaliteli balık unu grubundaki yemlerin %22 ve 27 yağ seviyesi grubundaki balıklardaki büyüme, %15 yağ grubuna göre önemli derecede farklı ve yüksek olurken, düşük kaliteli balık unu grubunda ise sadece %27 yağ seviyesi grubu diğer yağ seviyesi gruplarından farklı bulunmuştur. Pres pelet tekniği ile hazırlanan yemlerle beslenen balıklar, büyüme açısından ekstrude pelet grubu balıklarına oranla daha az büyüme göstermiştir. Karaciğer büyüklüğünün, yüksek kaliteli balık unu ve %27 yağ grubu kompozisyonu ile beslenen balıklarda, aynı yağ seviyesinin düşük kaliteli balık unu grubu bireylerine nazaran daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca karaciğerin dış kısmındaki hücrelerin çekirdeklerinin yerleşiminde düzensizlik ve stoplazmadaki yağ damlacıklarının daha yoğun olduğu histolojik incelemeler sonucunda saptanmıştır. %15 ve 22 yağ seviyesi grubundaki balıklarda, histolojik açıdan bu parametrelerde herhangi bir farklılık bulunmamıştır.

Hemre ve Sandnes (1999), Atlantik somon (*Salmo salar*) balıklarında, 3 farklı yağ seviyesini (310, 380 ve 470 g/kg yem; düşük, orta ve yüksek) test etmişlerdir. 1,2 kg başlangıç ağırlığındaki balıklar ile Nisan ayı başından Eylül ayına kadar deneme sürdürülmüş ve çalışma sonunda balıklar 2,2-2,7 kg ağırlığa ulaşmışlardır. Orta ve yüksek yağ içeren yem grubundaki balıklardaki büyüme oranı, düşük yağ grubu balıklarına nazaran önemli derecede farklı ve yüksek bulunmuştur. Kas yağ

içeriği bütün grup balıklarında artmıştır. Benzer ağırlıktaki balıklarda, yem yağ içeriği ve kas yağ içeriği arasında benzer bir korelasyon olduğu saptanmıştır. Bütün gruplarda, düşük kas glikojen oranı bulunurken, kaslardaki E vitamini değerinin yağ seviyeleri arttıkça arttığı belirlenmiştir. Kaslardaki yağ asitleri profillerinin yemlerin yağ asitleri profillerini yansıtır nitelikte olduğu belirlenmiş, toplam doymamış, tekli doymamış yağ asitleri (TDYA) ve ω-3 serisi yağ asitleri değerlerinin kas ve yemlerdekine benzer değerlerde olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, en yüksek ω-3/ω-6 oranı, %27 yağ içeren yemlerle beslenen balıklarda olmuştur. Kandaki kimyasal değerlere bakıldığında, az da olsa değişiklikler gözlenmiş, fakat elde edilen değerlerin normal sınırlar içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Huang ve ark. (2001), akarsu chub balıklarında (*Zacco barbata*) 5 farklı yağ seviyesini (%0, 5, 10, 15, 20) test etmişlerdir. Yemlerde kullanılan yağ kaynağı 1:1 oranında balık yağı ve soya yağı olacak şekilde ayarlanmıştır. İlk ağırlığı 0,26 g olan balıklar hazırlanan deney yemleri ile 8 hafta boyunca beslenmişlerdir. Gruplar arasında, CAK, yem çevirim oranı ve PEO açısından herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Vücttaki yağ oranı %20 yağ grubundaki balıklarda, hem başlangıç vücut yağ içeriğinden hem de diğer yağ grubu balıklarından önemli oranda farklı bulunmuştur. Vücut yağlarındaki toplam ω-3 serisi yağ asitleri değeri kontrol grubunda, çalışma başındaki %12,34 değerinden, çalışma sonunda %3,83 değerine düşmüştür. Aynı seyir linoleik asit değerinde de gözlenmiştir. Bunun yanısıra, yağ seviyesi arttıkça, balık vücüdundaki yağ asitleri değerleri de artmıştır.

Nanton ve ark. (2001), yavru haddock (bir çeşit morina balığı) balıklarında (*Melanogrammus aeglefinus,* L.) 4 farklı yağ seviyesini (%14, 16, 19 ve 22) test etmişlerdir. Eş protein (%55) içeriğine sahip yem gruplarıyla, 63 gün süreyle beslenen 6,9 g başlangıç ağırlığındaki balıklarda, çalışma sonucunda bazı büyüme parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. KSİ, karaciğer yağ içeriği ve tüm vücut toplam enerji değeri, yem gruplarındaki yağ seviyesi artışıyla paralel olarak önemli oranda artış göstermiştir. Karaciğerin histolojik açıdan incelenmesinde, net bir patolojik belirti bulunamamıştır. Kas yağ içeriği gruplar arasında, yağ seviyesi arttıkça önemli bir artış göstermemiştir. Karaciğer yağ asitleri profillerine yemlerdeki yağ asitleri profillerinin aynı şekilde yansıdığı belirlenmiştir. Kaslardaki yağ

asitlerinin genel olarak polar yağ sınıflarını ve çoklu doymamış yağ asitlerini (ÇDYA) içermekte olduğu saptanmıştır. Araştırıcılar tarafından, yavru haddock balıkları için %14 yada bu değerden daha düşük seviyedeki yağ oranına sahip yemlerin kullanılması önerilmiştir.

Gawlicka ve ark. (2002), beyaz mersin balığı (*Acipenser transmontanus*) larvalarında (kuluçka sonrası 11. ve 36. günler arasında), %17 yağ içeren ticari yem ile 3 farklı yağ seviyesini (%25, 33 ve 42) test etmişlerdir. Deneme sonunda, yüksek yağ içeriği ile beslenen larvalarda, toplam TAG ve fosfoaçilgliserollerdeki yağ asitlerinin kontrol grubuna oranla daha fazla, nem oranının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubu yemi ile beslenen balıklarda, diğer yem gruplarına göre, linoleik asit önemli oranda düşük, EPA ve DHA ile ω-3 ÇDYA ve ω-3/ω-6 oranı daha yüksek bulunmuştur. 24 günlük besleme sonucunda, larvalardaki glikojenin depo edilmesi %25 yağ seviyesi grubu hariç diğer gruplarda düşmüştür. Bu sonuçlar doğrultusunda larvaların, yüksek yağlı yemlerle beslendiğinde yavaş büyüme ve buna bağlı olarak azalan yem alımı ve yetersiz protein alımı ile düşük seviyede ÇDYA profiline sahip olduğu saptanmıştır. Yavaş büyümeye karşın, balık karaciğerlerinin bütünlüğü bozulmadan, karaciğerdeki yağların kullanımı ve depo edilmesi, daha iyi seviyelerde olmuştur.

Williams ve ark. (2003), Asya levreğinde (*Lates calcarifer*) iki farklı çalışma kurgulamışlardır. İlk çalışmada, 230 g başlangıç ağırlığındaki balıkları, 8 hafta boyunca, 4 farklı protein seviyesi (%38, 43, 48 ve 52) ile 3 farklı yağ seviyesi (%7, 12,5 ve 18) kombinasyonunu içeren ve hava kurutmalı ekstrude olarak hazırlanan yemlerle beslemişlerdir. İkinci çalışmada ise, başlangıç ağırlığı 80 g olan balıkları 6 hafta süresince, 3 farklı yağ seviyesini (%13, 18 ve 23), %43,8 ile %64,7 arasında değişen ve her yağ grubu için 4 farklı protein seviyesini kombine ederek hava kurutmalı pelet olarak hazırlanan yemlerle beslemişlerdir. İkinci deneme ve ilk denemede, yem çevirim oranı ve SBO, ham protein oranı arttıkça paralel bir şekilde artmıştır. Yemlerdeki protein oranı arttıkça, balıkların vücutlarında biriken protein oranı düşük seviyelerde de olsa değişiklik göstermiştir (ilk çalışmada yem protein içeriği %35- 42 arasında, ikinci çalışmada %25 ile 31 arasındadır). Her iki çalışmada da, balıkların vücutlarında biriken toplam enerji seviyesi, yemlerdeki yağ oranı ile

paralel olarak artmıştır. Balıklarda kuru madde içeriği, yem protein oranları arttıkça az bir artış göstermesine rağmen, yem yağ seviyelerindeki artışlardan etkilenmemiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda araştırmacılar, asya levreklerinin üretiminde, yemdeki protein ve yağ oranlarının arttırılmasıyla önemli bir büyüme sağlanmasının yanı sıra, balıkların yağları birincil enerji kaynağı olarak kullanma kapasitesinin sınırlı olduğunu ve bu bağlamda, somon balıklarıyla karşılaştırıldıklarında büyük bir farklılık gösterdiklerini belirtmişlerdir.

Lin ve Shiau (2003), lagos (*Epinephelus malabaricus*) yavrularında kurguladıkları çalışmada, 5 farklı yağ seviyesinin (%0, 4, 8, 12 ve 16; balık yağı/mısır yağı, 1:1) balıklardaki bağışıklık sistemi üzerine etkisini araştırmışlardır. Başlangıç ağırlıkları 4 g olan balıkları, resirküle sistem koşullarında 29 ^{0}C de 8 hafta süreyle beslemişlerdir. En iyi büyüme, %4 ile 12 yağ seviyesi arasındaki gruplarda olmuş ve bunu %16 yağ oranına sahip grup izlemiştir. En düşük büyüme oranı ise, yağ içermeyen grupta olmuştur. YEO ve PEO aynı büyümede olduğu gibi benzer seyir izlemiştir. Vücut yağ içeriği en yüksek %12 ve 16 grubunda olmuş, daha sonra bu grupları sırasıyla %4 ve %8 yağ içeren gruplar ile %0 grubu takip etmiştir. Yağ içermeyen gruptaki balıklarda yaşama oranı diğer gruplara göre en düşük seviyede olmuştur. İkinci derece regrasyon analizine göre, lagos yavruları için optimal yağ seviyesinin yaklaşık %9 civarında olduğu saptanmıştır. %4 yağ seviyesi balıklar için minimum ihtiyaç olarak belirlenmiş ve yemlerdeki yağ seviyesinin arttırılmasıyla lagoslardaki bağışıklık sisteminin daha iyi olacağı sonucuna varılmıştır.

Pei ve ark. (2004), altın balık (*Carassius auratus*) ve uzunburunlu Çin kedibalığında (*Leiocassis longirostris*) farklı yağ seviyelerinin, büyüme ve yem kullanımı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kedi balığı için 455 g/kg, sazan için 385 g/kg yem oranında ham protein içeriği kullanılmıştır. Her iki balık için kullanılan yağ seviyeleri ise, 30, 60, 90, 120, 150, 180 ve 210 g/kg oranında olacak şekilde ayarlanmıştır. Kedibalığı için yem alımı değeri, yağ seviyesi arttıkça azalmış, fakat 90 g/kg'dan 210 g/kg seviyesine kadar önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. SBO yağ seviyelerinin artışına paralel olarak artmış, en iyi değerler 150 ve 180 g/kg grubunda olmuştur. YEO, PDO ve EDO oranları en yüksek 180 g/kg yağ seviyesi içeren grupta bulunmuştur. Sazan için ise, yem alım değeri yağ seviyesi arttıkça

azalmış ve en düşük değerler 180 ve 210 g/kg yağ seviyesi gruplarında olmuştur. SBO yağ seviyelerine paralel bir artış göstermiş ve en iyi değerler 150 ve 180 g/kg yağ oranına sahip gruplarda bulunmuştur. YEO en yüksek 180 g/kg grubunda olurken, PDO yağ seviyeleri ile birlikte artmış fakat, 120 g/kg'dan 210 g/kg'a kadar olan gruplarda önemli bir farklılık saptanmamıştır. EDO, aynı şekilde yemlerdeki yağ seviyelerinin artmasıyla birlikte yükselmiş ve en yüksek değerler 120, 150 ve 180 g/kg yağ içeren gruplarda olmuştur. Kedibalığında, yemlerdeki yağ seviyesinin artmasıyla, karkastaki kuru madde, ham protein, ham yağ ve toplam enerji seviyeleri yükselirken, sazan da ise, kuru madde, ham protein ve ham yağ oranları artmıştır. SBO ve yağ seviyeleri arasındaki ikinci derece regrasyon analizi sonucuna göre, balıklardaki yağ ihtiyacı sazan ve kedibalığı için sırasıyla 140,5 ve 142,6 g/kg olarak saptanmıştır.

Mıshra ve Samantaray (2004), rohu yavrularında (*Labeo rohita*) 3 farklı yağ seviyesini (80, 130 ve 180 g/kg) iki farklı sıcaklık derecesinde (21 ve 32 ^{0}C) test etmişlerdir. Yemlerdeki protein içeriği eş değerde ve 320 g/kg olacak şekilde ayarlanmıştır. Yemlerde, artan oranlarda ayçiçeği yağı ve her grup için 50 g/kg sabit oranda morina balığı karaciğer yağı kullanılmıştır. Balıklar 8 hafta boyunca günde iki kez beslenmişlerdir. Maksimum büyüme oranı, 80 g/kg yağ içeren grup ve 21 ^{0}C sıcaklık kombinasyonu ile 130 g/kg yağ grubu ve 32 ^{0}C sıcaklık kombinasyonunda olmuş, genel olarak büyüme oranı, bütün yağ seviyelerinde 32 ^{0}C'de bulunan balıklarda 21 ^{0}C'deki balıklara göre daha yüksek bulunmuştur. Dokulardaki TDYA değeri 32 ^{0}C'de yağ seviyeleri arttıkça azalmış fakat 21 ^{0}C'de bunun tam tersi bir seyir izlemiştir. 21 ^{0}C'de ÇDYA seviyesi başlangıç değerlerine göre artmış fakat yağ seviyelerinin herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. 32 ^{0}C'de bulunan balıkların kas ve karaciğerlerindeki ω-3 serisi yağ asitleri değerleri 130 g/kg yağ grubunda diğer gruplara oranla daha yüksek olurken, 21 ^{0}C'deki balıklarda her yağ grubu için farklılıklar belirlenmiştir. ω-3/ω-6 oranı en yüksek 130 g/kg yağ ve 32 ^{0}C kombinasyonunun olduğu grupta bulunmuştur. 80 g/kg ve 21 ^{0}C kombinasyonunun balığın büyüme performansı açısından iyi bir korelasyon gösterdiği belirtilmiştir.

Boujard ve ark. (2004), levrek balıklarında (*Dicentrarchus labrax*) eş protein değerine (%54 ham protein) sahip yemlerde, üç farklı yağ seviyesinin (%10 düşük,

20 orta ve 30 yüksek) büyüme, besin ve enerji kullanımını denemişlerdir. Her yem grubu 5 balık grubuna ayrılmış, bu gruplardan üçü sınırlı olmayan oranda (her gün belirli oranda yem miktarı arttırılarak) diğer iki grup ise sınırlı oranda (ortalama yem alımına eşit olacak şekilde her gün aynı miktarda) yemlenmişlerdir. Sınırlı yemleme olmayan grupta, yağ seviyeleri arttıkça yem alım istemi, büyüme oranını etkilemeyecek şekilde azalmıştır. Yemlerdeki yağ seviyeleri ile vücuttaki yağ ve nem oranları arasında ters ve önemli bir etkinin olduğu saptanmış, en yüksek yağ içeriğine sahip yemlerle beslenen balıklarda tüm vücuttaki yağ oranı en yüksek , nem oranı en düşük seviyede bulunmuştur. Kaslardaki yağ konsantrayonu, yemlerdeki yağ seviyesi farklılığından etkilenmemiştir. PDO, yem yağ seviyeleri arttıkça önemli oranda artmış, sınırlı yemlemenin olmadığı grupta bu oranın diğer gruba göre daha iyi olduğu belirlenmiştir. Protein kaybı, yemleme oranı ve yem içeriğinden önemli oranda etkilenmiştir. En düşük değer, sınırlı yemlemenin olmadığı grubun yüksek yağ seviyesi kombinasyonunda olurken, en yüksek değerin ise, düşük yağlı ve sınırlı yemleme yapılan grupta olduğu belirlenmiştir.

Fountoulaki ve ark. (basımda, 2005), çipuralarda (*Sparus* aurata) %51/16, 51/21, 55/21 ve 55/16 protein/yağ oranlarına sahip yemleri test etmişlerdir. Sınırlı yemlemeyle beslenen balıklarda büyüme parametreleri düşmüş, fakat YEO önemli oranda artmıştır. PDO ve EDO'nda önemli bir farklılık bulunmamıştır. Bütün yem gruplarında yemleme oranın azalmasıyla yağ depo seviyesi farkedilir derecede azalmıştır.

Kim ve Lee (2005), bagrid kedibalığında (*Pseudobagrus fulvidraco*) dört farklı protein seviyesi (%22, 32, 42 ve 52) ile 2 farklı yağ seviyesini (%10 ve 19) kombine ederek balıklardaki büyüme ve vücut kompozisyonundaki değişimleri incelemişlerdir. Balıklardaki yaşama oranı, protein ve yağ seviyelerindeki farklılıklardan etkilenmemiştir. SBO, %10 yağ içeren yem grubunda protein seviyesi arttıkça yükselmiş, %19 yağ grubunda ise %42 protein seviyesine kadar artış göstermiştir. YEO ise, %42 protein grubunda %19 yağ seviyesinde, %52 protein grubunda ise her iki yağ seviyesinde de diğer gruplara göre daha yüksek değerlerde bulunmuştur. GYA, yemlerdeki protein ve yağ oranları attıkça azalma göstermiş, %10 yağ grubu balıklarında yem alımı %19 yağ grubu balıklarına göre daha yüksek

olmuştur. PEO ve PDO, yemlerdeki protein içeriği yükseldikçe azalmış, bu parametreler %42 protein düzeyindeki balıklarda, %19 yağ kombinasyonu grubunda, %10 yağ kombinasyonu grubuna oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Vücuttaki nem içeriği, bütün protein grupları ele alındığında, yüksek yağ içeren yem gruplarındaki balıklarda, düşük yağ seviyesi gruplarındakilere nazaran daha fazla artış göstermiştir. Aynı şekilde, ham yağ içeriği de benzer seyir izlemiştir. Sonuçlar doğrultusunda, yemlerdeki yağ seviyesinin arttırılmasıyla, büyümenin ve protein kullanımının arttığı ve bagrid kedibalıkları için optimum büyüme ve protein kullanımı için %42 protein ve %19 yağ seviyesi kombinasyonunun uygun olduğu belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

Araştırmada iki farklı deneme kurgulanmıştır. İlk denemede, farklı L-karnitin seviyeleri (0, 1, 2, 3 ve 4 g/kg yem), ikinci denemede ise, L-karnitin seviyeleri (0, 2, 3 g /kg yem) ile yağ seviyeleri (%12,5 ve %20) kombinasyonları test edilmiştir.

3.1. Denemelerde Kullanılan Materyaller

3.1.1. I. Denemede Kullanılan Materyaller

Denemede balık materyali olarak, 5,29±0,97 g başlangıç ağırlığında olan ve T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Merkezi, Beymelek İşletmesi'nde kuluçkahane koşullarında elde edilmiş çipura (*Sparus aurata*) yavruları kullanılmıştır.

Denemede, Armaplast A.Ş'den temin edilen, 450 litre su hacimli, silindirik fiberglas yavru yetiştirme tankları kullanılmıştır. Balıklar 210 lt su hacmine 60 adet olacak şekilde stoklanmış ve toplam 15 adet tank (3 tekerrürlü olmak üzere) kullanılmıştır.

Denemede kullanılan yem materyali, farklı firmalardan temin edilmiş yem içerikleri kullanılarak hazırlanmıştır. Yem toplam ham protein miktarı, %72 ham proteine sahip hamsi balık unu ve %65 ham protein ihtiva eden mısır glüteni kullanılarak sağlanmıştır. Yağ kaynağı olarak, morina balığı karaciğer yağı, karbonhidrat kaynağı olarak ise dekstrin kullanılmıştır. Yem içeriklerinin karıştırılması sonucunda bütünüyle yapışmalarını kolaylaştırmak amacıyla karboksi metil selüloz (KMS) yem gruplarına eklenmiştir. Çipura balıkları için hazırlanmış vitamin ve mineral karışımları, yem katkı maddesi üretimi yapan özel bir firmadan temin edilmiştir (Akuadan Ltd., Şti., İstanbul,Türkiye) Ayrıca yem yapımı sırasında, ısınma nedeniyle C vitamininde meydana gelecek kayıpları önlemek amacıyla Stay-C 35 yem karışımlarına eklenmiştir. Bunun yanı sıra, biyolojik membranların yapısal fonksiyonu ve dokulardaki yağ kullanımında görev alan kolin klorid ilâvesi yapılmıştır (Nutrient Requirement of Fish, 1993).

Denemede, L-karnitin ilâvesine bağlı olarak, 5 farklı yem grubu kullanılmıştır. Kontrol grubu ve L-karnitin gruplarına sırasıyla, 0 g/kg grup 0 (G0), 1g/kg (G1), 2 g/kg (G2), 3 g /kg (G3) ve 4 g/kg yem (G4) olacak şekilde L-karnitin ilâvesi yapılmıştır. Deneme yemi, %50 ham protein ve %13,5 ham yağ (kuru madde içerisinde) olacak şekilde ayarlanmıştır.

