

AÇLIK PERİYOTLARININ YEŞİL KAPLAN KARİDESİ (*Penaeus semisulcatus*)'NDE TOPLAM LİPİT VE YAĞ ASİTLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ*

*Effects of starvation periods on total lipid and fatty acid composition of green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*)*

Derya ÇİÇEK

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

Metin KUMLU

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada, kısa (1 hafta) ve uzun (3 hafta) açlık dönemlerinin ve açlık sonrasında yeniden beslemenin yeşil kaplan karidesi (*Penaeus semisulcatus*)'nde (9.27±1.52 g) kas toplam lipit ve yağ asitleri (YA) üzerine etkileri incelenmiştir. Kısa ve uzun süre aç bırakılan karideslerde, kontrol grubuna göre, kas dokuda %17.24 ve %40.38 lipit kaybı gerçekleşmiştir (P<0.05). Genel olarak bulgularımız karideslerin kısa süreli açlıkta doymamış (SFA) ve tekli doymamış (MUFA) YA'lerinin seviyelerini kas dokularında koruduğunu, çoklu doymamış YA (PUFA'lar)'nin seviyelerini ise yükselttiğini göstermiştir (P<0.05). Uzun süreli açlıkta; MUFA'lar hariç, kas dokuda SFA, PUFA ve n-3 YA'leri seviyesinde önemli artışlar görülmüştür (P<0.05). Yeniden besleme kas dokuda MUFA, PUFA, n-3 ve n-6 YA seviyelerinde ciddi oranda düşmelere neden olmuştur. Bu sonuçlar, *P. semisulcatus*'un açlık dönemlerinde