Araştırmanın I. denemesinde kullanılan yem materyalinin formülasyonu ve besinsel kompozisyon analizleri sonuçları aşağıda Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. I. Denemede Kullanılan Yemlerin İçeriği

Hammade (g/kg)	**G0**	**G1**	**G2**	**G3**	**G4**
Hamsi balık unu	540	540	540	540	540
Mısır gluteni	160	160	160	160	160
Morina balığı karaciğer yağı	90	90	90	90	90
Dekstrin	110	110	110	110	110
KMS (Karboksimetilselüloz)	46	43,91	41,83	39,75	37,67
Vitamin karışımı[a]	30	30	30	30	30
Mineral karışımı[b]	20	20	20	20	20
Kolin klorid	2	2	2	2	2
Stay-C 35[c]	2	2	2	2	2
L-karnitin[d]	-	2,08	4,16	6,24	8,33
TOPLAM	**1000**	**1000**	**1000**	**1000**	**1000**
Besinsel kompozisyon (kuru madde içerisinde)					
Ham protein (%HP)	49,98	50,14	49,97	50,73	50,70
Ham yağ (%HY)	13,25	13,27	13,25	13,97	13,72
Kuru madde (%KM)	92,8	94,2	94,3	93,0	92,5
Ham kül (%)	11,8	12,5	12,7	12,7	12,0
Toplam Enerji (Mj/kg tahmini)	19,89	19,89	19,89	19,89	19,89
Toplam karnitin (g/kg)	0,01	0,98	1,97	3,02	4,05

[a] (IU/kg yem): vitA 12000; D_3 1500; (mg/kg yem): vit E 150; K_3 6; B_1 15; B_3 132; B_5 30; B_6 15; B_{12} 0,036; Biyotin 0,3; Folik asit 3; Vit C 150; İnositol 120; Antioksidan 0,0075.
[b] (mg/kg yem): Zn 140; Mn 120; Mg 120; Fe 8; Cu 4; I 3; Co 1; Se 0,1;
[c] Stay-C 35(Roche, Türkiye): %35 C vitamini içerir (Ascorbyl-2-Monohydrophosphate).
[d] Carniking (Hoffman La-Roche, Almanya): %48,5 L-karnitin içerir.

Ayrıca deneme gruplarında kullanılan yemlerin, yağ asitleri analizleri yapılmış ve böylece her yem grubunun yağ asitleri kompozisyonları belirlenmiştir. Çizelge 3.2.'de deneme yem gruplarının yağ asitleri kompozisyonları verilmiştir.

Çizelge 3.2. I. Denemede Kullanılan Yemlerin Yağ Asitleri Kompozisyonları (toplam yağ asitleri içerisinde % alan olarak)

	G0	G1	G2	G3	G4
∑ DYA	26,37	25,56	26,14	25,51	26,28
∑ TDYA	42,91	42,46	42,45	42,53	42,11
∑ ω-9	20,2	20,32	21,29	21,61	20,43
∑ ω-6	5,4	4,44	4,64	5,06	4,91
∑ ω-3	24,31	25,81	24,94	25,09	25,45
∑ ω-3 / ∑ ω-6	4,50	5,81	5,38	4,96	5,18
EPA	8	8,66	8,07	8,94	8,94
DHA	13,63	14,01	13,82	14,78	14,11
EPA+DHA	21,63	22,67	21,89	23,72	23,05
∑ C_{14-18} (OZYA)	64,26	61,38	63,19	61,14	63,85
∑ C_{20-24} (UZYA)	35,74	38,63	36,82	38,85	36,14
∑ ω-3 YODYA	22,62	23,82	23,02	23,83	22,87

3.1.2. II. Denemede Kullanılan Materyaller

Deneme için balık materyali olarak, ortalama 4,04±0,01 g başlangıç ağırlığında olan ve Yunanistan'ın Atina kenti yakınlarında faaliyette olan ticari bir işletmeden, kuluçkahane koşullarında elde edilmiş çipura (*Sparus aurata*) yavruları temin edilmiştir.

Denemede, 100 L su hacimli, silindirik fiberglas yavru yetiştirme tankları kullanılmıştır.

Denemede kullanılan yem materyali, BioMar Şirketi'nden (BioMar, Volos, Yunanistan) temin edilen yem içerikleri kullanılarak hazırlanmıştır. Protein kaynağı olarak, %67 ham protein içeriğine sahip düşük sıcaklık tekniklerinde elde edilen (Low Temperature; LT Fish Meal) balık unu kullanılmıştır. Yağ kaynağı olarak ringa balığı yağı kullanılmış (ringa balığı yağı içeriği; %25,9 ω-3, %3,5 ω-6, %19

EPA+DHA ve %3,9 SYA) karbonhidrat kaynağı ise jelatinize mısır nişastası kullanılarak sağlanmıştır. Dolgu maddesi amacıyla selüloz, vitamin ve mineral kaynakları olarak yine aynı firmadan temin edilen, çipura balıkları için hazırlanmış hazır karışımlar kullanılmıştır. Ayrıca yemin kül miktarını dengeleyebilmek amacıyla, dikalsiyum fosfat (DCP) ilâve edilmiştir.

Denemede, 3 farklı L-karnitin seviyesi ve 2 farklı yağ seviyesinin kombinasyonu kullanılmıştır. Kontrol grubu olarak, 0 g/kg L-karnitin ve diğer gruplar 2 g/kg ve 3 g/kg L-karnitin olacak şekilde ayarlanmıştır. Yağ seviyeleri ise, %12,5 (Az Yağlı; AY) ve %20 (Çok Yağlı: ÇY) oranında ayarlanmıştır. Deneme yem gruplarında eş protein oranı (%49 HP, kuru madde içinde) kullanılmıştır.

Araştırmanın II. denemesinde kullanılan yem materyalinin formülasyonu ve besinsel kompozisyon analizleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. II. Denemede Kullanılan Yemlerin İçeriği

Hammade (g/kg)	**G1**	**G2**	**G3**	**G4**	**G5**	**G6**
Balık unu (LT)	670	675	670	675	670	675
Jelatinize nişasta (mısır)	239,75	163,75	239,75	163,75	239,75	163,75
Balık yağı (Ringa Balığı)	46	117	46	117	46	117
DCP	12	12	12	12	12	12
Selüloz	21	21	16,87	16,87	14,81	14,81
Vitamin mineral karışımı[a]	11,25	11,25	11,25	11,25	11,25	11,25
L-karnitin[b]	-	-	4,12	4,12	6,18	6,18
TOPLAM	**1000**	**1000**	**1000**	**1000**	**1000**	**1000**
Besinsel kompozisyon (kuru madde içerisinde)						
Ham protein (%)	48,73	49,01	49,32	49,21	48,78	48,83
Ham yağ (%)	12,05	19,85	12,22	19,31	12,16	19,25
Kuru madde (%)	91,33	91,06	91,39	91,40	91,42	91,08
Ham kül (%)	10,10	10,27	10,31	9,96	10,07	10,15
Toplam Enerji (Mj/kg tahmini)	19,63	21,32	19,56	21,25	19,52	21,22
Toplam karnitin (g/kg)	0,02	0,02	1,98	2,02	2,96	3,07

[a] (IU/kg yem): vitA 12330; D_3 900; (mg/kg yem): vit E 200; K_3 18; B_1 36; B_3 117; B_5 64,8; B_6 22,5; B_{12} 0,054; Biyotin 0,9; Folik asit 6,306; Vit C 200; İnositol 500, Antioksidan 0,0075; Kolin 1500;
(mg/kg yem): Zn 128; Mn 99,2; Cu 3,2; I 2,184; Co 0,8; Se 0,288; $FeSO_4$ 100.
[b] Carniking (Hoffman La-Roche, Almanya): %48,5 L-karnitin içerir.

Ayrıca deneme gruplarında kullanılan yemlerin, yağ asitleri analizleri yapılmış ve böylece her yem grubunun yağ asitleri kompozisyonları belirlenmiştir. Çizelge 3.4'te deneme yem gruplarının yağ asitleri kompozisyonları verilmiştir.

Çizelge 3.4. II. Denemede Kullanılan Yemlerin Yağ Asitleri Kompozisyonları (toplam yağ asitleri içerisinde % alan olarak)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6
∑ DYA	25,69	25,31	25,25	25,81	24,92	24,38
∑ TDYA	47,17	48,21	47,15	48,26	47,36	49,3
∑ ω-9	12,58	12,61	12,77	12,69	12,65	12,47
∑ ω-6	1,47	1,6	1,49	1,5	1,51	1,46
∑ ω-3	24,65	23,09	25,3	22,61	25,49	23,51
∑ ω-3 / ∑ ω-6	16,77	14,43	16,98	15,07	16,88	16,10
EPA	8,85	8,09	8,97	7,63	8,93	7,85
DHA	12,34	10,27	12,54	10,5	12,43	11,32
EPA+DHA	21,19	18,36	21,51	18,13	21,36	19,17
∑ C_{14-18} (OZYA)	48,79	49,91	50,63	49,98	50,61	48,45
∑ C_{20-24} (UZYA)	50,92	49,21	49,26	49,07	49,2	50,9
∑ ω-3 YODYA	22,03	18,84	22,28	18,61	22,15	19,83

3.2. Denemelerin Dizaynı

3.2.1. I. Deneme Dizaynı

Deneme, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Merkezi, Beymelek İşletmesi'nde kurgulanmıştır. Denemede kullanılan balıklar, 210 litre su hacmi olacak şekilde ayarlanmış fiberglas yavru yetiştirme tankların her birine 60 adet olacak şekilde stoklanmışlardır. Çalışma başında 90 adet balık ilk ağırlık ortalaması için tartılmıştır. Tartım işleminde balıkların stres ve yaralanma gibi olumsuz faktörlerden etkilenmemeleri için anestezik madde (fenoksietanol, 10 litre su hacmine 3-4 ml) kullanılmıştır.

Her tank için ayrı olarak su girdisi sağlanmış, ayrıca su kum ve kartuş filtrelerden oluşan üç farklı filtre sisteminden (50, 20 ve 5 μm) geçirildikten sonra su debisi 3 L/dk olarak ayarlanmıştır.

Her deneme grubu için 3 tekerrür olacak şekilde, toplam 15 adet tank kullanılmıştır. Tanklara hava taşları yardımıyla, verilen havanın homojen olarak dağılması sağlanmış ve sürekli havalandırma yapılmıştır. Gerekli görüldüğü taktirde, oksijen tüpleri ile tanklara oksijen desteği sağlanmıştır.

Tanklarda biriken yem artıkları ve dışkıların temizlenmesi için, rutin olarak 2 günde bir, son yemleme sonrasında sifonlama yapılmış, tanklardaki kirliliğin önlenmesine çalışılmıştır.

Tanklar kapalı sistem koşullarında bina içerisine yerleştirilmiş, deneme süresince, 12 saat aydınlık:12 saat karanlık olacak şekilde ışık rejimi uygulanmıştır. Deneme sonuna doğru sıcaklık artışları dolayısıyla oluşacak problemleri önlemek amacıyla belirli aralıklarla eşanjör kullanılarak tanklara verilen suyun soğutulması sağlanmıştır.

Balıklar günde 3 kez olmak üzere 45 gün süreyle serbest yemleme (ad libitum: doyuma ulaşıncaya kadar elle yemleme) ile beslenmişlerdir (08:00, 12:00 ve 16:00). Her tank için verilen yemler önceden tartılmış, gün sonunda tekrar tartımları alınmış ve balıklara verilen toplam yem miktarları kaydedilmiştir.

Ayrıca, tanklarda görülen ölü balıklar, derhal tank içerisinden alınmış, ölü balık sayısı kaydedilmiş, eğer kanibalizm dolayısıyla vücut bütünlüğü çok fazla bozulmamış ise ağırlığı alınarak aynı gün içinde kaydedilmiş ve tanklardaki balık biyoması eksilen balık durumuna göre yeniden belirlenmiş ve daha sonra verilecek yem miktarı yeni biyomas üzerinden hesaplanmıştır.

3.2.2. II. Deneme Dizaynı

Deneme, Helenik Deniz Araştırmaları Merkezi (Atina, Yunanistan)'nde (Hellenic Centre for Marine Research, Elliniko, Ag. Kosmas, Athens, Greece) kurgulanmıştır. Denemede kullanılan balıklar, 100 L su hacmi olacak şekilde ayarlanmış fiberglas yavru yetiştirme tanklarına 25 adet olacak şekilde stoklanmışlardır. Çalışma başında bütün balıklar 5'erli gruplar halinde tartılarak her tank için başlangıç ağırlık ortalamaları belirlenmiştir. Tartım işleminde balıkların

stres ve yaralanma gibi olumsuz faktörlerden etkilenmemeleri için anestezik madde (fenoksietanol:etanol; 1:1 hacim oranında, 10 litre su hacmine 3-4 ml) kullanılmıştır.

Her tank için ayrı olarak su girdisi sağlanmış, ayrıca su, kum filtresinden geçirildikten sonra 3 L/dk olacak şekilde ayarlanmıştır.

Her deneme grubunda 3 tekerrürlü olarak, toplam 18 adet tank kullanılmıştır. Tanklara saf oksijen verilmiş ve hava taşları yardımıyla oksijenin homojen olarak dağılması sağlanmıştır.

Tanklarda biriken yem artıkları ve dışkıların temizlenmesi için, rutin olarak 2 günde bir son yemleme sonrasında sifonlama yapılmış, tanklardaki kirliliğin önlenmesine çalışılmıştır.

Tanklar kapalı sistem koşullarında bina içerisine yerleştirilmiş, deneme süresince, 12 saat aydınlık:12 saat karanlık olacak şekilde ışık rejimi uygulanmıştır.

Balıklar günde 3 kez olmak üzere 43 gün süreyle serbest yemleme ile beslenmişlerdir (08:00, 12:00 ve 16:00). Her tank için verilen yemler önceden tartılmış, gün sonunda tekrar tartımları alınmış ve balıklara verilen toplam yem miktarları kaydedilmiştir.

Ayrıca, tanklarda görülen ölü balıklar, derhal tank içerisinden alınmış, ölü balık sayısı kaydedilmiş, eğer kanibalizm dolayısıyla vücut bütünlüğü çok fazla bozulmamış ise ağırlığı alınarak aynı gün içinde kaydedilmiş ve tanklardaki balık biyoması eksilen balık durumuna göre yeniden belirlenmiş ve daha sonra verilecek yem miktarı yeni biyomas üzerinden hesaplanmıştır.

3.3. Denemeler Süresince Alınan Su Kalite Parametreleri Ölçümleri

Denemeler süresince, günde üç kez olmak üzere sıcaklık ve oksijen değerleri (Oxyguard marka oksijenmetre) ölçülmüştür. Tuzluluk 3 günde bir olmak üzere, ilk denemede refraktometre, ikinci denemede ise, YLS marka salinometre, pH değerleri I. denemede Orion marka SA520 model pHmetre ve II. Denemede PHM-210 MeterLab marka pH metre ile ölçülmüştür. Çalışma boyunca kaydedilen değerler doğrultusunda, denemelerde pH değerleri sırasıyla 7,98±0,06 ile 8,05±0,04 ve tuzluluk değerleri sırasıyla ‰ 38,52±0,09 ile 38,07±0,25 olarak saptanmış, oksijen

değerleri ise 5 mg/L'nin altına düşmeyecek şekilde ayarlanmıştır. Sıcaklık değerleri, ilk çalışmada 25,87±1,45 ^{0}C ve diğer çalışmada ise, 25,3±1,10 ^{0}C olarak bulunmuştur.

3. 4. Balıklardaki Büyüme Parametreleri Ölçümleri

Denemelerin başlangıcında, balıkların başlangıç ağırlık (BA) ortalamalarını belirlemek amacıyla, I. denemede 90 adet balığın ortalaması alınmış ve bütün gruplar için başlangıç ağırlığı olarak değerlendirilmiştir. II denemede ise, her grubun ortalaması balıkların tümünün tartılmasıyla belirlenmiştir. Çalışma sonunda son ağırlık (SA) ortalamalarını belirlemek için, ilk çalışmada her tanktan 25 adet balık, ikinci denemede ise balıkların tümünün tartımı (0,1 g hassas terazi ile) yapılmıştır.

İlk denemede, viseral bölgedeki yağların (karın boşluğundaki yağ tabakaları) indeksinin belirlenmesi amacıyla viseral somatik indeksi (VSİ) hesaplanmış, bunun için her tanktan 5'er adet balığın ağırlığı ve viseral yağ ağırlıkları ayrı olarak kaydedilmiştir.

KSİ'nin belirlenmesi amacıyla, I. demede sonunda her tanktan alınan 20 adet balığın vücut ve karaciğer ağırlıkları ayrı olarak kaydedilmiş, II. denemede ise, çalışma başlangıcında 10 adet, sonunda ise her tanktan 6'şar balığın vücut ve karaciğer ağırlıkları belirlenmiştir.

Her iki denemede de, yem etkinlik oranı (YEO) ve günlük yem alımını (GYA) belirlemek amacıyla, günlük olarak tüketilen yem miktarları kaydedilmiş, ayrıca tanklarda olan ölümlerden sonra ölen balık sayısına göre biyomas yeniden belirlenmiş ve çalışma sonuna kadar düzenli olarak bütün kayıtlar tutulmuş, hesaplamalar bu veriler kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca balıklarda protein kullanımının belirlenmesi için PEO hesaplanmıştır.

Büyümenin tanımlanabilmesi için, bazı büyüme parametreleri saptanmıştır. SBO'nın belirlenmesi amacıyla, I. denemede çalışma sonunda her tanktan 25 adet balık örneği alınırken, II. denemede ise, tüm balıkların ağırlıkları kullanılmıştır. Ayrıca, günlük büyüme indeksi de (GBİ) kullanılan formüller aracılığıyla saptanmıştır.

Denemelerde çalışma boyunca tanklarda meydana gelen balık ölümleri kaydedilmiş ve her tank için yaşama oranı (YO) belirlenmiştir.

Ayrıca ikinci denemenin başında ve sonunda yapılan tüm vücut analizleri doğrultusunda, protein depo oranı (PDO) hesaplanmıştır.

Yukarıda bahsedilen parametrelerin hesaplanmasında şu formüller kullanılmıştır.

KSİ= karaciğer ağırlığı (g) / SA (g), (Company ve ark., 1999),

VSİ= viseral yağ ağırlığı (g) / SA (g), (Company ve ark., 1999),

$$YEO = \frac{SA\ (g)\ /\ tank\ biyoması\ (g) - BA\ (g)\ /\ tank\ biyoması\ (g)}{Verilen\ yem\ miktarı\ (g)\ /\ tank\ biyoması\ (g)},\ (Santinha\ ve\ ark., 1999),$$

$$GYA = \frac{Verilen\ yem\ miktarı\ (g) \times 100}{(SA+BA)\ /\ 2\ (g) \times gün\ sayısı},\ (Williams\ ve\ ark., 2003),$$

SBO= (ln SA – ln BA) / gün sayısı × 100, (Company ve ark., 1999),

GBİ= ($SA^{1/3} - BA^{1/3}$) / gün sayısı × 100, (Boujard ve ark., 2004),

YO= çalışma sonu canlı balık sayısı / çalışma başı canlı balık sayısı × 100, (Burtle ve Liu, 1994).

PEO= Canlı ağırlık kazancı (g) / protein alımı (g), (Skalli ve ark., 2004).

$$PDO = 100 \times \frac{SA \times Vücuttaki\ son\ protein\ değeri - BA \times Vücuttaki\ ilk\ protein\ değeri}{Verilen\ yem\ miktarı \times Yem\ protein\ içeriği}$$

(Chou ve Shiau, 1996).

3.5. Denemede Kullanılan Analiz Metotları

3.5.1. I. Denemede Kullanılan Analiz Metotları

Deneme sonucunda, her tanktan 10'ar adet balık filetosu ve 20'şer adet karaciğer örneği alınmış, analizler bu örnekler üzerinde yapılmıştır.

Tesadüfi olarak alınan örnek balıkların karınları makas yardımıyla açılmış ve karaciğerler pens ile özenli bir şekilde çıkarılmıştır. Ayrıca balıkların filetoları (sağ ve sol) bistüri yardımıyla alınmıştır. Alınan örneklerde, yapılacak analizlere göre farklı saklama koşulları uygulanmıştır. 4 adet balığın filetosu ve karaciğeri yağ

asitleri ve nötral yağ sınıfları analizlerinde kullanılmak amacıyla, 3 adet balığın karaciğeri ise glikojen analizinde kullanılmak üzere, mümkün olduğunca hızlı bir şekilde alınarak direk kuru buz ortamına konulmuş ve daha sonra örneklerin analiz edilmesine kadar -80^{0}C'de havası alınmış kilitli plastik poşetler içerisinde muhafaza edilmiştir.

HP, HY, KM ve kül analizlerinde kullanılmak üzere sırasıyla her tanktan 4, 4, ve 5 balık karaciğeri alınmış, aynı analizler için 6 adet balık filetosu kullanılmış ve örnekler yine havası alınmış kilitli plastik poşetler içerisinde -20^{0}C'de muhafaza edilmiştir.

Deneme grupları yemlerin, balık kas ve karaciğer dokularındaki besinsel kompozisyonlar, yağ asitleri ve nötral yağ sınıfları analizleri aşağıda belirtilen yöntemlerle yapılmıştır.

3.5.1.1. I. Deneme Kimyasal Kompozisyon Analizleri

Balık filetoları homojenize edildikten sonra, karaciğerlerle birlikte KM ve kül tayini için, kurutma dolabında kurutulup desikatörde oda koşullarında soğutulan ve 0,1 mg'a duyarlı hassas terazide darası alınan porselen kaplara 3 g fileto ve karaciğerler teker teker tartılarak konulmuşlardır. Alınan örnekler etüvde 103 °C'de 4-5 saat süreyle (sabit bir ağırlığa kadar) kurutulmuştur. Kurutulan örnekler desikatörde oda sıcaklığıyla aynı derece olana kadar soğutulduktan sonra 0,1 mg hassas terazide tartılmıştır.

Ham kül tayini için aynı örnekler yakma fırınına yerleştirilerek 550 °C'de 5 saat süreyle yakılmış ve desikatörde oda sıcaklığına ulaşana kadar bekletilip tartılmıştır. Bu işlemler karaciğerlerde uygulanırken özellikle tartım öncesindeki bütün aşamalarda havadaki nem ile temasın olmaması için özen gösterilmiş ve örnekler desikatörde oda sıcaklığına kadar soğuduktan sonra fazla bekletilmeden tartım için alınmışlardır.

Her iki analiz sonucunda örneklere ait % kuru madde (KM) ve % ham kül oranları, [Dara (g) + Kuru madde (g) veya ham kül]-Dara / Örnek miktarı (g) × 100 formülü ile hesaplanmıştır. Paralellerin ortalamaları alındıktan sonra her bir tekerrüre

ait oranlar belirlenmiş ve KM ve kül oranları % olarak saptanmıştır. Aynı şekilde yem gruplarının da KM ve kül tayinleri yapılmıştır.

Örneklerdeki HY miktarını belirlemek amacıyla Bligh ve Dyer (1959) metodu kullanılmıştır. 3'er g'lık örnekler 0,1 g'a duyarlı hassas terazide tartılmış ve 1:2 oranında 120 ml metanol+kloroform karışımı eklenerek homojenize edilmiştir. Bu aşamadan sonra, örnekler filtre kağıdından (Schleicher& Schuell, $595^{1/2}$ 185 mm) geçirilerek ve ayrıca %0,4'lük $CaCl_2$ solüsyonundan 20 ml eklenerek, 105°C'de 2 saat kurutma dolabında bekletilip darası alınmış olan balon jojelere süzdürülmüştür. Bir gece karanlıkta bekletildikten sonra ertesi günü balonlar içerisinde üst tabakada oluşan metanol+su fazı pastör pipeti aracılığıyla alınmıştır. Balonun alt fazda kalan kloroform+yağ kısmından kloroform, 60°C'de su banyosu yardımıyla bir rotasyon evaporatör kullanılarak uçurulmuştur. Daha sonraki işlemde ise, balonlar etüvde 1 saat süreyle 90°C'de bekletilerek içerisindeki kloroformun tamamen uçması sağlanmış ve bir desikatör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutulup 0,1 mg'a duyarlı hassas terazide tartılmıştır. Paralellerin oranları hesaplandıktan sonra tekerrürlerin ortalaması, tekerrürlerin ortalamasından da her bir örnek gruba ait HY oranları % olarak bulunmuştur. Yem gruplarının %HY oranının belirlenmesinde aynı yöntem uygulanmıştır.

% HY oranın belirlenmesi için, aşağıdaki formül kullanılmıştır.

% HY = [(Balon darası (g) + yağ (g)) - Balon darası (g)] /Örnek miktarı (g) × 100.

Yem grupları, balıkların kas ve karaciğer örneklerinin %HP analizleri otomatik protein analiz makinesinde yapılmıştır. Yem örnekleri konveksiyon fırınında 105 ^{0}C'de 2 saat, kas ve karaciğer örnekleri 1 gece bekletilmiştir (AOAC, 1990). Kurutulmuş örnekler, özenle homojenize edilerek toz haline getirilmiş ve toplam nitrojen miktarını belirlemek amacıyla LECO marka FP-528 model, (Leco Instruments, St Joseph, MI,USA) nitrojen tanımlayıcı cihazı kullanılmıştır (Overturf ve ark., 2003).

Karaciğer örneklerindeki glikojen değerlerinin belirlenmesi için (Murat ve Serfaty, 1974)'nin metodundan yararlanılarak, Sigma Co.'den temin edilen hazır test kiti kullanılmıştır.

Analizde kullanılmak üzere, sitrik buffer solüsyonu 0,1M ve pH 4,2 olacak şekilde hazırlanmıştır. pH seviyesini dengeli olarak ayarlayabilmek amacıyla NaOH peletleri kullanılmış ve daha sonra 1 litre solüsyon için 2,5 g NaF eklenmiş, manyetik karıştırıcıyla iyice karıştırıldıktan sonra, +4 ^{0}C'de muhafaza edilmiştir.

Her karaciğer örneğinden 30-50 mg arası tartılarak cam tüplere alınmış, örnekler 1,5 ml buffer solüsyonu ilâve edildikten sonra ultra turraks homojenizatörü (Ultra Turrax T25, Janke and Kunkel, Ika Labortechnik) ile homojenize edilmiş ve 1,5 ml'lik ependorf tüplerine aktarılmıştır. Her bir örneğe 30 µl nişasta glukosidaz enzim (E1) eklenmiştir. Ayrıca iki adet kontrol oluşturulmuş, ilk kontrolde 1,5 ml buffer solüsyonu (K1), diğerinde ise 1,5 ml buffer + 30 µl E1 (K2) olacak şekilde ayarlanmıştır. Hazırlanan örnekler daha sonra, üzerleri alüminyum folyo ile örtülerek ışık ve nem almayacak oda sıcaklığı koşullarındaki bir ortamda 24 süreyle bekletilmiştir.

Karaciğer örneklerinin bulunduğu ependorf tüpleri 3000 dk/devir hızında 10 dk. süreyle santrifüje (Hermle Z380) konmuştur. Daha sonra örneklerden, 50 µl cam tüplere alınmıştır. Alınan örnekler vorteks karıştırıcısında karıştırılmış ve her birine 2,5 ml yine test kitinde mevcut olan insanlarda kullanılan glukoz enzimi (E2) eklenmiştir. Bu arada 3 adet standart hazırlanmıştır. Standart tüplerinde; 20 µl glukoz standardı + 2,5 ml E2 eklenmiştir. Bütün örnekler tekrar vorteks karıştırıcısında karıştırılmıştır. Örneklerin absorbans (Abs) değerleri 500 nm'de spektrofotometre (Beckman DU 64 spectrophotometer, UV and VIS) cihazında okunmuştur.

% Glikoz oranı belirlenmesi amacıyla aşağıdaki formülasyon kullanılmıştır.

$$\%\ \text{Glikoz} = \text{standart (mg)} \times \frac{(\text{Abs örnek} - \text{Abs K2})}{(\text{Abs standart} - \text{Abs K1})} \times \frac{1,5}{0,05} \times 100$$

örnek (mg).

3.5.2. II. Denemede Kullanılan Analiz Metotları

Deneme sonucunda, her tanktan 3'er adet balık filetosu KM, kül, HP ve HY analizi için, yine 3'er adet fileto örneği yağ asitleri ve nötral yağ sınıfları analizleri için, 3'er adet karaciğer örneği KM ve kül analizi için, 4'er adet HY analizi, 2'şer

adet HP, 3'er adet glikojen analizi ve 3'er adet yağ asitleri ve nötral yağ sınıfları analizleri için karaciğer örneği alınmıştır. Tanklarda kalan balıkların diğerleri tüm vücut analizleri için kullanılmıştır.

Tesadüfi olarak alınan örnek balıkların karınları makas yardımıyla açılmış ve karaciğerler pens ile özenli bir şekilde çıkarılmıştır. Ayrıca balıkların filetoları (sağ ve sol) bistüri yardımıyla alınmıştır. Alınan örneklerde, yapılacak analizlere göre farklı saklama koşulları uygulanmıştır. Yağ asitlerinde kullanılacak fileto örnekleri homojenize edilerek -70 ^{0}C'de, karaciğer örnekleri ise 10 ml'lik kloroform:metanol:BHT solüsyonuna alınmış ve -20 ^{0}C'de, glikojen analizi için alınan karaciğer örnekleri ise ependorf tüpleri içine alınarak -70 ^{0}C'de muhafaza edilmiştir. Diğer analizlerde kullanılacak örnekler havası alınmış kilitli plastik poşetler içerisinde -20^{0}C'de saklanmıştır.

3.5.2.1 II. Deneme Kimyasal Kompozisyon Analizleri

KM ve kül tayini için, balık filetoları homojenize edilmiş, tüm vücut örnekleri ise, balıkların 2-3 parçaya ayrılmasından sonra kıyma makinesinden geçirilmiştir. Fileto ve tüm vücut örneklerinden 1'er g örnek tartılarak, karaciğer örnekleri teker teker alınarak daha önceden darası alınmış porselen kaplara konulmuştur. Alınan örnekler etüvde 105 °C'de 24 saat süreyle (sabit bir ağırlığa kadar) kurutulmuştur. Kurutulan örnekler desikatörde oda sıcaklığına getirildikten sonra 0,1 mg hassas terazide tartılmıştır.

Ham kül tayini için aynı örnekler yakma fırınına yerleştirilerek 550 °C'de 16 saat süreyle yakılmış ve desikatörde oda sıcaklığına kadar bekletilip tartılmıştır. Bu işlemler karaciğerlerde uygulanırken özellikle tartım öncesindeki bütün aşamalarda havadaki nem ile temasın olmaması için özen gösterilmiş ve örnekler desikatörde oda sıcaklığına kadar soğuduktan sonra fazla bekletilmeden tartım için alınmışlardır.

Her iki analiz sonucunda örneklere ait % KM ve % kül oranları, [Dara (g) + KM (g) veya kül]-Dara / Örnek miktarı (g) × 100 formülü ile hesaplanmıştır.

Deneme yem grupları da aynı şekilde analiz edilmiştir. Balık fileto ve tüm vücut örnekleri liyofilizasyon cihazında (Freze Drier, Virtis 10-145 MRBA) 48 saat

süreyle tutularak (oda sıcaklığında ve vakum ile örneklerdeki buz kristalleri ve suyun buharlaştırılması) kurutulması sağlanmış, bu örneklerde HP ve HY analizleri yapılmış, sonrasında KM ve kül analizleri tekrarlanarak, elde edilen HY ve HP değerleri kuru madde bazında değerlendirilmiştir.

Ham protein analizinde kullanılmak için liyofilize edilmiş örneklerden yaklaşık 200 mg, karaciğer örnekleri ise, kurutulmadan tek parça halinde 250-500 mg ağırlık arasında alınmıştır. Tartılan bu örnekler Kjeldahl cihazının tüplerine alınmış, ayrıca 2 adet kontrol eklenmiştir. Bu tüplere 1'er adet katalizör tableti (1,5 g K_2SO_4+7,5 mg Se karışımı) ve 6 ml sülfürik asit (H_2SO_4) ve 1 ml %30'luk H_2O_2 eklenerek yakma ünitesinde 420 °C'de yaklaşık 1 saat süreyle, tüpler içindeki örnekler renksiz oluncaya kadar yakılmıştır. Daha sonra örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve üzerine 20 ml distile su ilâve edilmiştir.

Destilasyon işlemi için, daha önceden hazırlanmış %60'lık NaOH solüsyonu kullanılmıştır. Bu solüsyon ve saf su iki ayrı bidon içerisinde Kjeldahl cihazına hortumlarla bağlıdır. Destilasyon işlemi başladığında cihaz alkali (NaOH) solüsyonu otomatik olarak alıp örneği destile etmektedir. Destilat yakalama kısmına ise, içerisinde 20 ml doymuş borik asit solüsyonu ve 3-4 damla indikatör (Metil kırmızısı:Bromokresol yeşili, 1:5) bulunan erlen yerleştirilmiştir. Erlende yaklaşık 150 ml sıvı birikinceye kadar destilasyon işlemine devam edilmiş, örnekler daha sonra, 0,1N HCl ile titre edilerek %HP oranları hesaplanmıştır, (AOAC, 1990).

Örneklerdeki %HP aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\%\ HP = 0{,}1 \times 14 \times 6{,}25 \times 100 \times \frac{\text{(örnek için harcanan HCl-kontrol için harcanan HCl)}}{\text{örnek miktarı (mg)}}$$

0,1= 0,1N HCl'i, **14**= Nitrojen atomunun ağırlığını ve

6,25= Protein için kullanılan katsayıyı belirtmektedir.

Liyofilize edilmiş balık filetoları ve tüm vücut örneklerinde HY analizi için Soxhlet cihazı kullanılarak, petrol eteri ekstraksiyonu yöntemi uygulanmıştır (AOAC, 1990). Daha önceden darası alınmış metal kaplar içerisine birkaç adet sünger taşı granülleri konulmuştur. Kartuşlar içerisine ilk önce bir miktar pamuk sonra 3 g örnek ve tekrar pamuk koyarak kartuşların üzeri örtülmüştür. Metal kapların her birine 50 ml petrol eteri eklenmiştir. Kartuş ve kaplar yerleştirildikten

sonra, cihaz kaynama konumuna, 15 dk sonra durulama konumuna getirilmiş ve 45 dk sona cihazın cam hazne bölümündeki kurnalar kapatılmıştır. Kapatma işleminden 10 dk sonra, evaporatör açılmış ve kaplar içerisindeki solüsyonun bitmesi sağlanmıştır. Daha sonra kaplar 50 ^{0}C'de 30 dk bekletilmiş, desikatöre alınarak soğuması sağlanmıştır. Kapların son tartımları yapılmış ve örneklerdeki %HY miktarı belirlenmiştir.

% HY oranın belirlenmesi için, aşağıdaki formül kullanılmıştır.

% HY = (Kabın son ağırlığı (g) - kabın ilk ağırlığı (g)) / Örnek miktarı (g) × 100.

Karaciğer örneklerinin %HY oranı ise, Folch metoduna göre belirlenmiştir (Folch ve ark., 1957). Bu analiz için, cam tüpler içerisine 250 mg örnek alınmış ve 5 ml kloroform:metanol (2:1) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler, daha önce darası alınmış cam deney tüplerine filtre edilmiş (Pall Co. Tip A/E Glass Fiber Filter 25 mm), daha sonra 1 ml NaCl (%0,9) eklenmiş ve 2000 dk/devir hızında santrifüj edilmişlerdir. Üst faz vakum aracılığıyla alınmış, bu işlem birkaç kez yaklaşık 1 ml Folch solüsyonu eklenerek uygulanmıştır. Örneklerin bulunduğu tüpler ılık su kabı içerisine yerleştirilerek nitrojen ile evapore edilmişlerdir. Daha sonra örnekler 60 ^{0}C sıcaklıkta 1 saat bekletilmiş, desikatöre alınarak (1 saat civarında) oda sıcaklığına soğuması sağlanmıştır. Bu süre sonunda, tüplerin son ağırlıkları alınması için tarımları yapılmıştır. Karaciğerler için uygulanan bu yöntemde %HY oranı şu formül kullanılarak hesaplanmıştır;

% HY = (Tüpün son ağırlığı (g) - Tüpün ilk ağırlığı (g)) / Örnek miktarı (g) × 100.

Karaciğer örneklerindeki glikojen değerlerinin belirlenmesi I. denemede açıklanan analiz yöntemiyle yapılmıştır.

3.5.3. Denemelerdeki Yağ Asitleri Kompozisyonu ve Nötral Yağ Sınıfları Analizleri

Denemelerde, **y**ağ asitlerinin belirlenmesi için, balık kas ve karaciğerleri ile deneme yem gruplarından alınan örneklerde ilk olarak yağ ekstraksiyonu yöntemi uygulanmış ve daha sonra yağ asitleri metil esterlerini elde etmek amacıyla metilasyon işlemi yapılmıştır.

Ekstraksiyon aşamasında, farklı solüsyonlar kullanılmıştır. Bunlar; Solüsyon 1 (S1); Kloroform : Metanol (2:1) + %0,01 BHT (Bütilen Hidroksi Toluen), Solüsyon 2 (S2); %0,9 NaCl, Solüsyon 3 (S3) yada Folch solüsyonu; Kloroform : Metanol : NaCl (3:48:47).

Ayrıca analiz sırasında 50 ml'lik ölçekli mezür, balon joje (evaporasyon sırasında kullanmak amacıyla), cam santrifüj tüpleri (50 ml), şırınga (25 ml) ve örneklerin filtrasyon aşamasında kullanmak üzere filtre kağıdı (Tip A/E Glass Fiber Filters, 90 mm, Pall Co.) ve buz kullanılmıştır.

Ekstraksiyon işlemi Folch metoduna göre yapılmıştır (Folch ve ark., 1957). Örnekler yaklaşık 1 g olarak tartılıp homojenizasyon için tüplere alınmıştır. Tartım işleminden başlayarak, örneklerin santrifüje konulmalarına kadar geçen aşamalar süresince buz ile çalışılarak, sıcaklık etkisinden dolayı örneklerde olabilecek muhtemel yağ kayıpları önlenmiştir.

Homojenizasyon tüplerine 20 ml S1 eklenerek ultra turraks homojenizatörü ile homojenize edilmiş, sonrasında 50 ml'lik ölçekli mezürlere alınmış ve üzerlerine %20 oranında olacak şekilde S2 eklenmiştir. Bütün örnekler santrifüj tüplerine aktarılmış ve 2100 dk/devir hızında 5 dk süreyle santrifüj (Sorvall Superspeed RC2-B, Automatic Refrigerated Centrifuge) edilmişlerdir. Örneklerde santrifüj sonrasında iki faz oluşmuştur. Üst faz metanol ve su, alt faz ise yağ ve kloroform fazıdır. Pastör pipeti yardımıyla üst faz vakum edilerek alınmıştır. Bu ayırma işlemi esnasında örneklere toplam miktarlarının 1/3'ü oranında S3 birkaç kez eklenmiş ve tekrar vakum işlemi sürdürülmüştür. Daha sonra örnekler daha önceden daraları alınmış olan balon jojelere şırınga yardımıyla aktarılmıştır. Örnekler 40 ^{0}C'de evapore edilmiştir. Bu örnekler 30 dk süreyle desikatörde soğumaya bırakılmış ve tekrar tartımları alınmıştır. Bu şekilde örneklerdeki ekstrakte edilmiş toplam yağ miktarı belirlenmiştir. Balon jojelerde bulunan yağ üzerine 2 ml S1 eklenmiş ve pastör pipeti yardımıyla teflon kapaklı cam tüplere aktarılmıştır. Örneklerin cam tüplere aktarılması sırasında, üzerlerine bir miktar nitrojen eklenerek örneklerdeki, hava temasıyla oluşabilecek yağ oksidasyonu önlenmiştir. Örnekler -20 ^{0}C'de muhafaza edilmiştir.

Metilasyon aşamasında ise kullanılan solüsyonlar şunlardır;

S1: %2 H_2SO_4 + %0,01 BHT + %98 Anhydrous metanol,

S2: %95'lik analitik hekzan solüsyonu,

S3: %95'lik HPLC hekzan solüsyonu,

S4: %95'lik analitik hekzan: %99,5'lik analitik dietil eter (1:1).

S5: %2'lik $KHCO_3$,

S6: İki kez distile edilmiş saf su.

Daha önce ekstraksiyonu yapılmış toplam yağ örneklerinden mikropipet yardımıyla 50 µg örnek olacak şekilde tüplere alınmıştır. Örnekler nitrojen altında vakum edilmiştir. Örneklere 2 ml S1 eklenmiş ve içerlerine manyetik karıştırıcılar konulmuştur. Daha sonra örneklere nitrojen eklenerek kapakları kapatılmış ve cam tüpler 50 ^{0}C sıcaklıkta olan manyetik ısıtıcıya yerleştirilmiştir. Burada örnekler 16 saat bekletilmiş ve S1 ile transesterifikasyonları sağlanmıştır (Kok Leong, 1983; Christie, 1989).

Elde edilen yağ asitleri metil esterleri örneklerine, 2 ml S5, 4 ml S6 ve 5 ml S2 eklenmiştir. Daha sonra üstteki hekzan fazı alınarak santrifüj tüplerine aktarılmış ve üzerlerine 5 ml S4 ve 5 ml S6 eklenmiştir. Örnekler daha sonra, 2100 dk/devir hızında santrifüj edilmişlerdir. Santrifüj tüplerindeki üst faz pastör pipeti yardımıyla balon jojelere aktarılmış, bu örnekler 40 ^{0}C'de evapore edilmiş ve desikatörde soğumaya bırakılmıştır. Balon jojedeki örneklere, 1 ml S3 eklenmiş ve teflon kapaklı cam tüplere aktarılarak -20 ^{0}C'de muhafaza edilmişlerdir.

Yağ asitleri metil esterleri, Gaz kromatografi cihazıyla (GC Varian Model 3300) ayrılmıştır. Gaz kromatografi cihazında, esnek Silica Megabore kolon (30 m × 0,32 mm, 1 µm film kalınlığında) ile sabit birleşme fazında CP-WAX kullanılmıştır. Helyum taşıyıcı gaz olarak kullanılmış, enjektör ve detektörde sıcaklıklar sırasıyla, 250 ve 300 ^{0}C'ye ayarlanmıştır. Kolon sıcaklığı ise başlangıçta 140 ^{0}C ve 3'er ^{0}C artırılarak, son sıcaklık 240 ^{0}C olacak şekilde programlanmıştır. Kromatografi cihazında elde edilen örneklerin pikleri, balık yağı standardı kullanılarak tanımlanmıştır. Elde edilen veriler, kromatografi cihazıyla bağlantılı olan bilgisayarda Millenium işletim sistemi aracılığıyla saptanmış, daha sonra örneklerin

% alan (toplam yağ içerisinde) değerleri Excel programına aktarılarak hesaplamaları yapılmıştır (Fountoulaki ve ark., 2003).

Denemelerde kullanılan nötral yağ sınıfları analizi ise, Olsen ve Henderson (1989) metoduna göre yapılmıştır. Bu analizde kullanılan solüsyonlar;

S1; %95'lik analitik hekzan : %99,5'lik analitik dietil eter : glasiyal asetik asit (80:20:2),

S2 (temizleme solüsyonu); %95'lik analitik hekzan : %99,5'lik analitik dietil eter (1:1)

S3 (boya solüsyonu); %8'lik fosforik asit içerisinde %3'lük küprik asetat.

S2 solüsyonundan geniş bir şale içerisine yaklaşık 1 cm derinliğinde olacak şekilde aktarılmış ve şale içerisine nötral yağ sınıfları tanımlanmasında kullanılacak üzerleri silika jel kaplı, özel HPTLC plakaları eğik bir şekilde yerleştirilmiş ve solüsyonun plakanın üst seviyesine çıkması beklenmiştir. Daha sonra plakalar, 110 ^{0}C sıcaklıkta 1 saat bekletilmiş, sonrasında desikatörde soğumaya bırakılmış ve böylece plakanın aktive edilme işlemi tamamlanmıştır.

Örneklerin enjeksiyonu için, TLC cihazı (Thin Layer Chromatography, Desapa TLC Applicator) kullanılmıştır. Daha önce ekstrakte edilmiş toplam yağ örneklerinden 20-40 µg/µl olacak şekilde enjekte edilmiş, ve plakalar şale içerisinde hazırlanan S1 içerisine konulmuştur. Buradan alınan plakalar kurutulmaya bırakılmış ve sonrasında nitrojen yardımıyla S3 ile boyanmışlardır. Plakalar, 160 ^{0}C sıcaklıkta 20 dk. bekletilmiş ve desikatörde soğumaya alınmıştır. TLC plaka tarayıcısında (Amersham Biosciences Image Scanner), plakalar üzerindeki nötral yağ sınıflarına ait izlerin kapsadığı alanlar % olarak belirlenmiştir ve özel bir bilgisayar programı (Image Quant TL V2003.03) ile veriler hesaplanmıştır

3.5.4. Deneme Yemlerinde L-karnitin Analizleri

Her iki denemede, yemlere ilâve edilen L-karnitin miktarını belirlemek amacıyla Roche firmasından temin edilen enzimatik UV test kiti kullanılmıştır. Analiz Wieland ve ark., (1985)'nın uyguladığı metoda göre yapılmıştır.

1 g yem homojenize edilmiş yem örneği tartılarak, 100 ml'lik behere alınmış ve üzerine 50 ml iki kez distile edilmiş saf su eklenmiştir. Yaklaşık 5 dk süreyle karıştırılmıştır. 5 ml Perklorik asit (1M) eklenerek 5 dk daha karıştırma işlemi uygulanmıştır. Eldeki örneğin pH'ı 7,5 olması için yaklaşık 3 ml potasyum fosfat (K_3PO_4= 1,75 M) eklenmiştir. Karışım 100 ml ölçekli mezüre aktarılarak işaretli seviyeye kadar saf su eklenmiştir. Tekrar karıştırma ve sonrasında filtre işlemi uygulanmıştır. İlk birkaç ml alınmadan ayrılmıştır, yaklaşık 10 ml örnek buz içerisinde 5-10 dk soğumaya bırakılmıştır. Örnek daha sonra, 10.000 dk/devir hızında santrifüj edilmiştir. 100 µl supernatant alınarak spektrofotometrede 340 nm'de absorbans değeri okunmuştur.

Test kitlerinde solüsyonlar kullanılarak spektrofotometrede kontrol değerleri ölçülmüş ve hesaplamalar doğrultusunda son olarak yem içerisindeki L-karnitin konsantrasyonu şu şekilde belirlenmiştir.

$$\text{L-karnitin konsantrasyonu} = \frac{C_{\text{L-karnitin}}\ (\text{g/l örnek solüsyonu})}{\text{Örnek ağırlığı (g/örnek solüsyonu).}} \times 100\ (\text{g}/100\ \text{g})$$

3.5.5. Denemelerde Kullanılan İstatistiksel Analizler

I. denemede elde edilen veriler, tek yönlü varyans analizi yöntemi (one-way ANOVA) ile analiz edilmiştir. II. denemede elde edilen veriler, gruplar arasındaki farklılığı ve yemlerdeki L-karnitin ve yağ seviyelerinin balık performansı üzerindeki etkilerini test etmek amacıyla, tek yönlü (one-way ANOVA) ve iki yönlü varyans analizi yöntemi (two-way ANOVA) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu yöntemler sonucunda gruplar arasında farklılığın belirlenmesi durumunda, veriler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gruplar arasındaki farklılık %5 ($P<0,05$) önem seviyesinde test edilmiştir (Duncan, 1955).

Sonuçlar ortalama ± standart hata (ort. ± S.H.) şeklinde verilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen bütün veriler SPSS 11.5 (SPSS, Chicago, IL) istatistik paket programında analiz edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. I. Deneme

4.1.1. Balıklardaki Büyüme Parametreleri

İlk deneme sonucunda, farklı L-karnitin seviyelerinin balıklardaki büyüme parametreleri üzerine etkileri Çizelge 4.1.'de özetlenmiştir. Balıklarda SA ve CAK bakımından büyüme değerlendirildiğinde, G3 ve G4'te elde edilen ağırlıkça büyümenin kontrol ve diğer ilk iki gruba (G1 ve G2) göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). SBO sonuçları incelendiğinde gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farkın bulunmadığı ortaya çıkmıştır ($p>0,05$). YEO G1'de en düşük seviyede kalmış, diğer gruplardaki artış sırasıyla G0, G2, G3 ve G4'te olmuştur. Grup ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılık bulunduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Balıkların deneme süresince GYA verileri hesaplandığında G0 ve G1'in diğer gruplara göre daha fazla yem tükettiği belirlenmiştir ($p<0,05$). İlk iki grupta günlük yem alımı diğer gruplara nazaran yüksek ve önemli olmasına rağmen, balıklardaki GBİ verileri değerlendirildiğinde G3 ve G4'teki değerlerin diğer ilk üç gruba göre daha yüksek ve istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Balıklardaki SA ve CAK verileri değerlendirildiğinde, L-karnitinin büyümeye pozitif yönde etkisinin olduğu istatistiksel olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, daha önce rohu balıklarında (Keshavanath ve Renuka, 1998), kırmızı mercanlarda (Chatzifotis ve ark., 1995), tilapyalarda (Jayaprakas ve ark., 1996), levreklerde (Santulli ve D'Amelio, 1986b), Afrika kedibalıklarında (Torreele ve ark., 1993) ve çizgili levreklerde (Twibell ve Brown, 2000) yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra, yemlere L-karnitin ilâvesi bazı balık türlerinde; kanal kedi balıklarında (Burtle ve Liu, 1994), gökkuşağı alabalıklarında (Rodehutscord, 1995) ve Atlantik somon balıklarında (Ji ve ark., 1996) aynı etkiyi göstermemiştir. Chatzifotis ve ark. (1995)'nın yapmış olduğu araştırmada, 1, 2 ve 3 g/kg oranında L-karnitin ilâvesi olan gruplarda, kontrol ve 0,5 g/kg L-karnitin içeren gruplara göre ağırlık kazancı daha fazla olmuş, fakat her grup için SBO aynı bu

çalışmada belirlendiği gibi gruplar arasında herhangi bir farklılık göstermemiştir. Aynı çalışmada YEO ve GYA değerleri gruplar arasında bir farklılık göstermemiş, yapılmış olan bu çalışmada ise, 1 g/kg L-karnitin ilâvesi üzerindeki gruplarda (G2, G3 ve G4) YEO'nın arttığı, aynı gruplarda GYA değerinin azalmasına rağmen balıkların verilen yemi daha iyi değerlendirdiği ve bu sonuçlar doğrultusunda en yüksek iki YEO'nın olduğu G3 ve G4'te SA değerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Dias ve ark., (2001)'nın levreklerde 0, 1, 2 ve 3 g/kg L-karnitin ilâvesi ile yapmış oldukları çalışmada SA ve GBİ değerleri açısından herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Kurgulanmış olan bu çalışmada SA ve CAK değerlerine paralel olarak GBI'nde aynı pozitif etki gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.1. Deneme Sonucunda Balıklarda Gözlenen SA, SBO, YEO, GYA, GBI Büyüme Parametreleri (n=25×3, sonuçlar her tanktan 25 adet balık ve 3 tekerrürü ifade etmektedir, ortalama±standart hata. Her satırda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir $p<0,05$)

	GRUPLAR				
	G0	**G1**	**G2**	**G3**	**G4**
BA (g)	5,29±0,97	5,29±0,97	5,29±0,97	5,29±0,97	5,29±0,97
SA (g)	$27,70±0,51^{b}$	$27,41±0,41^{b}$	$26,54±0,44^{b}$	$31,17±0,51^{a}$	$30,81±0,43^{a}$
CAK (g)	$22,42±0,76^{b}$	$22,12±0,38^{b}$	$21,25±0,44^{b}$	$25,89±0,75^{a}$	$25,52±0,40^{a}$
SBO (%/gün)	3,65±0,04	3,64±0,03	3,56±0,03	3,92±0,03	3,90±0,03
YEO (%)	$0,67±0,01^{bc}$	$0,65±0,02^{c}$	$0,73±0,02^{ab}$	$0,77±0,01^{a}$	$0,78±0,02^{a}$
GYA (%)	$4,48±0,11^{a}$	$4,63±0,13^{a}$	$4,08±0,11^{b}$	$4,08±0,01^{b}$	$4,04±0,07^{b}$
GBI (%/gün)	$2,86±0,06^{b}$	$2,83±0,03^{b}$	$2,76±0,03^{b}$	$3,13±0,05^{a}$	$3,10±0,03^{a}$

Yukarda da belirtildiği gibi, L-karnitin ilâvesinin bazı balıkların büyümesinde pozitif yönde etki ettiği gözlenmiştir ve bu sonuçlar çalışmamızın sonuçlarını onaylar niteliktedir.

L-karnitinin balık büyümesi üzerindeki etkilerinin hangi mekanizmayla oluştuğu konusunda henüz çok az bilgiye ulaşılmıştır. L-karnitinin büyümeye olan olumlu etkisiyle ilgili en yaygın açıklama, yağ asitlerinin enerji kaynağı olarak daha

fazla kullanılmasıdır. Alabalıklarda yapılan çalışmalar, kırmızı kaslarındaki mitokondrilerde UZYA'nin kullanımının arttığını ve yağ asidi oksidasyonunun teşvik edildiğini, nitrojen metabolizması ve glukoneogenesis de değişimlere yol açarak protein sentezini arttırdığını ortaya koymaktadır (Bilinski ve Jonas 1970; Ji ve ark., 1996).

Gruplarda gözlenen KSI, VSI, PEO ve YO verileri Çizelge 4.2'de özetlenmiştir. KSI değeri, G2 grubunda 1,36±0,07 bulunurken, diğer gruplarda ise 1,71±0,21 ile 1,77±0,04 arasında değişmiş ve farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). İç organlar etrafındaki yağlanmanın değerlendirildiği VSI değeri yine, ağırlıkça büyümede olduğu gibi G3 ve G4 gruplarında en yüksek seviyede olurken diğer gruplarla bu iki grup arasındaki istatistiksel farklılığın önemli olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). PEO'nın her grupta aynı seyri izlediği gözlemlenmiş ve gruplar arasında fark bulunmamıştır ($p>0,05$). YO gruplar arasında farklılık gösterirken ($p<0,05$), en düşük 82,22±4,19 ile G1'de, en yüksek 95,00±2,89 ile G4'te belirlenmiştir.

Somatik indeks değerleri dikkate alındığında, daha önce rohu fingerliklerinde (Keshavanath ve Renuka, 1998) yapılmış olan çalışmada, sırasıyla 0, 0,25, 0,5, 0,75 ve 1g/kg yem oranlarında 5 farklı L-karnitin ilâvesinin olduğu gruplarda VSI değerinde herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. KSI değeri ise, 0,5 ve 1 g/kg yem L-karnitin gruplarında en düşük seviyelerde olmuş diğer gruplar daha yüksek olmakla birlikte, birbirleri aralarında istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir. Aynı çalışmada en iyi büyüme, 0,5 g/kg yem L-karnitin grubunda olmuş, bu gruptan daha yüksek ve düşük L-karnitin ilâvesi olan gruplarda büyüme açısından herhangi önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Dias ve ark., (2001)'nın levreklerde yapmış olduğu çalışmada KSI ve VSI değerlerinde L-karnitinin herhangi bir etkisi olmamış, Chatzifotis ve ark., (1995)'nın yapmış olduğu çalışmada KSI değeri yine aynı şekilde L-karntitin ilâvesinden etkilenmemiştir. Bu çalışmada ise, KSI değeri sadece G2'de düşük değerde gözlemlenmiş ve diğer gruplardan farklı bulunmuştur. SA ve CAK oranları açısından yine en düşük değere sahip olan bu gruptaki KSI'nde belirlenen bu farklılığın, diğer büyüme parametreleri ile paralellik gösterdiği ve aynı zamanda balıklardaki genotipik farklılıkların bu değişimde rol oynadığı düşünülmektedir. PEO fingerlik rohu balıklarında (Keshavanath ve Renuka, 1998), ve levreklerde (Dias ve

ark., 2001) yapılan çalışmalarda farklılık göstermiştir. Rohu balıklarında en yüksek büyüme değerinin olduğu grupta en iyi PEO gözlemlenirken, büyüme açısından herhangi bir farklılığın olmadığı levrekler ile kurgulanmış olan çalışmada kontrol grubundan 2 g/kg yem oranındaki L-karnitin ilâvesi olan gruplarda, L-karnitin artışına paralel olarak PEO'nda artış olmuş fakat en yüksek L-karnitin ilâvesi (3g/kg yem) olan grupta PEO azalmıştır. Yapmış olduğumuz araştırmanın bu ilk denemesinde, PEO istatistiksel olarak farklı olmamasına rağmen en yüksek büyümenin olduğu G3 ve G4'te diğer gruplara nazaran az da olsa bir artışın olduğu gözlemlenmiştir. YO değerlendirildiğinde, rohu balıklarında (Keshavanath ve Renuka, 1998) deneme gruplarında %81 ile 86 arasında, çizgili levreklerde (Gaylord ve Gatlin, 2000a; Twibell ve Brown, 2000) %95 ve 100 oranında değerler elde ettiklerini, kanal kedi balıklarında YO (Burtle ve Liu, 1994) %52 ve 69 arasında değişirken, çalışmanın 5. haftasında bakteriyel bir hastalık sonucu bütün deneme gruplarının ortalama %34'ün üzerinde olumsuz yönde etkilendiğini belirtmişlerdir. Aynı zamanda, yapılan bu araştırmalarda, araştırıcılar YO'nın farklı L-karnitin ilâveli yem gruplarının herhangi bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Araştırmamızda, YO %82 ile 95 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.2. Deneme Sonucunda Balıklarda Gözlenen KSİ, VSİ, PEO, YO Ortalamaları (n=25×3, sonuçlar her tanktan 25 adet balık ve 3 tekerrürü ifade etmektedir, ortalama±standart hata. Her satırda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir $p<0,05$)

	GRUPLAR				
	G0	**G1**	**G2**	**G3**	**G4**
KSI	1,71±0,12^{a}	1,75±0,06^{a}	1,36±0,04^{b}	1,77±0,02^{a}	1,75±0,03^{a}
VSI	27,70±0,12^{b}	27,41±0,13^{b}	26,54±0,13^{b}	31,17±0,14^{a}	30,81±0,17^{a}
PEO	3,65±0,02	3,64±0,04	3,56±0,04	3,92±0,01	3,90±0,03
YO	86,11±2,00^{bc}	82,22±2,42^{c}	90,00±2,54^{ab}	93,33±0,96^{a}	95,00±1,66^{a}

Çeşitli çalışmalarda L-karnitin ilâveli yemlere bağlı olarak bazı yüksek yaşama oranı değerleri elde edilmiş olmasına karşın bu durumu yüksek L-karnitin seviyeleriyle ilişkilendirilecek bir değerlendirme yapılmamıştır. Kimi çalışmalarda ise, yüksek L-karnitin ilâvesinin YO'na herhangi bir etkisi gözlenmemiştir. Ancak, son yıllarda L-karnitinin amonyak zehirlenmesine, sıcaklık değişimleri ve hücre membranlarının aniyonik ksenobiotiklere karşı geçirgenliklerini azaltıcı etkileri gibi olumsuz çevre koşullarına karşı dayanıklılıklarını arttırdığı saptanmıştır (Tremblay ve Bradley, 1992; Schreiber ve ark., 1997; Harpaz ve ark., 1999).

Yaptığımız çalışmada, yemlerdeki farklı L-karnitin seviyeleriyle KSİ arasında bir ilişki bulunamamıştır. Ancak, VSİ'nin en yüksek iki L-karnitin seviyesine maruz bırakılmış gruplarda yüksek olduğu görülmektedir. Fakat bu durumun, L-karnitinin viseral yağ depolanması üzerindeki doğrudan etkisinden değil, yüksek L-karnitin seviyelerinin dikkate değer düzeyde YEO'nı arttırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Twibell ve Brown'un (2000) çalışmasında, yem alımının artması dolayısıyla balıkların vücut boşluğu yağ oranları L-karnitin seviyelerinin artışına paralel olarak artmıştır. Gatlin ve Gaylord'un (2000a) çalışmasında da yine benzer değerler bulunmuş ve yapmış olduğumuz çalışma ile paralellik göstermiştir. İki farklı yağ seviyesi ve farklı L-karnitin seviyeleri kombinasyonu ile kurgulanan çalışmada, L-karnitin seviyesindeki artışların yem etkinliğini arttırdığı, aynı zamanda vücut boşluğu yağ oranı miktarının da arttığı belirlenmiştir. Vücut boşluğundaki yağlanmanın artışının sebebi olarak, yem yağ seviyesinin artışı ve L-karnitin ilavesiyle paralel olarak artan yem kullanımının artması gösterilmiştir. İstatistiksel olarak sadece yağ faktörünün vücuttaki yağ oranı artışına etkisi olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda PEO, YEO'nın yüksek olduğu gruplarda, daha fazla bulunması doğal olarak beklenen bir sonuç olduğu düşünülmektedir.

4.1.2. Kas ve Karaciğerdeki Kimyasal Kompozisyon İçerikleri

Balık kaslarında deneme sonucunda alınan verilere göre, protein, kül ve KM değerleri her grup için benzerlik göstermiş ($p>0,05$), yağ içeriğinde ise G2 4,62±0,83 ile en düşük seviyede olurken bu grubu G1 6,00±0,38 izlemiştir (Çizelge 4.3). Diğer gruplarda ise bu iki gruptan daha yüksek değerler gözlemlenmiş ve gruplar arasında farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Karaciğer kimyasal kompozisyonları değerlendirildiğinde, protein ve glikojen içeriği, gruplar arasında farklılık göstermezken ($p>0,05$), KM, kül ve yağ içeriklerinde gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Karaciğer yağ kompozisyonu en düşük 27,29±0,98 ile G0'da olurken, bu grubu 28,98±0,50, 29,12±0,97, 29,51±2,83 ve 31,86±2,07 ile sırasıyla G4, G1, G2 ve G3 izlemişler ve gruplar arasında önemli farklılık belirlenmiştir ($p<0,05$). Karaciğer KM kompozisyonunda, en yüksek değer G0'da ve diğer gruplardan farklı, G2'de ise en düşük değer gözlemlenmiştir. G3 ve G4 arasında farklılık olmazken G1 ve G2 ile benzer fakat istatistiksel olarak farklı ve G0 ile önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Kül kompozisyonunda ise, G3 ve G4 ile G1 ve G2 aralarında benzerlik bulunmuş fakat bu ikili gruplar arasında farklılık bulunmuş, G0 değerinde ise diğer 4 grup ile benzerlik göstermesine rağmen istatistiksel olarak farklılık saptanmıştır ($p<0,05$).

Çizelge 4.3. Deneme Sonucunda Balıklarda Kas ve Karaciğerdeki Kimyasal Kompozisyon İçerikleri (n=3, ortalama±standart hata. Her satırda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir p<0,05)

	GRUPLAR				
Kas	**G0**	**G1**	**G2**	**G3**	**G4**
Protein	20,04±0,56	20,10±0,21	20,13±0,19	20,10±0,22	20,13±0,11
Yağ	6,47±0,66^{a}	6,00±0,21^{ab}	4,63±0,47^{b}	6,61±0,70^{a}	6,50±0,33^{a}
KM	26,99±0,63	26,93±0,37	26,38±0,26	27,920,45	27,75±0,54
Kül	1,41±0,00	1,40±0,05	1,47±0,05	1,28±0,01	1,45±0,12
Karaciğer					
Protein	11,86±0,74	11,98±0,44	12,59±0,55	12,28±1,10	10,69±0,42
Yağ	27,29±0,56^{b}	29,12±0,56^{ab}	29,51±1,63^{ab}	31,86±1,19^{a}	28,98±0,29^{ab}
KM	49,93±0,50^{a}	46,08±1,00^{b}	41,15±1,12^{c}	43,87±1,75^{bc}	43,58±1,17^{bc}
Kül	1,02±0,06^{ab}	1,24±0,07^{a}	1,23±0,16^{a}	0,92±0,08^{b}	0,87±0,05^{b}
Glikojen	3,34±0,69	3,18±0,53	2,79±0,50	3,59±0,49	2,90±0,48

Yapmış olduğumuz çalışmada, yemlere farklı oranlarda ilâve edilen L-karnitinin balık kas ve karaciğerlerindeki yağ kompozisyonu üzerine etkisi olmuş ve en yüksek değer G3'te bulunmuştur. Elde edilen bu bulgu, Chatzifotis ve ark., (1995 ve 1997)'nın kırmızı mercan ve gökkuşağı alabalığı kas ve karaciğerlerinde, Dias ve ark., (2001)'nın levreklerde kaslarda bulmuş oldukları sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra, L-karnitin ilâvesinin, çizgili levrek (Twibell ve Brown, 2000), gökkuşağı alabalığı (Rodehutscord, 1995) ve hibrit tilapyalarının (Becker ve ark., 1999) kas ve karaciğerlerinde kimyasal kompozisyon üzerine herhangi bir etkisi olmamıştır. Buna karşılık, rohu (Keshavanath ve Renuka, 1998), tilapia (Jayaprakas ve ark., 1996), kanal kedi balıkları (Burtle ve Liu, 1994), levrek (Santulli ve D'Amelio, 1986b) ve Atlantik som balıklarında (Ji ve ark., 1996) kaslardaki yağ konsantrasyonunun araştırıcılar tarafından azaldığı belirtilmiştir.

Balık kas ve karaciğerlerindeki protein konsantrasyonu kurgulanmış olan bu çalışmada, L-karnitin ilâvesi ile herhangi bir değişiklik göstermemiştir. Sonuçlar,

Chatzifotis ve ark., (1995 ve 1997)'nın kırmızı mercan ve gökkuşağı alabalığı, çizgili levrek (Twibell ve Brown, 2000), gökkuşağı alabalığı (Rodehutscord, 1995) ve hibrit tilapialar (Becker ve ark., 1999) ve levreklerin (Dias ve ark., 2001) kas ve karaciğerlerinde bulunan sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Rohu balıklarında ise, (Keshavanath ve Renuka, 1998) protein konsantrasyonu kaslarda kontrol grubu ve en yüksek L-karnitin ilâvesinin olduğu gruplarda en düşük değerde olurken, büyümenin en iyi olduğu deneme grubunda kas protein içeriği en yüksek ikinci değere ulaşmıştır.

Karaciğerdeki yağ miktarına bakıldığında en düşük oranın, kontrol grubunda olduğu, en yüksek oranın YEO ve CAK'nın VSİ'nde olduğu gibi yüksek düzeyde meydana geldiği G3 grubunda olduğu saptanmıştır. Balık kaslarında da aynı ilişki en yüksek büyümenin olduğu gruplarda belirlenmiştir. Sonuç olarak, karaciğer ve kas dokuda daha fazla yağ birikimi, yine yüksek oranda CAK ve YEO ile ilişkilendirilebilir.

4.1.3. Balık Kas ve Karaciğerlerinde Yağ Asitleri Kompozisyonu İçerikleri

Deneme sonucunda yapılan analizlerden elde edilen verilere göre, balık kaslarındaki yağ asitleri kompozisyonları değerlendirildiğinde, doymuş ve ∑ ω-9 yağ asitleri ortalamaları açısından gruplar arasında farklılık belirlenirken ($p<0,05$), diğer yağ asitleri içerikleri açısından gruplar arasında sayısal olarak farklılıklar gözlenmiş olmasına rağmen istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Doymuş yağ asitleri içerikleri G0, G1 ve G2'de sırasıyla 24,51±1,46, 24,97±1,55 ve 26,12±1,12 olurken, bu grupları 28,62±0,74 ile G3 ve 28,68±0,16 ile G4 takip etmişlerdir. ∑ ω-9 yağ asitleri G1, G2 ve G3 arasında benzerlik gözlemlenmiş, G0 ve G4 kendi aralarında benzer fakat diğer üç gruptan önemli derecede farklı bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Deneme Sonucunda Balık Kaslarındaki Yağ Asitleri Kompozisyonu İçerikleri (% alan toplam yağ içinde) (n=3, ortalama±standart hata. Her satırda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir p<0,05)

	GRUPLAR				
Yağ asitleri	**G0**	**G1**	**G2**	**G3**	**G4**
∑ DYA	24,51±0,84^{b}	24,97±0,89^{b}	26,12±0,65^{b}	28,62±0,43^{a}	28,68±0,09^{a}
∑ TDYA	45,37±2,34	45,75±0,24	46,42±1,46	46,74±0,51	45,08±0,60
∑ ω-9	32,28±2,15^{a}	26,29±0,61^{b}	26,52±0,91^{b}	28,78±1,30^{b}	31,47±0,61^{a}
∑ ω-6	6,91±0,65	5,96±0,30	5,97±0,43	5,72±0,20	5,71±0,25
∑ ω-3	22,65±2,14	22,36±1,54	20,34±1,94	17,73±0,77	19,17±0,43
∑ ω-3/∑ ω-6	3,37±0,56	3,80±0,47	3,43±0,39	3,10±0,10	3,37±0,19
EPA	4,86±0,37	4,61±0,08	4,23±0,25	4,10±0,18	4,54±0,09
DHA	13,68±1,47	13,69±1,34	12,27±1,51	10,06±0,48	10,92±0,34
EPA+DHA	18,54±1,84	18,30±1,40	16,50±1,72	14,16±0,66	15,45±0,36
∑ C_{14-18} (OZYA)	65,65±2,46	64,42±2,02	66,58±1,49	69,58±0,72	69,27±0,52
∑ C_{20-24} (UZYA)	34,19±2,50	35,41±2,09	32,96±1,34	30,10±0,73	30,28±0,60
∑ ω-3 YODYA	21,00±2,15	20,74±1,61	18,70±1,89	16,12±0,74	17,51±0,47

Balık karaciğerlerindeki yağ asitleri içeriklerinde, balık kaslarında olduğu gibi sadece iki yağ asidi içeriğinde (∑ ω-6 ve EPA) istatistiksel olarak farklılık gözlemlenmiş (p<0,05), diğer yağ asitleri içerikleri açısından gruplar arasında sayısal olarak farklılıklar gözlemlenmiş olmasına rağmen istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (p>0,05). ∑ ω-6 yağ asitlerinde, G0, G3 ve G4 diğer iki gruba göre düşük değerde saptanmıştır. Gruplardaki EPA değerleri ise, en düşük 2,46±0,12 ile G2'de, en yüksek 4,01±0,09 ile G4'te belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Deneme Sonucunda Balık Karaciğerlerindeki Yağ Asitleri Kompozisyonu İçerikleri (% alan toplam yağ içinde) (n=3, ortalama±standart hata. Her satırda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir p<0,05)

	GRUPLAR				
Yağ asitleri	**G0**	**G1**	**G2**	**G3**	**G4**
∑ DYA	33,31±2,63	35,72±2,39	32,81±0,66	35,61±1,28	32,53±0,45
∑ TDYA	43,05±0,97	43,09±0,67	43,10±1,16	42,84±0,86	42,96±0,61
∑ ω-9	35,47±0,82	37,22±0,23	34,75±1,30	36,57±1,50	34,68±1,19
∑ ω-6	3,86±0,18^{a}	3,12±0,22^{b}	4,16±0,14^{a}	3,37±0,05^{b}	3,02±0,11^{b}
∑ ω-3	19,15±2,38	17,05±2,25	19,20±1,86	16,44±1,22	20,40±0,20
∑ ω-3/∑ ω-6	5,04±0,86	5,60±1,11	4,65±0,55	4,87±0,29	6,77±0,20
EPA	3,50±0,51^{ab}	2,79±0,30^{bc}	2,46±0,69^{c}	2,66±0,31^{bc}	4,01±0,55^{a}
DHA	11,83±1,30	10,89±1,40	12,75±1,20	10,04±0,55	12,29±0,22
EPA+DHA	15,33±1,81	13,68±1,69	15,22±1,26	12,70±0,80	16,29±0,20
∑ C_{14-18} (OZYA)	74,02±2,85	72,93±2,68	72,93±1,33	73,29±1,66	73,32±1,15
∑ C_{20-24} (UZYA)	26,30±2,86	27,32±2,69	27,32±1,32	26,16±1,68	26,62±1,15
∑ ω-3 YODYA	18,08±2,35	16,24±2,20	18,03±1,78	15,66±1,20	19,33±0,17

Chatzifotis ve ark., (1995 ve 1996)'nın kırmızı mercanlarda yapmış oldukları iki ayrı çalışmada, balık kas ve karaciğerlerindeki orta zincirli yağ asitlerinin (OZYA, ∑ C_{14-18}) oranları artarken, ∑ C_{20-24} uzun zincirli yağ asitlerinin (UZYA, ∑ C_{20-24}) azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca farklı L-karnitin seviyelerini denemiş oldukları çalışmada DHA oranlarının, karaciğerde kontrol ve 0,5 g/kg yem L-karnitin ilâveli gruplardan sonra, L-karnitin artışına bağlı olarak azaldığını tespit etmişler, bu belirgin veriler kaslardaki DHA oranı için benzer şekilde olmamıştır. Yapmış olduğumuz araştırmada, kaslardaki verilerin belirgin bir şekilde ve karaciğerdeki verilerin ise özellikle en iyi büyümenin olduğu G3'te benzer sonuçlar gösterdiği saptanmıştır. DHA'in ve UZYA'nin L-karnitin ilâvesine bağlı olarak azalması, balık

tarafından bu yağ asidinin kullanımının arttığını göstermektedir. Bu artışın da, L-karnitinin UZYA'nin mitokondriye taşınmasında ve β-oksidasyonlarında daha fazla kullanıldığının bir göstergesi olabilir. OZYA ise mitokondrial matriksten asil-karnitinlerce transfer edilir. Bu işlem, enerji metabolizması için ihtiyaç duyulan serbest KoA'yı ve aynı zamanda mitokondriden fazla miktardaki asetil ve açil-KoA gruplarının taşınmasını sağlar. Bilindiği gibi, karnitinin diğer görevlerinden biri de, serbest KoA için gerekli ortamın sağlanmasıdır. Bu nedenle OZYA oranının, bu mekanizmayı sağlayabilmek ve bahsedilen işlemleri yerine getirebilmek amacıyla arttığı düşünülmektedir.

4.1.4. Balık Kas ve Karaciğerlerinde Nötral Yağ Sınıfları Kompozisyonu İçerikleri

Deneme sonucunda balıklardaki kas ve karaciğerlerden elde edilen nötral yağ sınıfları değerleri Çizelge 4.6 ve 4.7'de özetlenmiştir. Kaslarda TAG değerleri en düşük G0'da (72,23±0,75) olurken, en yüksek değerler ise, G1 (89,21±0,93) ve G3'te (88,88±1,02) olmuştur ($p<0,05$). SYA değerleri G0'da en yüksek seviyeye ulaşırken, bu grubu sırasıyla G4, G2, G3 ve G1 izlemişlerdir ($p<0,05$). K ve DAG değerlerinde ise G0 grubu diğer gruplara göre en yüksek değerde ve istatistiksel olarak farklılık göstermiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.6. Deneme Sonucunda Balık Kaslarındaki Nötral Yağ Sınıfları Kompozisyonu İçerikleri (% alan toplam yağ içinde) (n=3, ortalama±standart hata. Her satırda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir $p<0,05$)

	GRUPLAR				
Nötral yağ sınıfları	**G0**	**G1**	**G2**	**G3**	**G4**
TAG	72,23±0,43^{c}	89,21±0,54^{a}	87,73±0,41^{ab}	88,88±0,59^{a}	87,00±0,65^{b}
SYA	11,30±0,92^{a}	3,70±0,27^{c}	4,50±0,34^{bc}	4,33±0,24^{bc}	5,55±0,39^{b}
K	9,88±0,57^{a}	5,85±0,44^{b}	6,42±0,22^{b}	5,61±0,35^{b}	6,01±0,23^{b}
DAG	6,60±0,50^{a}	1,25±0,13^{b}	1,35±0,11^{b}	1,19±0,09^{b}	1,44±0,21^{b}

Balık karaciğerlerinin TAG değerlerinde, L-karnitin seviyesi arttıkça düşüş gözlemlenmiş ve gruplar arasında farklılık saptanmıştır ($p<0,05$). SYA ve K değerleri en düşük G1'de olurken, en yüksek seviyeye G4'te ulaşmıştır ($p<0,05$). DAG değerleri ise, L-karnitin ilâvesinin artışına paralel olarak gruplarda arttığı belirlenmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.7. Deneme Sonucunda Balık Karaciğerlerindeki Nötral Yağ Sınıfları Kompozisyonu İçerikleri (% alan toplam yağ içinde) (n=3, ortalama±standart hata. Her satırda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir $p<0,05$)

	GRUPLAR				
Nötral yağ sınıfları	**G0**	**G1**	**G2**	**G3**	**G4**
TAG	$82,71\pm1,43^{ab}$	$83,82\pm1,03^{a}$	$79,24\pm1,17^{bc}$	$76,96\pm1,50^{c}$	$67,78\pm0,88^{d}$
SYA	$9,37\pm0,38^{bc}$	$8,22\pm0,55^{c}$	$9,16\pm0,36^{bc}$	$10,15\pm0,39^{b}$	$14,92\pm0,20^{a}$
K	$4,34\pm0,38^{cd}$	$3,77\pm0,38^{d}$	$5,39\pm0,69^{bc}$	$5,71\pm0,25^{b}$	$8,19\pm0,06^{a}$
DAG	$3,58\pm0,68^{d}$	$4,18\pm0,32^{cd}$	$6,21\pm0,85^{bc}$	$7,48\pm0,72^{ab}$	$9,11\pm0,68^{a}$

Özellikle balıklarda karaciğerlerdeki TAG'lerin, yağların enerji depo formu olarak görev aldıkları bilinmektedir (Chatzifotis ve ark., 1995). Yapmış olduğumuz çalışmada TAG değerleri L-karnitin seviyesine bağlı olarak azalmıştır, bu durumda balık karaciğerlerinde enerji amacıyla bulunan TAG'lerin etkin olarak kullanılıp enerjiye dönüştürüldüğü söylenebilir. SYA değerleri dalgalı bir seyir izlemiş, yağ asitleri oksidasyonunda SYA kullanımının artacağı beklenirken karaciğerlerde bu etki açık olarak gözlemlenmemiştir.

Çalışmamızda kaslarda bulmuş olduğumuz değerler Chatzifotis ve ark., (1995)'nın elde etmiş olduğu verilerle benzerlik göstermektedir. Balık kaslarında, TAG değerleri kontrol grubuna oranla diğer gruplarda artış göstermiştir. Daha öncede değinildiği gibi enerji depo görevi yapan yağların TAG formu oranındaki artış ile kaslarda enerji depo edilmiştir. Yağların bir diğer önemli formu olan SYA değerleri ise, kas kompozisyonunda kontrol grubuna oranla L-karnitin gruplarında azalmış ve böylece kaslardaki yağ asitleri oksidasyonunun yoğun bir şekilde

meydana geldiği yine balıkların kaslarında SYA kullanımı ile yağlardan enerjinin kazanılmasının söz konusu olduğu düşünülmektedir.

4.2. II. Deneme

4.2.1. Balıklardaki Büyüme Parametreleri

Deneme sonucunda elde edilen büyüme parametreleri sonuçlarına göre gruplar arasında herhangi bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0,05$). Ayrıca yemlerde kullanılan yağ ve L-karnitinin farklı seviyelerinin ve ayrıca bu iki faktörün interaksiyonunun, yapılan iki yönlü varyans analizi sonucuna göre, gruplarda elde edilen büyüme parametreleri ortalamalarına herhangi bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. II. Deneme Sonucunda Balıklarda Gözlenen SA, CAK, SBO, GBİ Büyüme Parametreleri (n=3, ortalama±standart hata).

Yem faktörleri						
L-karnitin (g/kg)	**Yağ (%)**	**BA (g)**	**SA (g)**	**CAK (g)**	**SBO (%/gün)**	**GBİ (%/gün)**
0	**12,5**	4,03±0,03	22,73±0,27	18,71±0,27	4,03±0,02	2,89±0,02
2	**12,5**	4,04±0,01	22,98±0,23	18,94±0,24	4,04±0,02	2,91±0,02
3	**12,5**	4,04±0,02	22,49±0,16	18,45±0,17	3,99±0,03	2,86±0,01
0	**20**	4,03±0,05	23,12±0,43	19,08±0,46	4,06±0,06	2,92±0,05
2	**20**	4,06±0,01	23,23±0,36	19,17±0,36	4,06±0,03	2,93±0,03
3	**20**	4,06±0,04	22,43±0,65	18,38±0,66	3,98±0,07	2,85±0,06
İki Yönlü Varyans Analizi (p≤0,05)						
L-karnitin			0,230	0,269	0,299	0,296
Yağ			0,594	0,590	0,731	0,656
L-karnitin×Yağ			0,808	0,851	0,821	0,809

Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi, balıklardaki diğer büyüme parametrelerinde de, gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık gözlemlenmemiştir ($p<0,05$). Her iki yem faktörünün ve interaksiyonlarının gruplardaki büyüme parametreleri üzerine bir etkisi olmamıştır.

Çizelge 4.9. II. Deneme Sonucunda Balıklarda Gözlenen PEO, PDO, YEO, GYA, YO Büyüme Parametreleri (n=3, ortalama±standart hata).

Yem faktörleri						
L-karnitin (g/kg)	**Yağ (%)**	**PEO**	**PDO (%)**	**YEO**	**GYA (%)**	**YO (%)**
0	**12,5**	2,07±0,03	35,13±1,12	1,01±0,01	3,22±0,04	100,00±0,00
2	**12,5**	1,98±0,09	33,88±2,61	0,96±0,04	3,40±0,19	92,00±8,00
3	**12,5**	2,03±0,01	33,72±0,21	0,99±0,01	3,26±0,02	100,00±0,00
0	**20**	2,09±0,03	32,12±0,34	1,02±0,01	3,21±0,01	98,67±1,33
2	**20**	2,09±0,03	33,58±1,84	1,02±0,02	3,21±0,04	98,67±1,33
3	**20**	1,98±0,04	32,12±1,12	0,96±0,02	3,35±0,03	97,33±1,33
İki Yönlü Varyans Analizi (p≤0,05)						
L-karnitin		0,296	0,874	0,296	0,464	0,474
Yağ		0,554	0,215	0,501	0,583	0,754
L-karnitin×Yağ		0,209	0,657	0,247	0,250	0,363

Chatzifotis ve ark., (1997)'nın gökkuşağı alabalıklarında yapmış oldukları çalışmada, 4g/kg'a kadar yükseltilen L-karnitin ilâvesine ek olarak üç farklı yağ oranı (%5, 10 ve 15) ile hazırlamış oldukları deney yemlerini kullanmışlar ve balıkların büyümeleri açısından, bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer olarak herhangi bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Bunun yanı sıra, Ji ver ark., (1996)'nın Atlantik som balıklarıyla yapmış oldukları çalışmada, büyüme kompozisyonunda pozitif bir değişim olduğu gözlemlenmiştir. Chatzifotis ve ark., (1996)'nın kırmızı mercanlarda iki farklı lisin ve L-karnitin seviyesi ile kurguladıkları çalışmada, L-karnitin ilâvesinin büyüme parametreleri üzerine herhangi bir etkisi olmazken, lisin faktörünün etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra, lisin ve L-karnitin interaksiyonunun balıklardaki büyüme parametreleri üzerine bir etkisi saptanmamıştır. Torreele ve ark., (1993) ise, Afrika kedi balıklarında, yemlere L-karnitin ilâvesinin yağ seviyesine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında 500 mg/kg yem yada daha üzerindeki seviyelerde L-karnitin ilâvesi ile %9,6 yağ oranının kombine edildiğinde büyümenin arttığını, yada 684 mg/kg yem L-karnitin ve yukarısındaki seviyelerle %15,5 yağ seviyesi kombinasyonunun balıklardaki büyüme üzerinde etkili olduğunu saptamışlardır. Çizgili levreklerde, Gaylord ve Gatlin (2000b)'in yapmış oldukları araştırmada ise, yemlerdeki yağ faktörünün büyüme

üzerine etkisi olurken, l-karnitin ilâvesinin ise herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, YEO değerinde ise, yemlerdeki yağ ve L-karnitin faktörleri ile kombinasyonları pozitif yönde etkili olmamış ve büyümenin arttığı %15 yağ seviyesinde L-karnitin ilâvesiyle YEO'nın azaldığı belirlenmiştir. Yine aynı araştırmacılar (2000a), çizgili levreklerde farklı L-karnitin tipleri ve seviyeleri ile iki farklı yağ seviyesini kombine ettikleri çalışmalarında, her iki faktörün ve kombinasyonunun iki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre, balıklarda CAK ve YEO oranın üzerine herhangi bir etkinin olmadığını belirtmişlerdir. Elde ettiğimiz veriler doğrultusunda, büyüme parametrelerinin, özellikle YEO'nın, çizgili levreklerde olduğu gibi yem faktörleri ile olumsuz yönde bir etkileşiminin olmadığı saptanırken, kırmızı mercanlarda ve gökkuşağı alabalıklarında elde edilen değerlere paralel olarak L-karnitin faktörünün herhangi bir olumlu etkisi de saptanmamıştır. Herhangi bir etkinin görülmemesinin nedeni, L-karnitin miktarının yetersiz olmasından kaynaklanmamaktadır. Zira çok düşük seviyelerdeki L-karnitin ilâvesiyle ağırlık kazancının sağlandığı çalışmalar bulunmaktadır. En düşük seviyedeki (150 mg/kg yem) L-karnitin ilâvesiyle tilapyalarda ağırlık artışı sağlanmıştır (Jayaprakas ve ark., 1996). Bu durumun aksine yüksek oranlarda L-karnitin ilâvesinin, ne büyüme ne de yem değerlendirmeye bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Atlantik somon balıklarında, 3700, 1000 ve 230 mg/kg yem seviyelerinde büyüme ve yem etkinliğinde herhangi bir etki görülmemiştir (Burtle ve Liu,1994). L-karnitin ilâvesindeki artışlarda, yağların efektif bir şekilde kullanımı beklenirken, bu durumun gelişmeye pozitif bir etki yapacağı gerekliliği kesin değildir (Twibell ve Brown, 2000).

4.2.2. Kas ve Karaciğerdeki Kimyasal Kompozisyon İçerikleri

II. deneme sonucunda balık kas ve karaciğerlerinde, elde edilen kimyasal kompozisyonlar Çizelge 4.10 ve 4.11'de özetlenmiştir. Kaslardaki protein değeri yem faktörlerinden etkilenmezken gruplar arasında da herhangi bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Yağ kompozisyonu incelendiğinde ise, gruplarda L-karnitin ilâvesinin bir etkisi olmamış fakat yağ faktörü balık kaslarının yağ kompozisyonları

üzerine etkili olmuştur ve gruplar arasında fark gözlemlenmiştir ($p<0,05$). KM içeriğinde gruplar arasında tek yönlü varyans analizine göre istatistiksel olarak fark belirlenmiş olmasına rağmen ($p<0,05$), L-karnitin ve yağ faktörleri ile kombinasyonlarının herhangi bir etkisi belirlenmemiştir. Kül kompozisyonunda ise fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.10. II. Deneme Sonucunda Balık Kaslarında Belirlenen Kimyasal Kompozisyon İçerikleri (n=3, ortalama±standart hata. Her sütunda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir $p<0,05$)

Yem faktörleri		**Kimyasal Kompozisyon (%)**			
L-karnitin (g/kg)	**Yağ (%)**	**Protein**	**Yağ**	**KM**	**Kül**
0	**12,5**	17,23±0,48	4,82±0,38^{c}	24,09±0,82^{b}	1,91±0,06
2	**12,5**	17,57±0,41	4,97±0,05^{c}	24,70±0,38^{ab}	1,95±0,01
3	**12,5**	17,79±0,94	5,39±0,03^{c}	25,26±1,27^{ab}	1,98±0,08
0	**20**	18,23±0,80	7,19±0,05^{a}	27,04±0,81^{a}	1,96±0,06
2	**20**	17,17±0,24	6,61±0,18^{ab}	25,53±0,44^{ab}	1,90±0,07
3	**20**	17,22±0,22	6,43±0,07^{b}	25,27±0,18^{ab}	1,96±0,02
İki Yönlü Varyans Analizi (p≤0,05)					
L-karnitin		0,823	0,622	0,833	0,657
Yağ		0,982	0,000	0,059	0,868
L-karnitin×Yağ		0,361	0,028	0,169	0,653

Karaciğerlerde ise, düşük yağ seviyeli L-karnitin gruplarında, karaciğer yağ kompozisyonunda ve yüksek yağ seviyeli L-karnitin gruplarında karaciğer protein kompozisyonunda herhangi bir değişim gözlemlenmemiş olmasına rağmen, yağ faktörü bu kompozisyonlar üzerine etkili olmuş ve gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık saptanmıştır ($p<0,05$). Kül kompozisyonunda gruplar arasında herhangi bir farklılık bulunmazken ($p>0,05$), KM içeriğinde istatistiksel olarak farklılık belirlenmiştir ($p<0,05$). Karaciğer glikojeni, yemlere uygulanan yağ ve L-karnitin faktörlerinden ve kombinasyonlarından etkilenmiş ve gruplar arasında farklılık gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Gaylord ve Gatlin (2000a ve b)'in çizgili levreklerde yapmış oldukları çalışmalarda, araştırmamızın bu denmemesinde olduğu gibi karaciğer yağ

kompozisyonu ve glikojen değeri üzerine yağ faktörünün etkisi olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmalarda balık kaslarının yağ komposizyonları üzerine L-karnitin seviye, tip ve yağ faktörlerinin bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Bunun yanı sıra çalışmamızda, yağ faktörünün balık yağ komposizyonları üzerine etkili olduğu gözlemlenmiştir. Chatzifotis ve ark., (1996)'nın kırmızı mercanlarda yapmış oldukları çalışmada balık kas ve karaciğerlerin besinsel komposizyonları üzerinde L-karnitin ilâvesinin etkili olmadığı fakat lisin faktörünün kas yağ içeriği üzerine etkili olduğunu saptamışlardır. Görüldüğü gibi özellikle karaciğerlerdeki glikojen ve yağ kompozisyonlarının yem yağ oranı ile değişim gösterdiği açıktır. Ayrıca balık kaslarında yağ kompozisyonu da yemlerdeki yağ seviyesi artışıyla paralel olarak artması beklenen bir sonuçtur.

Çizelge 4.11. II. Deneme Sonucunda Balık Karaciğerlerinde Belirlenen Kimyasal Kompozisyon İçerikleri (n=3, ortalama±standart hata. Her sütunda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir $p<0,05$)

Yem faktörleri		Kimyasal Kompozisyon (%)				
L-karnitin (g/kg)	Yağ (%)	Protein	Yağ	KM	Kül	Glikojen
0	**12,5**	11,91±0,66^{bc}	11,71±0,33^{c}	30,67±0,38^{b}	1,17±0,09	10,44±0,36^{a}
2	**12,5**	11,80±0,39^{c}	9,78±0,24^{c}	31,51±0,35^{b}	1,27±0,10	7,87±0,45^{b}
3	**12,5**	13,44±0,21^{b}	11,62±1,85^{c}	31,43±0,86^{b}	1,27±0,02	8,35±0,27^{b}
0	**20**	15,92±0,72^{a}	17,54±1,14^{ab}	32,26±0,28^{ab}	1,26±0,07	1,81±0,16^{c}
2	**20**	15,23±0,53^{a}	18,05±0,32^{a}	33,89±0,50^{a}	1,23±0,03	1,80±0,04^{c}
3	**20**	15,87±0,30^{a}	16,03±0,20^{b}	31,51±0,81^{b}	1,12±0,04	1,81±0,30^{c}
İki Yönlü Varyans Analizi (p≤0,05)						
L-karnitin		0,115	0,400	0,085	0,699	0,002
Yağ		0,000	0,000	0,014	0,578	0,000
L-karnitin×Yağ		0,319	0,028	0,169	0,199	0,002

4.2.3. Balıklardaki Tüm Vücut Kimyasal Kompozisyon İçerikleri ve KSİ Değerleri

Deneme başlangıcında ve sonucunda elde edilen balıkların tüm vücut kimyasal kompozisyonları ve KSI değerleri Çizelge 4.12'de özetlenmiştir. Protein

değeri deneme başlangıcında %15,28 olurken, deneme sonunda bu değer artmış ve gruplar arasında farklılık göstermiştir ($p<0,05$). Yağ içeriği ise direk olarak yem yağ seviyesinden etkilenmiş, L-karnitin ilâvesinin ise herhangi bir etkisi gözlemlenmemiş, gruplar arasında farklılık saptanmıştır ($p<0,05$). KM ve kül içeriklerinde istatistiksel olarak farklılık belirlenmemiştir ($p>0,05$). KSI değeri ise, yağ faktöründen etkilenmiştir. Gruplar arasında farklılık saptanırken ($p<0,05$), deneme başlangıcındaki değerin üzerinde değerler gözlemlenmiştir. Özellikle düşük yağ seviyesindeki gruplarda KSI değeri deneme başlangıcı değerinden 2 kat daha fazla seviye ulaşmış, yemdeki yağ seviyesinin artışıyla bu değer azalmıştır.

Çizelge 4.12. II. Deneme Başlangıcı ve Sonunda Balıklardaki Tüm Vücut Kimyasal Kompozisyon İçerikleri ve KSİ Değerleri (n=3, ortalama±standart hata. Her sütunda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir $p<0,05$)

		Deneme başlangıcı				
		Protein	**Yağ**	**KM**	**Kül**	**KSİ**
Tüm Vücut		15,28	4,37	24,09	5,59	1,11
Yem faktörleri		**Deneme sonu**				
L-k (g/kg)	**Yağ (%)**	**Protein**	**Yağ**	**KM**	**Kül**	**KSİ**
0	**12,5**	16,64±0,28^{a}	9,84±0,20^{b}	31,15±0,31	5,98±0,50	2,05±0,09^{ab}
2	**12,5**	16,93±0,42^{a}	9,50±0,28^{b}	31,63±0,25	5,94±0,31	2,12±0,13^{a}
3	**12,5**	16,37±0,21^{ab}	9,64±0,23^{b}	30,62±0,48	5,51±0,40	1,87±0,05^{b}
0	**20**	15,44±0,05^{b}	11,37±0,13^{a}	30,95±0,08	5,55±0,23	1,38±0,08^{c}
2	**20**	16,04±0,54^{ab}	11,50±0,43^{a}	32,22±1,05	6,09±0,40	1,24±0,02^{c}
3	**20**	16,19±0,22^{ab}	11,51±0,06^{a}	32,13±0,23	5,68±0,21	1,30±0,05^{c}
İki Yönlü Varyans Analizi (p≤0,05)						
L-karnitin		0,417	0,898	0,259	0,507	0,262
Yağ		0,015	0,000	0,154	0,896	0,000
L-karnitin×Yağ		0,309	0,632	0,285	0,643	0,152

Torreele ve ark., (1993)'nın Afrika kedi balıklarında yapmış oldukları çalışmada balıkların tüm vücut protein içeriği L-karnitin faktörü ile değişim göstermezken, yemdeki yağ seviyesinin artmasıyla protein değerinde bir değişim belirlemişlerdir. Yağ içeriği ise yem yağ faktöründen açık bir şekilde etkilenmiş ve

yağ seviyesinin artışıyla paralel olarak arttığını saptamışlardır. Çalışmamızda bulmuş olduğumuz değerlere paralel olarak Gaylord ve Gatlin (2000b) çizgili levreklerde, yemdeki 4 farklı yağ seviyesinin artışıyla (%5'ten 20'ye) KSI değerinin azaldığını belirlemişler ve gruplar arasında farklılık bulmuşlardır. Gaylord ve Gatlin (2000a), yine çizgili levreklerde farklı L-karnitin tip ve seviyesi ile kombine ettikleri iki farklı yağ seviyesi ile yaptıkları çalışmalarında, KSİ değerinin yem faktörlerinden etkilenmediğini belirtmişlerdir. Chatzifotis ve ark., (1996) kırmızı mercanlarda KSI'nin L-karnitin ile bir etkileşiminin olmadığını fakat lisin faktörünün etkili olduğunu saptamışlardır. Özellikle farklı yağ ile L-karnitin kombinasyonlarının denendiği çalışmalarda karaciğerdeki yağ seviyesinin yemlerdeki yağ seviyelerinin artışına paralel olarak artması beklenen bir sonuçtur. Bilinmektedir ki, karaciğerdeki yağlanmanın bir diğer sonucu da karaciğer glikojen değerinin azalmasına neden olmasıdır (Gaylord ve Gatlin, 2000b).

4.2.4. Balık Kas ve Karaciğerlerinde Yağ Asitleri Kompozisyonu İçerikleri

Balık kas ve karaciğerlerinde yapılmış olan yağ asitleri analizlerine göre elde edilen sonuçlar Çizelge 4.13 ve 4.14'te özetlenmiştir. Yem yağ faktörü kaslarda, TDYA, OZYA ve UZYA üzerine etkili olmuştur ve gruplar arasında farklılık belirlenmiştir ($p<0,05$). Özellikle OZYA'nde değerler yüksek yağ içeriğindeki yem grubunda L-karnitin ilâvesinin artışına paralel olarak artmış, UZYA'nde ise aynı grupta değerler azalmıştır. YODYA değerleri ise her iki yem faktöründen etkilenmezken, gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca düşük ve yüksek seviyeli yağ yem gruplarında 2 g/kg yem L-karnitin içeren gruplarda YODYA değerleri diğer gruplara oranla daha yüksek değerlerde olmuştur.

Karaciğer yağ asitleri kompozisyonları incelendiğinde, yem yağ faktörünün, TDYA, $\sum$ ω-6, $\sum$ ω-3/$\sum$ ω-6 ve EPA haricinde tüm yağ asitleri komposizyonlarına etkili olduğu belirlenmiştir. L-karnitin faktörü ise karaciğer DHA üzerinde etkili olmuştur. DYA yemdeki yağ seviyesinin artışına bağlı olarak azalmış ve gruplar arasında farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). OZYA ve UZYA değerleri karaciğerlerde

yem yağ seviyelerine göre farklılık göstermiştir ($p<0,05$). Bu yağ asitlerinde, her iki yağ seviyesinin farklı L-karnitin gruplarında bir değişim gözlemlenmemiştir.

Chatzifotis ve ark., (1996), kırmızı mercanlarda lisin ve L-karnitin faktörleri ile yapmış oldukları çalışmada, balık kaslarındaki yağ asitleri kompozisyonlarının L-karnitin ilâvesinden etkilenmediğini fakat lisinin ortalamalar üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar, balık karaciğerlerinde ise, OZYA haricinde diğer temel yağ asitleri gruplarında (EPA, DHA, UZYA $\sum$ ω-3 ve $\sum$ ω-6) hem L-karnitinin hem de lisin etkisinin olduğunu ve gruplar arasında farklılıklar bulunduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar kullandıkları deney yemlerinin tüm gruplarında aynı seviyede (%13,5) yağ içeriği kullanmışlardır. Bu çalışmada, yemdeki lisin içeriği bilinmemektedir, ayrıca kullanılan yemin yağ içeriği %12,5 ve %20 olarak ayarlanmıştır. Bilindiği gibi L-karnitinin vücutta sentezi için gerekli iki amino asitten birisi lisindir (Kelly, 1998; Bieber, 1998). Kırmızı mercanlarda kullanılan farklı lisin seviyelerinin balık karaciğerlerine etkili olup yağ asitleri profillerinde belirgin farklılık ortaya çıkarması beklenen bir sonuçtur. Ayrıca araştırmacıların balık karaciğerlerinde DHA oranında L-karnitin faktörünün etkisini belirlemişlerdir. Araştırmamızda karaciğer DHA değeri farklılık göstermiş fakat %20 yağ seviyesinde kullanılan 3 g/kg yem içeriğindeki L-karnitin seviyesinde azalmanın olduğu gözlemlenmiş ve gruplar üzerinde hem L-karnitin hem de yağ faktörünün etkisi ortaya çıkmıştır. Bilindiği gibi, DHA ve EPA balık gelişiminde önemli yağ asitlerindendir (Takeuchi ve Watanabe, 1976, 1977). Araştırmamızda CAK yönünden balıklarda herhangi bir faklılık bulunmamasına rağmen özellikle yüksek yağ ve L-karnitin içeriğine sahip grupta DHA ve EPA kullanımı açık bir şekilde gözlemlenmektedir. Bunun yanı sıra, UZYA oranının da L-karnitinin en yüksek olduğu %20 yağ seviyeli gruplarında diğer L-karnitin seviyelerine göre azaldığı saptanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda UZYA, EPA ve DHA'nın balığın artan metabolik ihtiyaçları için kullanıldığı söylenebilir (Chatzifotis ve ark., 1996).

Çizelge 4.13. II. Deneme Sonucunda Balık Kaslarındaki Yağ Asitleri Kompozisyonu İçerikleri (% alan toplam yağ içinde)
(n=3, ortalama±standart sapma. Her satırda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir p<0,05)

	GRUPLAR (L-karnitin/yağ)						İki Yönlü Varyans Analizi		
Yağ asitleri	0/12,5	2/12,5	3/12,5	0/20	2/20	3/20	L-karnitin	Yağ	L-k × yağ
∑ DYA	27,92±1,10^{c}	23,91±2,12^{ab}	26,97±1,75^{bc}	23,67±1,69^{a}	23,44±1,64^{a}	24,26±1,40^{ab}	0,084	0,008	0,179
∑ (TDYA)	47,22±1,67^{ab}	48,15±0,74^{abc}	45,92±0,50^{a}	49,37±1,73^{bc}	48,70±0,24^{bc}	50,75±2,39^{c}	0,988	0,003	0,068
∑ ω-9	37,66±1,04	37,03±2,62	35,72±2,36	36,92±2,18	37,22±1,27	37,85±3,42	0,928	0,636	0,558
∑ ω-6	3,56±0,53^{a}	3,66±0,41^{ab}	5,06±0,72^{b}	4,38±0,24^{ab}	4,67±0,38^{ab}	4,06±1,47^{ab}	0,412	0,445	0,071
∑ ω-3	20,73±0,37	23,73±1,38	21,48±1,52	22,10±1,98	22,68±2,05	20,49±2,66	0,119	0,799	0,442
∑ ω-3/∑ ω-6	5,90±0,80	6,51±0,35	4,30±0,56	5,04±0,37	4,90±0,87	5,77±3,02	0,695	0,619	0,168
EPA	4,12±0,12	4,60±0,73	4,80±0,56	4,73±0,74	4,93±0,96	4,47±0,36	0,662	0,521	0,455
DHA	12,54±0,46^{a}	15,14±0,84^{b}	12,49±0,35^{a}	13,39±1,08^{ab}	13,82±0,88^{ab}	12,00±1,97^{a}	0,011	0,535	0,248
EPA+DHA	16,67±0,41^{a}	19,75±1,52^{b}	17,30±0,81^{ab}	18,12±1,79^{ab}	18,75±1,76^{ab}	16,48±2,22^{a}	0,051	0,870	0,343
∑ $C_{14\text{-}18}$ (OZYA)	66,00±0,97^{b}	62,92±2,79^{ab}	65,52±0,36^{b}	57,74±4,24^{a}	58,78±3,72^{a}	62,30±4,21^{ab}	0,262	0,004	0,360
∑ $C_{20\text{-}24}$ (UZYA)	33,65±0,95^{a}	36,77±2,83^{ab}	34,14±0,22^{a}	42,04±4,40^{b}	40,90±3,50^{b}	37,50±4,24^{ab}	0,273	0,004	0,355
∑ ω-3 YODYA	19,20±0,70^{ab}	22,35±1,46^{b}	19,38±0,95^{ab}	20,27±1,73^{ab}	20,64±2,39^{ab}	18,56±2,91^{a}	0,093	0,586	0,443

Çizelge 4.14. Deneme Sonucunda Balık Karaciğerlerindeki Yağ Asitleri Kompozisyonu İçerikleri (% alan toplam yağ içinde) (n=3, ortalama±standart sapma. Her satırda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir p<0,05)

	GRUPLAR (L-karnitin/yağ)					İki Yönlü Varyans Analizi		
Yağ asitleri	**0/12,5**	**2/12,5**	**3/12,5**	**0/20**	**2/20**	**3/20**	**L-karnitin**	**Yağ**	**L-k × yağ**
∑ DYA	36,47±2,15^{b}	34,90±0,72^{b}	37,40±1,58^{b}	31,19±1,45^{a}	30,25±1,91^{a}	29,08±1,53^{a}	0,430	0,000	0,152
∑ (TDYA)	45,30±1,66^{b}	41,39±1,00^{a}	40,87±1,05^{a}	42,13±1,09^{a}	40,48±0,85^{a}	47,053,20^{b}	0,016	0,397	0,001
∑ ω-9	36,21±1,30^{b}	34,11±0,69^{b}	34,70±0,88^{b}	31,15±2,45^{a}	31,50±0,63^{a}	35,96±0,93^{b}	0,017	0,005	0,004
∑ ω-6	1,73±0,54	1,71±0,27	1,66±0,22	2,59±0,95	2,44±0,19	2,17±0,36	0,696	0,011	0,833
∑ ω-3	14,30±0,13^{a}	18,30±1,20^{b}	17,67±0,69^{b}	22,89±1,14^{c}	24,55±2,29^{c}	18,89±2,13^{b}	0,005	0,000,	0,003
∑ ω-3/∑ ω-6	8,78±2,40	10,84±1,72	10,76±1,06	9,48±2,62	10,06±0,17	8,75±0,63	0,426	0,096	0,407
EPA	3,43±0,14^{a}	4,49±0,35^{ab}	4,01±0,22^{ab}	4,96±0,74^{b}	4,94±0,12^{b}	4,19±1,39^{ab}	0,267	0,041	0,218
DHA	8,15±0,23^{a}	11,30±1,47^{b}	11,00±0,24^{b}	13,14±0,12^{c}	14,25±1,52^{c}	9,52±1,12^{ab}	0,002	0,001	0,000
EPA+DHA	11,58±0,11^{a}	15,79±1,81^{bc}	15,01±0,46^{b}	18,11±0,83^{cd}	19,20±1,49^{d}	13,71±2,47^{ab}	0,006	0,001	0,002
∑ C_{14-18} (OZYA)	67,71±3,04^{b}	65,01±1,38^{b}	68,73±2,03^{b}	59,68±3,63^{a}	58,02±2,34^{a}	59,56±1,94^{a}	0,193	0,000	0,760
∑ C_{20-24} (UZYA)	32,30±3,04^{a}	34,90±1,31^{a}	31,26±2,03^{a}	40,31±3,63^{b}	41,99±2,33^{b}	40,41±1,95^{b}	0,197	0,000	0,778
∑ ω-3 YODYA	13,21±0,27^{a}	17,44±1,46^{b}	16,56±0,56^{b}	20,51±0,76^{c}	21,84±1,72^{c}	16,19±2,91^{b}	0,007	0,000	0,004

4.2.5. Balık Kas ve Karaciğerlerinde Nötral Yağ Sınıfları Kompozisyonu İçerikleri

Yapmış olduğumuz analizler sonucunda balık kas ve karaciğerlerinde belirlenen nötral yağ sınıfları değerleri Çizelge 4.15 ve 4.16'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.15. II. Deneme Sonucunda Balık Kaslarındaki Nötral Yağ Sınıfları Kompozisyonu İçerikleri (% alan toplam yağ içinde) (n=3, ortalama±standart hata. Her sütunda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir p<0,05)

	Nötral Yağ Sınıfları (% total yağ)				
GRUPLAR (L-karnitin/yağ)	**KE**	**TAG**	**SYA**	**K**	**DAG**
0/12,5	5,37±0,30^{a}	81,74±0,49^{a}	4,81±0,22^{c}	6,51±0,16^{a}	1,56±0,12^{c}
2/12,5	4,38±0,09^{ab}	74,70±0,19^{bc}	8,84±0,35^{a}	6,30±0,21^{a}	5,77±0,06^{b}
3/12,5	4,37±0,23^{ab}	74,36±0,56^{b}	9,43±0,17^{a}	5,44±0,17^{b}	5,40±0,32^{b}
0/20	5,33±0,03^{a}	74,96±0,23^{b}	6,87±0,23^{b}	6,55±0,25^{a}	6,39±0,15^{a}
2/20	4,72±0,41^{ab}	74,12±0,72^{bc}	4,31±0,00^{c}	4,53±0,09^{b}	1,76±0,03^{c}
3/20	3,87±0,72^{b}	73,40±0,27^{c}	4,41±0,13^{c}	4,85±0,13^{b}	1,86±0,05^{c}
İki Yönlü Varyans Analizi (p≤0,05)					
L-karnitin	0,020	0,000	0,001	0,000	0,128
Yağ	0,820	0,000	0,000	0,000	0,000
L-karnitin×Yağ	0,550	0,000	0,000	0,001	0,000

Balık kaslarında bütün nötral yağ sınıfları değerlerinin gruplar arasında farklılık gösterdiği saptanmıştır (p<0,05). TAG, SYA ve K değerlerine yem faktörlerinin her ikisi ve kombinasyonlarının etkisinin olduğu belirlenmiştir. DAG değerlerinde ise yem yağ seviyesinin farklılığı ortalamalar üzerinde etkili olurken L-karnitin ilâvesinin etkisi gözlemlenmemiştir. KE ve TAG değerleri L-karnitin artışına bağlı olarak gruplarda azalmış, SYA ise düşük seviyeli yağ gruplarında L-karnitin artışına paralel olarak artış gösterirken bu durum yüksek yağ içeren yem

grubunda tersi bir şekilde seyir izlemiştir. K değerleri her iki yağ grubunda L-karnitine bağlı olarak azalmıştır. DAG ise, düşük yağ seviyeli L-karnitin kontrol (0 g/kg yem) kombinasyonunda en düşük seviyede olurken, yüksek yağ seviyesi kontrol L-karnitin grubunda ise en yüksek değere ulaşmıştır.

Çizelge 4.16. II. Deneme Sonucunda Balık Karaciğerlerindeki Nötral Yağ Sınıfları Kompozisyonu İçerikleri (% alan toplam yağ içinde) (n=3, ortalama±standart hata. Her sütunda ortalamalarda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir p<0,05)

	Nötral Yağ Sınıfları (% total yağ)				
GRUPLAR (L-karnitin/yağ)	**KE**	**TAG**	**SYA**	**K**	**DAG**
0/12,5	7,61±0,11^{d}	85,80±0,39^{a}	0,50±0,04^{c}	6,08±0,32^{c}	0±0,00^{b}
2/12,5	9,25±0,34^{b}	83,45±0,38^{b}	0,72±0,09^{c}	6,58±0,04^{bc}	0±0,00^{b}
3/12,5	10,46±0,32^{d}	81,40±0,19^{c}	0,54±0,06^{c}	7,83±0,08^{a}	0±0,00^{b}
0/20	8,94±0,41^{bc}	78,11±0,26^{e}	4,88±0,40^{a}	7,01±0,26^{b}	0,71±0,14^{a}
2/20	8,30±0,05^{cd}	81,37±0,17^{c}	3,24±0,10^{b}	6,22±0,09^{c}	0,87±0,07^{a}
3/20	9,67±0,14^{ab}	79,50±0,14^{d}	3,08±0,19^{b}	6,58±0,06^{bc}	0,87±0,02^{a}
İki Yönlü Varyans Analizi (p≤0,05)					
L-karnitin	0,000	0,000	0,001	0,002	0,388
Yağ	0,532	0,000	0,000	0,140	0,000
L-karnitin×Yağ	0,002	0,000	0,000	0,000	0,388

Balık karaciğerlerinde ise, yem yağ faktörü KE ve K haricinde, L-karnitin faktörü ise DAG haricindeki tüm nötral yağ sınıfları üzerine etkili olmuşlardır. Ayrıca gruplar arasında her nötral yağ sınıfı için istatistiksel anlamda farklılık saptanmıştır (p<0,05). KE değerleri en düşük 0/12,5 (L-karnitin/yağ) grubunda olurken, en yüksek değer aynı yağ seviyesinin en yüksek L-karnitin uygulamasında belirlenmiştir. TAG değerleri düşük yağ seviyeli grupta L-karnitin seviyeleri arttıkça azalma gösterirken, yüksek yağ seviyesinde bu azalma sadece L-karnitin uygulamasının olduğu gruplar arasında gözlemlenmiş, kontrol grubunda ise TAG değeri L-karnitin ilâveli gruplara göre daha düşük seviyede kalmıştır. SYA değeri,

%12,5 yağ seviyesinde %1'in altında değerlerde olurken, yemdeki yağ seviyesinin artmasıyla bu oran %4,88 olmuş ve L-karnitin artışına bağlı olarak azalma belirlenmiştir. DAG değeri ise, düşük yağ seviyeli grupta tanımlanamazken, %20 yağ seviyesinde oldukça az miktarlarda belirlenmiştir.

Gaylord ve Gatlin (2000a) çizgili levreklerde yapmış oldukları çalışmada balıkların kas ve karaciğerlerindeki TAG, SYA ve polar lipid değerlerinin yemlerdeki L-karnitin tip ve seviyesi ile farklı yağ seviyelerinden etkilenmediğini belirtmişlerdir ve gruplar arasında farklılık gözlemlememişlerdir. Yine Gaylord ve Gatlin (2000b), çizgili levreklerin 4 farklı yağ ve iki farklı L-karnitin (biri kontrol olmak üzere; 0 g/kg yem) seviyesinin kombinasyonunu denedikleri çalışmalarında, TAG, SYA, KE ve polar lipid değerlerinin balık kaslarında yem faktörlerinin herhangi bir etkisinin olmadığını, karaciğerlerde ise KE değerlerinde yağ seviyesinin etkili olduğunu ve oran arttıkça KE değerinin azaldığını, ayrıca grupların birbirinden istatistiksel olarak farklı olduklarını belirtmişlerdir. SYA değerleri ise %15 ve 20 yağ gruplarında L-karnitin ilâvesinin artışıyla paralel olarak bir artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Diğer yağ gruplarında (%5 ve 10) bu durum ters bir şekilde seyir izlemiştir. Balık kaslarındaki TAG değerleri ise %20 yağ içeren yem gruplarında L-karnitin ilâvesiyle azalmıştır. Aynı durum balık karaciğerlerinde %15 yağ grubunda gözlemlenmiştir.

Chatzifotis ve ark., (1996), kırmızı mercanlarda lisin ve L-karnitin ilâveli yemlerle kurguladıkları çalışmada nötral yağ sınıfları değerlerinin yem faktörlerinden ve kombinasyonlarından etkilenmediğini belirtmişlerdir.

Araştırmamızda, özellikle balık karaciğerlerinde her iki yağ seviyesinde kullanılan 2 ve 3 g/kg yem L-karnitin ilâvesi olan grupların kendi aralarında L-karnitin miktarının artışına bağlı olarak TAG değerlerinde düşüş saptanmıştır. Balık kaslarında TAG değerleri ise, yağ seviyelerinde L-karnitin ilâvesinin olmadığı gruplarda en yüksek değerlerde olurken L-karnitin miktarının artışıyla bir azalma göstermiştir. Bu paralellik, yağların enerji depo formu olan TAG'lerin hem kaslarda hem de karaciğerlerde enerji amacıyla etkin olarak kullanılabildiğini göstermektedir.

Ayrıca balık kaslarında her iki yağ grubunda da L-karnitin ilâveleri arttıkça TAG değerindeki azalma açık olarak görülürken, bu etkinin hem düşük hem de yüksek yağlı yemlerde kendisini gösterdiği belirlenmiştir.

Gaylord ve Gatlin (2000b)'in çalışmasında ise, en yüksek yağ seviyesinde (%20) TAG değeri L-karnitin ilâvesiyle belirgin bir şekilde azalmıştır. Araştırmacılar bu durumun, lipolisisden kaynaklanmış olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Yukarıda belirtildiği gibi çalışmamızda her iki yağ seviyesinde de TAG değerinde azalma görülmesi sebebiyle lipolisisden dolayı herhangi bir azalmanın olmadığı açıktır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Deniz balıkları yetiştiriciliğinde ekonomik öneme sahip türlerden biri olan çipuranın, pazar alanının geniş ve bu alan içerisinde yüksek bir paya sahip olması sebebiyle, kültür koşullarına adapte edilmesinden günümüze kadar geçen süre içerisinde albenisini yitirmemiştir. Fakat son yıllarda deniz balığı yetiştiriciliğinde farklı türler pazara girmeye başlamış ve bu türlerin üretimlerinin arttırılmasına yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Sarıkuyruk, mercan, karagöz ve mırmır gibi yeni türler, alternatif türler olarak piyasada yer edinmeye çalışmaktadır. Bu nedenle, su ürünleri yetiştiriciliği alanında uğraş veren girişimciler, çipuranın yetiştiricilik koşullarını ve büyüme performansını daha verimli olabilecek düzeylere çıkarabilmek amacıyla bilimsel ve teknik anlamda yenilikleri denemekten kaçınmamaktadırlar.

Akdeniz'e kıyısı olan hemen her ülkede irili ufaklı balık çiftliklerinde yetiştiriciliği yapılmakta olan çipuranın, bütün yetiştiricilik modellerinde olduğu gibi göz önünde bulundurulması gereken önemli nokta, en düşük girdi ile en yüksek verimi elde edebilmektir. Özellikle, orta ve küçük ölçekli işletmelerin ayakta durabilmesi, büyük firmaların gelişimlerini yakalayabilmesi için, ekonomik anlamda minimum girdiyle çalışmalarını zorunlu kılmaktadır. Bu koşulu sağlamanın en önemli kurallarından biri; en büyük maliyet payına sahip yem giderlerinin azaltılması olacaktır. Bu amaçla, balığın yemden yararlanma düzeyinin yüksek ve hazırlanan yemlerin balığın isteğini tam anlamıyla karşılayacak karışımda ve ucuz maliyetli olması germektedir.

Türkiye ve Avrupa'daki büyük işletmelerin birçoğunda araştırma geliştirme faaliyetlerinin üzerinde ısrarla durduğu konu, balığın efektif şekilde beslenme ihtiyacının karşılanmasıdır. Bu sebeple, bu işletmelerin çoğunda, kendi ürettikleri yemleri kullandıkları ve bu yemlerin kompozisyonlarının maksimum verimi sağlayacak seviyelerde olmasına çalışılmaktadır. Balık yetiştiricilerine yem üreten fabrikalar ise, yine aynı konu üzerinde her geçen gün yeni uygulamalarla yem kalitesinin arttırılması için uğraş vermektedirler.

İyi bir yem ile beslenen balıkta beklenen, iyi bir büyüme performansı ile et kalitesinin tüketiciyi cezbedecek düzeyde olmasıdır. Ayrıca, balıklarda ω-3

doymamış yağ asitleri profillerinin insan sağlığında öneminin belirlenmesinden sonra, bu konu üzerinde dikkatle durulmuştur. Diğer besin türlerine göre daha dengeli ve insanların sağlığına faydalı olacak şekilde yağ asitleri içeriğine sahip olan deniz ürünlerinde ve özellikle balık yetiştiriciliğinde et kalitesinin de arttırılmasıyla beraber büyüme performansını daha iyi düzeylere çıkarabilmek amacıyla balığın yağlardan enerji amacıyla daha fazla yararlanmasını sağlamak ve proteini vücutlarında depo edebilmesi için farklı bilimsel araştırmalar yapılmaktadır. Araştırmamızda kurgulanan iki farklı denemede, balıktaki büyüme performanslarının yanı sıra vücut kimyasal kompozisyon içerikleri ve balıklardaki enerji kullanımının nasıl bir seyir izlediği açıklanmaya çalışılmıştır.

İlk denemede kullanılan 5 farklı l-karnitin seviyesinin balığın büyümesine etkisi olduğu belirlenmiş ve ağırlık olarak en iyi büyümenin 3 g/kg yem L-karnitin ilâveli grupta olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, balıkların YEO'nın seviyeleri yemlerdeki L-karnitin seviyelerine bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Aynı zamanda, istatistiksel olarak farklı olmamasına rağmen az oranlarda da olsa G3 ve G4'teki PEO'nın diğer gruplardan yüksek bulunmuştur. Balık kaslarındaki HP seviyeleri arasındaki farklılık göze çarpmazken, karaciğerde yağlanmanın balık büyümesini destekler nitelikte arttığı ve HP oranının son iki grupta daha iyi olduğu ve bu durumun yağların fazla olmasına rağmen, beklenen reaksiyonların gerçekleştiğinin bir kanıtı olduğunu söyleyebiliriz. Buna ek olarak, balık kaslarındaki yağ asidi metabolizmasındaki reaksiyonların karaciğere göre belirgin bir seyir izlediği saptanmıştır. Özellikle UZYA'nın L-karnitin ilâvesine bağlı olarak etkin bir şekilde kullanıldığı belirlenmiştir. Bu durum karaciğerde, kaslardaki gibi açık bir şekilde olmamasına rağmen, kas ve karaciğer arasındaki yağ oranı düzeylerinin de farklılığının göz önünde bulundurulması gerektiği düşünülmektedir. Nötral yağ sınıflarından TAG'lerin kas ve karaciğerlerde enerji amacıyla kullanılabildiği yapılan analizler ile daha açık bir şekilde ortaya konulmuştur.

İkinci denemede, amaçlanan farklı yağ seviyesindeki yem gruplarının L-karnitin ilâvesiyle balıklardaki büyüme parametreleri ve vücut kimyasal kompozisyon içeriklerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

Denemede elde edilen büyüme parametreleri verilerinin gruplar arasındaki farklılığın belirlenmesi konusunda açık bir farklılık göstermediği ortaya konmuştur. Bu verilere paralel olarak balık kas ve karaciğerlerinde besinsel kompozisyon içeriklerinde HP ve yağ kompozisyonlarında birbirine yakın sonuçlar bulunmuştur. Tüm vücut analizlerinde ise, çalışma başı ve sonunda alınan verilerin karşılaştırılması sonucunda, yine balık kas ve karaciğerlerindeki protein ve yağ kompozisyonlarındaki sonuçlara benzer şekilde önemli farklılıklar bulunmamıştır. Buna rağmen, balıklardaki tüm vücut içeriğinin, çalışma başındaki değerlere göre az da olsa her grupta arttığı belirlenmiş, bu sonuçların da balıklardaki % PDO'nın sergilediği sonuçları destekler nitelikte olduğu saptanmıştır. Balık kas ve karaciğerlerindeki UZYA'nın seviyeleri L-karnitin gruplarında arasında yada kontrol grubuna göre daha iyi kullanıldığını göstermiştir. Yine daha ayrıntılı sonuçları belirleyebilmek amacıyla yapılan nötral yağ asitleri analizlerinde ise, Kontrol gruplarına göre ve aynı zamanda L-karnitin gruplarının kendi aralarında TAG oranlarının farklılığı göze çarpmış ve L-karnitine bağlı olarak UZYA'nin metabolizmadaki reaksiyonlarının gerçekleştiği ortaya çıkmış ve yağ asitlerinin enerji amacıyla daha etkin şekilde kullanılabildiği ortaya konulmuştur.

L-karnitin ilâvesi ve farklı yağ seviyeleriyle kurgulanmış bu araştırmada elde edilen sonuçlara göre, genel değerlendirme ve öneriler şu şekilde sıralanabilir;

1. Her iki denemede elde ettiğimiz sonuçlar doğrultusunda, çalışma başında amaçlanan beklentilere bir ölçüde ulaşıldığı, bunun yanı sıra elde edilmesi beklenen ve aynı zamanda daha farklı ve detaylı sonuçları ortaya koyabilmek amacıyla farklı çalışmalar kurgulanarak (örneğin ikinci çalışma için daha fazla yağ seviyesinin kullanılmasıyla herhangi bir değişiklik gösterip göstermeyeceği) yeniden değerlendirilme yapılmasının daha verimli olabileceği düşünülmektedir.

2. Özellikle ilk çalışmadaki artan seviyelerdeki L-karnitin seviyelerinin, balıkların yem alımları üzerindeki pozitif etkisinin balık yetiştiriciliği sektörüne fayda getireceği düşünülmektedir.

3. Büyüme performansının balıkların semirtme dönemlerinde, bir başka deyişle yeme en fazla ihtiyaç duyduğu ve tüketimin en yoğun olduğu dönemde, iyi bir yem değerlendirme ile birlikte iyi bir büyümenin sağlandığı gerçeği göz önünde

bulundurularak, balıkların pazar aşamasına kadar olan dönemlerinde nasıl bir etkinin görülebileceği belirlenmeli ve L-karnitinin balık yetiştiriciliğinin her safhasındaki etkisi ortaya konulmalıdır. Özellikle balığın olgunluk döneminde üreme faaliyetlerinde, ortalama yumurta verimi, günlük yem alımı, yem etkinliğini belirlemede L-karnitin etkisinin ortaya konması oldukça önemlidir (Harpaz, 2005)

4. Bir diğer önemli nokta, L-karnitinin balık yetiştiriciliğinde çok farklı alanlardaki uygulamaları göz önünde bulundurularak, çipura yetiştiriciliğinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik farklılıklarının olduğu şartların (farklı tuzluluk, sıcaklık ve oksijen düzeylerinde, yoğun stok koşullarında, tatlı suya adaptasyon çalışmalarında v.b.) denenmesiyle L-karnitin etkilerinin bu koşullar altındaki etkilerinin ortaya çıkarılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

5. Farklı yağ seviyeleri ile kombine edilerek yapmış olduğumuz ikinci çalışmanın bir devamı ve yem sektörü ile yetiştiricilik sektörüne daha somut ve ekonomik katkılar getirileceği düşünülerek, farklı yağ kaynaklarının (soya, ayçiçeği, kanola v.b.) da L-karnitin ilâveleriyle desteklendiği yeni çalışmalar kurgulanmalı ve bu yem gruplarının ekonomik anlamda etkileri ortaya konulmalıdır. Zira yem gruplarının hazırlanmasında ekonomik ölçütlerinin değerlendirilmesi yönünde yapılan araştırmalar başlı başına farklı şekilde ve amaçta kurgulanması gerekmektedir.

6. Ülkemizde yoğun yetiştiriciliği yapılan çipuranın üretiminin her aşamasında, yeni ve faydalı bilimsel bilgilere ihtiyaç olduğu düşüncesiyle hareket edilerek, balığın üretim aşamasındaki verimi arttırabilmek ve semirtme dönemine kadar olan süreç içerisindeki L-karnitin etkilerinin de ortaya çıkarılmasının bu sektöre ve balığın üretimi konusunda cevap bekleyen konularının araştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Özellikle balığın olgunluk döneminde üreme faaliyetlerinde, ortalama yumurta verimi, günlük yem alımı, yem etkinliğini belirlemede L-karnitin etkisinin ortaya konması günümüzde halâ cevap bekleyen konular arasındadır (Harpaz, 2005).

KAYNAKLAR

AHMAD, S., 2001. L-carnitine in dialysis patients. Semin Dial. 14(3):209-217.

ANONYMOUS, 2002. What is L-carnitine? (http://www.healt-pages.com/lc/) 24.12.2003

ANONYMOUS, 2003a. What is L-carnitine? Agro Food Industry Hi-Tech, prepared by Dr. Oresta Piccolo ve Lonza Ltd., January-February, 2003). (http://www.teknoscienze.com/agro/ins_agro/top/sp_hglts/l_carnitine.pdf) 24.12.2003

ANONYMOUS, 2003b. Historical background of L-carnitine, Lonza Ltd. (http://www.carnipure.com/carnipure/en/what/historical.html) 24.12.2003

ANONYMOUS, 2003c. Technical Information of L-carnitine, Lonza Ltd. (http://www.carnipure.com/carnipure/en/what/historical.html) 24.12.2003

ANONYMOUS, 2003e. Biosynthesis of L-carnitine. http://www.med.unibs.it/~marchesi/carnitine.html 01.01.2004

ANONYMOUS, 2003d. Sources of L-carnitine. Agro Food Industry Hi-Tech, prepared by Dr. Oresta Piccolo ve Lonza Ltd., January-February, 2003). (http://www.teknoscienze.com/agro/ins_agro/top/sp_hglts/l_carnitine.pdf) 24.12.2003

ANONYMOUS, 2003f. L-carnitine deficiency. Agro Food Industry Hi-Tech, prepared by Dr. Oresta Piccolo ve Lonza Ltd., January-February, 2003). (http://www.teknoscienze.com/agro/ins_agro/top/sp_hglts/l_carnitine.pdf) 24.12.2003

ALLIOT, E., FEBVRE, A., METAILLER, R. and PASTOUREAUD, A., 1974. Besoins nutritifs du bar (*Dicentrarchus labrax*) Etude du taux de proteine et du taux delipid dans le regime. Actes de Colloque CNEXO 1, 215-228.

AOAC (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 15th edn. Association of Official Analytical Chemist, Inc., Arlington, VA, 1298 pp.

ARRIGONI-MARTELLI, E. and CASO, V., 2001. Carnitine protects mitocondria and removes toxic acyls from xenobiotics. Drugs Exp. Clin. Res., 27(1): 27-49.

BALLANTYNE, J., S., FLANNIGAN, D., and WHITE, T., B., 1989. Effects of temperature on the oxidation of fatty acids, acylcarnitines and ketone bodies by mitocondria isolated from the liver of the lake charr (*Salvelinus namaycush*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 46: 950-954.

BAUMGARTNER, M. and BLUM, L., 1997a. L-carnitine. Carnitine-chemistry, biological function and deficiencies, pp:1-8. Lonza Ltd. Muenchensteinerstrasse 38, CH-4002, Basel.

BAUMGARTNER, M. and BLUM, L., 1997b. L-carnitine. L-versus D- or D,L-carnitine. Occurrence, metabolism, biosynthesis, animal feeding studies, regulations, pp:1-7. Lonza Ltd. Muenchensteinerstrasse 38, CH-4002, Basel.

BAUMGARTNER, M. and BLUM, L., 1997c. Feedstuff. Typical L-carnitine contents in feedstuff. Feeds without animal meal: is adequate L-carnitine provision still safeguarded?, pp:1-5. Lonza Ltd. Muenchensteinerstrasse 38, CH-4002, Basel.

BAUMGARTNER, M. and BLUM, L., 1997d. Aquaculture. L-carnitine in aquaculture requirements and effects of an adequate supply., pp:1-3. Lonza Ltd. Muenchensteinerstrasse 38, CH-4002, Basel.

BAUMGARTNER, M. and ALONSO, E., 1998. Recommended L-carnitine dosages for animals., pp:1-8. Lonza Ltd. Muenchensteinerstrasse 38, CH-4002, Basel.

BAYSAL, A., 2002. Beslenme. Yenilenmiş 9. Baskı, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara.

BECKER, K., and FOCKEN, U., 1995. Effect of feed supplementation with L-carnitine on growth, metabolism and body composition of carp (*Cyprinus carpio*, L.). Aquaculture, 129: 341-343.

BECKER, K., FOCKEN, U., SCHMEKEL, K., and COLOSO, R. M., 1995. L-carnitine supplementation of feeds for black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). Proc. 4th Asian Fisheries Forum, Conf. Date: Oct. 16-20, 1995, p 96.

BECKER, K., SCHREIBER, S., ANGONI, C., and BLUM, R., 1999. Growth performance and feed utilization response of *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* hybrids to L-carnitine measured over a full fattening cycle under commercial conditions. Aquaculture 174: 313-322.

BEVRETTI, G., PERNA, S., SABBA, C., 1992. Superiority of L-propionylcarnitine vs L-carnitine in improving walking capacity in patients with peripheral vascular disease: an acute, intravenous, double-blind, cross-over study. Eur. Heart. J., 13(2)251-255.

BEVRETTI, G., DIEHM, C., LAMBERT, D., 1999. European multicenter study on propionyl-L-carnitine in intermittent claudication. J. Am. Coll. Cardiol., 34(5): 1618-1624.

BIEBER, L. L., 1998. Carnitine, Ann. Rev. Biochem., 57: 261-283.

BILINSKY, E., and JONAS, R.E. E., 1970. Effects of coenzyme A and carnitine on fatty acid oxidation by rainbow trout mitocondria. J. Fish. Res. Bd., Canada, 27: 857-864.

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

BORUM, P. R., 1983. Carnitine Ann. Rev. Nutr. 3: 233-259.

BOUJARD, T., GELINEAU, A., COVES, D., CORRAZE, G., DUTTO, G., GASSET, E., and KAUSHIK, S., 2004. Regulation of feed intake, growth, nutrient and energy utilisation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed high fat diets. Aqauculture 231: 529-545.

BRASS, E., P., 2000. Supplemental carnitine exercise. Am. J. Clin. Nutr., 72 (2Suppl): 618-623.

BREMER, J., 1983. Carnitine Metabolism and Functions. Physiological Reviews. 63(4): 1420-1480. Printed in USA.

BURTLE, G. J., and LIU, Q., 1994. Dietary carnitine and lysine affect channel catfish lipid and protein composition. Journal of the World Aquaculture Society. 25(2): 169-174.

CABALLERO, M. J., LOPEZ-CALERO, G., SOCORRO, J., ROO, F. J., IZQUERDO, M. S., and FERNANDEZ, A. J., 1999. Combined effect of

lipid level and fish meal quality on liver histology of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture, 179: 277-290.

CHATZIFOTIS, S., TAKEUCHI, T., and SEIKAI, T., 1995. The effect of dietary L-carnitine on growth performance and lipid composition in red sea bream fingerlings. Fish. Sci., 61(6): 1004-1008.

CHATZIFOTIS, S., TAKEUCHI, T., and SEIKAI, T., 1996. The effect of dietary carnitine supplementation on growth of red sea bream (*Pagrus major*) fingerlings at two levels of dietary lysine. Aquaculture 147: 135-248.

CHATZIFOTIS, S., TAKEUCHI, T., WATANABE, T., and SATOH, S., 1997. The effect of dietary carnitine on growth of rainbow trout fingerlings. Fish. Sci., 63(2): 321-322.

CHATZIFOTIS, S., TAKEUCHI, T., 1997. Effect of supplemental carnitine on body weight loss, proximate and lipid compositions and carnitine content of red sea bream (*Pagrus major*) during starvation. Aquaculture 158: 129-140.

CHOU, B. S., and SHIAU, S. Y., 1996. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oerochromis niloticus* × *Oerochromis aureus*. Aquaculture 143: 185-195

CHRISTIE, W.W., 1989. Gas Chromatography and Lipids: A Practical Guide. The Oily Press, Ayr, Scotland, 307 pp.

COMPANY, R., CALDUCH-GIVER, J.A., KAUSHISK, S., and PEREZ-SANCHEZ, J., 1999. Growth performance and adiposity in gilthead sea bream (S*parus aurata*): risks and benefits of high energy diets. Aquaculture 171: 279-292.

COSTELL, M., O'CONNOR, J.E., GRISOLIA, S., 1989. Age-dependent decrease of L-carnitine content in muscle of mice and humans. Biochem. Biophys. Res. Commun., 161(3): 1135-1143.

CRAIG, S. R., and GATLIN, D. M. III, 1997. Growth and body composition of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed diets containing lecithin and supplemental choline. Aquaculture 151: 259-267.

DIAS, J., ALVAREZ, M.J., DIEZ, A., ARZEL, J., CORRAZE, G., BAUTISTA, J.M. and KAUSHIK, S.J., 1998. Regulation of hepatic lipogenesis by

dietary protein/energy in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture 161: 169-186.

DIAS, J., ARZEL, J., CORRAZE, G., and KAUSHIK, J., 2001. Effects of dietary L-carnitine supplementation on growth and lipid metabolism in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture Research, 32 (Suppl. 1): 206-215.

DİE, 2002. Su Ürünleri İstatistikleri

DUNCAN, D. B., (1955). Multiple range and multiple F tests. Biometrics, 11, 1–42.

FAMULARO, G., and DE SIMONE, C., 1995. A new era for carnitine? Immunology Today, Vol 16, No 5: 211-213.

FAMULARO, G., MORETTI, S., MARCELLINI, S., 1997. Acetyl-L-carnitine deficiency in AIDS patients with neurotoxicity on treatment with antiretroviral nucleside analogues. AIDS, 11(2): 185-190.

FERRARI, R., DiMURO, S. and SHERWOOD, G., 1992. L-carnitine and it's role in medicine: From function to therapy, pp:433. Academic Press, London, San Diego.

FOCKEN, U., BECKER, K., and LAWRENCE, P., 1997. A note on the effects of L-carnitine on the energy metabolism of individually reared carp, *Cyprinus carpio* L. Aquaculture Nutrition, Vol. 3 (4) p. 261-264.

FOLCH, J., LEES, M., SLOANE-STANLEY, G.H., 1957. A simple method for the isolation and purification of the total lipid from animal tissue. J. Biol. Chem. 226: 497– 509.

FOUNTOULAKI, E., ALEXIS, M.N., NENGAS, I., and VENOU, B., 2003. Effects of dietary arachidonic acid (20:4ω-6), on growth, body composition, and tissue fatty acid profile of gilthead bream fingerlings (*Sparus aurata* L.). Aquaculture, 225: 309-323.

FOUNTOULAKI, E., **ALEXIS, M.N., NENGAS I., and VENOU, B., 2005**. Effect of diet composition on nutrient digestibility and digestive enzyme levels of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) Aquaculture Research, in press.

GARZYA, G., CORALLO, D., FIORE, A., 1990. Evaluation of the effects of L-acetylcarnitine on senile patients suffering form depression. Drugs Exp. Clin. Res., 16: 101-106.

GAWLICKA, A., HEROLD, M. A., BARROWS, F. T., DE LA NOUE, J., and HUNG, S. S. O., 2002. Effects of dietary lipids on growth, fatty acid composition, intestinal absorption and hepatic storage in white sturgeon (*Acipenser transmontanus* R.) larvae. J. Appl. Ichthyol. 18: 673-681.

GAYLORD, T. G., and GATLIN, D. M., III., 2000a. Effects of dietary carnitine and lipid on growth and body composition of hybrid striped bass (*Morone chrysops* ♀ X *Morone saxatilis* ♂). Fish Physiology and Biochemistry, 22: 297-302.

GAYLORD, T. G., and GATLIN, D. M., III., 2000b. Dietary lipid level but not L-carnitine affects growth performance of hybrid striped bass (*Morone chrysops* ♀ X *Morone saxatilis* ♂). Aquaculture 190: 237-246.

HAGEN, T. M., LIU, J., LYKKESFELDT, J., 2002. Feeding acetyl-L-carnitine and lipoic acid to old rats significiantly improves metabolic function while decreasing oxidative stress. Proc. Natl. Acad. Sci. 99(4):1870-1875.

HARPAZ, S., BECKER, K., and BLUM, R., 1999. The effect of dietary L-carnitine supplementation on cold tolerance and growth of the ornamental chiclid fish *Pelvicachromis pulcher* – preliminary results. Journal of Thermal Biology 24: 57-62.

HARPAZ, S., 2005. L-carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition- a review. Aquaculture, in press.

HEMRE, G. I., and SANDNES, K., 1999. Effect of dietary lipid level on muscle composition in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aqauculture Nutrition, 5: 9-16.

HENDLER, S. S., RORVIK, D. R., 2001. PDR for Nutritional supplements. montvale: Medical Economics Company, Inc.

HOPPEL, C., 1992. L-carnitine and it's role in medicine: From function to therapy. (Ferrari, R., DiMauro, S. and Sherwood, G., editor), pp:5-19. Academic Pres, London, San Diego.

HUANG, C., H., SHYONG, W. J., and LIN, W. Y., 2001. Dietary lipid supplementation affects the body fatty acid composition but not the growth of juvenile river chub, *Zacco barbata* (Regan). Aquaculture Research, 32: 1005-1010.

JAYAPRAKAS, V., SAMBHU, C., 1995. Growth responses of white prawn (*Penaeus indicus*) to dietary L-carnitine. Proc. 4th Asian Fisheries Forum, Conf date: Oct. 16-20, 1995, p 104.

JAYAPRAKAS, V., SAMBHU, C., and KUMA, S. S., 1996. Effect of dietary L-carnitine on growth and reproductive performance of male *Oreochromis mossambicus* (Peters). Fishery Technology Vol. 33 (2) pp: 84-90.

JEULIN, C., LEWIN, L. M., 1996. Role of L-carnitine and acetyl-L-carnitine in post-gonadal maturation of mammalian spermatozoa. Hum. Reprod. Update. 2(2): 87-102.

JI, H., **BRADLEY, T. M., and TREMBLAY, G. C., 1996.** Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed L-carnitine exhibit altered intermediary metabolism and reduced tissue lipid, but no change in growth rate. J. Nutr. 126: 1937-1950.

KELLY, G. S., 1998. L-carnitine: Therapeutic applications of a conditionally essential amino acid. Altern. Med. Rev., 3(5):345-360.

KESHAANATH, P., RENUKA, P., 1998. Effect of dietary L-carnitine supplements on growth and body composition of fingerling rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). Auqaculture Nutrition, 4: 83-87.

KIM, L. O., and LEE, S. M., 2005. Effects of the dietary protein and lipid levels on growth and body composition of bagrid catfish, *Pseudobagrus fulvidraco*. Aquaculture 243: 323-329.

KOK, LEONG W., 1983. Studies on intensive snakehead (Channa sp.) culture with special reference to their nutrition. PhD Thesis, Stirling University (No. D47327/83).

LANARI D., POLI B.M., BALLESTRAZI R., LUPI, P., D'AGARO, E. and MECATTI, M., 1999. The effect of dietary fat and NFE levels on growing European sea bass. Growth rate, bodies and fillet composition, carcass traits and nutrient retention efficiencies. Aquaculture 179 : 351-364.

LIN, Y. H., and SHIAU, S. Y., 2003. Dietary lipid requirement of grouper, *Epinephelus malabaricus*, and effects on immune responses. Aquaculture, 225: 243-250.

LIU, J., HEAD, E., GHARIB, A. M., 2002. Memory loss in old rats is associated with brain mitochondrial decay and RNA/DNA oxidation: Partial reversal by feeding acetyl-L-carnitine and/or R-alpha-lipoic acid. Proc. Natl. Acad. Sci. 99(4): 2356-2361.

LONZA, 1997. Thecnical Knowledge. Recommendations (unpubl). Lonza Ltd, Muenchensteinerstrasse 38, CH-4002, Basel, 7 pp.

LOPASCHUK, G., 2002. Regulation of carbohydrate metabolism in ischemia and perfusion. Am. Heart J., 139(2-3): 115-119.

LOWITT, S., MALONE, J. I., SALEM, A. F., 1995. Acetyl-L-carnitine corrects the altered peripheral nevre function of experimental diabets. Metabolism, 44: 677-680.

MALONE, J. I., SCHOCKEN, D. D., MORRISON, A. D., and GILBERT-BARNESS, E., 1999. Diabetic cardiomyopathy and carnitine deficiencies. J. Diabetes Complications, 13(2):86-90.

MARTI-PALANCA, H., MARTINEZ BARBERA J.P., PENDON C., VALDIVIA M.M., PEREZ-SANCHEZ J., H. and KAUSHIK S.J., 1996. Growth hormone as a function of age and dietary protein: Energy ratio in a marine teleost, the gilthead seabream. Growth Regulation 6: 253-259.

MATTISSEK, R., SCHNEGEL, F.M., and STEINER, G., 1988. Lbensmittel-Analytick. Springer Velag Berlin, 440 pp.

METAILLER, R., ALDRIN, J.F., MESSAGER, J.L., MEVEL, G. and STEPHAN, G., 1981. Feeding of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) role of protein level and energy source. Journal World Mariculture Society. 12: 117-118.

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

MURAT, J. C., SERFATY, A., 1974. A simple enzymatic determination of polysaccharide (glycogen) content of animal tissues. Clin. Chem. 20, 1576–1577.

NANTON, D. A., LALL, S. P., and McNIVEN, M. A., 2001. Effects of dietary lipid level on liver and muscle lipid deposition in juvenile haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. Aquaculture Research, 32 (Suppl. 1): 225-234.

NRC (National Research Council), 1993. Nutrient requirement of fish. Committee on Animal Nutrition Board on Aquaculture, National Academy Press, Washington, D.C., USA, p 114.

OVERTURF, K., RABOY, V., CHENG, Z.J., and HARDY, R.W., 2003. Mineral availability from barley low phytic acid grains in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. Aquaculture, 9: 239-246.

OZORIO, R. O. A., BOOMS, G. H. R., HUISMAN, E. A., and VERRETH, J. A. J., 2002. Changes in amino acid composition in the tissues of African catfish (*Clarias gariepinus*) as a consequence of dietary L-carnitine supplements. J. Appl. Ichthyol. 18: 140-147.

PEI, Z., XIE, S., LEI, W., ZHU, X., and YANG, Y., 2004. Comparative study on the effect of dietary lipid level on growth and feed utilization for gibel carp (*Carassius auratus*) and Chinese long snout catfish (*Leiocassis longirostris* Günther). Aqauculture Nutrition, 10: 209-216.

PEKCAN, G., 2002. Hastanın beslenme durumunun saptanması. Diyet el kitabı (Ed. Baysal A. ve ark.). Yenilenmiş dördüncü baskı, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara; 65-116.

PERES H. and OLIVA TELES A., 1999. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture 179; 325-334.

PEREZ, L., GONZALEZ, I.I., JOVER, M. and FERNANDEZ – CARMONA, J., 1997. Growth of European sea bass fingerlings (*Dicentrarchus labrax*) fed extruded diets containing varying levels of protein, lipid and carbohydrate. Aquaculture 156: 183-193.

PETTEGREW, J. W., KLUNK, W. E., PANCHALINGHAM, K., KANFER J. N., and McCLURE, R. J., 1995. Clinical and neurochemical effects of acetyl-L-carnitine in Alzheimer's disease. Neurobiol. Aging, 16 (1): 1-4.

REBOUCHE, C. J., 1999. Carnitine. In: Shils M.E., Olson J.A., Shike M., Ross A.C., eds. Nutrition in Health and Disease. 9th ed. Baltimore: Williams and Wilkins. pp: 505-512.

RODEHUTSCORD, M., 1995. Effects of supplemental dietary l-carnitine on growth and body composition of rainbow trout (*Oncoryhyncus mykiss*) fed high-hat diets. J. Anim Physiol. Anim. Nutr., 73: 276-279.

SANTINHA, P.J. M., GOMES, E.F.S. and COIMBRA, J.O., 1996. Effects of protein level of the diet on digestability and growth of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). Aquacult. Nutr. 2, 81-87.

SANTINHA, P.J.M., MEDALE, F., CORAZZE, G., and GOMES, E.F.S., 1999. Effects of the dietary protein:lipid ratio on growth and nutrient utilization in gilthead seabream *Sparus aurata* L,. Aquaculture Nutrition 5: 147-156.

SANTULLI, A., and D'AMELIO, V., 1985. Preliminary data on free carnitine levels in fish tissues (skeletal muscle, heart and plasma). Rev. Int. Oceanogr. Med. 77-78, 42-58.

SANTULLI, A., and D'AMELIO, V., 1986a. The effects of carnitine on the growth of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fry. J. Fish Biol., 28,81-86.

SANTULLI, A., and D'AMELIO, V., 1986b. Effects of supplemental dietary carnitine on the growth and lipid metabolism of hatchery-reared sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture, 59: 177-186.

SANTULLI, A., MODICA, A., CURATOLO, A., and D'AMELIO, V., 1988. Carnitine administration to sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during feeding on fat diet: modification of plasma lipid levels and lipoprotein pattern. Aquaculture, 68: 345-351.

SCARPINI, E., SACILOTTO, G., BARON, P., CUSINI, M., SCARLATO, G., 1997. Effect of acetyl-L-carnitine in the treatment of painful peripheral neuropathies in HIV^+ patients. J. Peripher Nerv. Syst., 2(3): 250-252

SCHLECHTRIEM, C., BRESLER, V., FISHELSON, L., ROSENFELD, M., and BECKER, K., 2004. Protective effects of dietary L-carnitine on tilapia hybrids (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*) reared under intensive pond-culture conditions. Aquaculture Nutrition, 10: 55-63.

SCHREIBER, S., BECKER, K., BRESLER, V., and FISHELSON, L. E., 1997. Dietary L-carnitine protects the gills and skin of guppies (*Poecilia reticulata*) against anionic xenobiotics. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 117C, No. 1, pp. 99-102.

SKALLI, A., HIDALGO, M.C., ABELLAN, E., ARIZCUN, M., and CARDENETE, G., 2004. Effects of the dietary protein/lipid ratio on growth and nutrient utilization in common dentex (*Dentex dentex* L.) at different growth stages. Aquaculture, 235: 1-11

SPAGNOLI, A., LUCCA, U., MENASCE, G., 1991. Long-term acetyl-L-carnitine treatment in Alzheimer's Disease. Neurology, 41(11): 1726-1732.

TAKEUCHI, T. and WATANABE. T., 1976. Nutritive value of ω-3 highly unsaturated fatty acids in pollack liver oil for rainbow trout. Nippon Suisan Gakkaishi, 42: 907-909.

TAKEUCHI, T. and WATANABE. T., 1977. Effects of ecosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in pollack liver oil on growth and fatty acid composition of rainbow trout. Nippon Suisan Gakkaishi, 44: 677-681.

TORREELE, E., SLUISZEN, A. V. D., and VERRETH, J., 1993. The effect of dietary l-carnitine on the growth performance in fingerlings of the African catfish (*Clarias gariepinus*) in relation to dietary lipid. Brit. J. Of Nutr., 69: 289-299.

TREMBLAY, G. C., and BRADLEY, T. M., 1992. L-carnitine protects fish against acute ammonia toxicity. Comp. Biochem. Physiol., Vol. 101C, No.2, pp: 349-351.

TRUPP, R. J., ABRAHAM, W. T., 2002. Congestive heart failure. In: Rakel R. E., Bope, E. T., eds, Rakel: Conn's Current Therapy 2002., 54th ed. New York, W. B. Saunders Company, pp: 306-313.

TWIBELL, R. G., and BROWN, P. B., 2000. Effects of dietary carnitine on growth rates and body composition of hybrid striped bass (*Morone chrysops* ♀ X *Morone saxatilis* ♂). Aquaculture 187: 153-161.

VERGARA, J, M, ROBAINA, L., IZQUIERDO, M. and DE LA HIGUERA, M., 1996. Protein sparing effect of lipids in diets for fingerlings of gilthead sea bream, Fish Sci, 62, 624-628

VERGARA, J. M., LOPEZ-CALERO, G., ROBAINA, L., CABALLERO, M. J., MONTERO, D., IZQUIERDO, M., and AKSNES, A., 1999. Growth, feed utilization and body lipid content of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed increasing lipid levels and fish meals of different quality. Aquaculture, 179: 35-44.

VESELA, E., RACEK, J., TREFIL, L., JANKOVYCH, V., POJER, M., 2001. Effect of l-carnitine supplementation in hemodialysis patients. Nephron. 88(3): 218-223.

VITALI, G., PARENTE, R., MELOTTI, C., 1995. Carnitine supplementation in human idiopathic asthenospermia: Clinical results. Drugs Exp. Clin. Res., 21(4): 157-159.

WALTER, J. H., 1996. L-carnitine. Archives of disease in childhood 74: 475-478.

WATANABE, T., 1982. Lipid nutrition in fish. Comp. Biochem. Physiol., 73, 3-15.

WATCHER, S., VOGT, M., KREIS, R., 2002. Long-term administration of l-carnitine to humans: Effect on skeletal muscle carnitine content and physical performance. Clin. Chim. Acta., 318(1-2): 51-61.

WIELAND, O. H., DEUFEL, T., and PAETZKE-BRUNNER, I., 1985. Free and esterified carnitine: colorimetric method. In: Methods of Enzymatic Analysis, Vol. VIII, 3rd edition, (ed. by H. U. Bergmeyer), Verlag Chemie, Deerfield Beach, FL, pp 481-488.

WILLIAMS, K. C., BARLOW, C. G., RODGERS, L., HOCKINGS, I., AGCOPRA, C., and RUSCOE, I., 2003. Asian sea bass (*Lates calcarifer*) perform well when fed pelleted diets high in protein and lipid. Aquaculture, 225: 191-206.

ÖZGEÇMİŞ

Bandırma'da 1972 yılında doğdu. İlk öğrenimini İzmir Alaybey İlkokulu'nda, orta öğrenimini Kayseri'de 50. Yıl Dedeman Ortaokulu'nda ve lise öğrenimini Kayseri Lisesi'nde tamamladı. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde 1991 yılında başlayan lisans eğitimini 1995 yılında tamamladı. 1996 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı, 1997 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü kadrosuyla Su Ürünleri Ana Bilim Dalı'nda açılmış olan araştırma görevlisi sınavını kazanarak göreve atandı. 1999 yılında "*Farklı Stoklama Yoğunluklarının Levreklerin (Dicentrarchus labrax) Gelişme Performansları Üzerine Etkileri"* isimli yüksek lisans tezini tamamlayarak aynı Ana Bilim Dalı'nda doktora araştırmalarına başladı. 2002 yılında Milli Eğitim Bakanlığı'na Yabancı Hükümetler tarafından sunulan burslar için açılan sınavı kazanarak, Norveç Araştırma Konseyi desteğiyle Austevoll, Bergen Deniz Araştırmaları Enstitüsü'nde "Atlantik Cod (morina) Balığının Endüstriyel Üretimi" başlıklı proje kapsamında iki ayrı araştırmada araştırmacı olarak 5 ay süreyle görev aldı. 2003 yılında Yunanistan Hükümeti IKY Burs Komisyonu'nca verilen 1 yıllık araştırma bursunu almaya hak kazandı. Doktora tez projesinin ikinci bölümünü, Deniz Araştırmaları Helenik Merkezi, Agios Kosmas, Atina'da tamamladı. Bugüne kadar iki ulusal, bir yurtdışı konferansa katıldı. Yayınlanmış 4 ulusal, 3 uluslararası bilimsel eseri bulunmaktadır. Halen Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Ana Bilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmektedir.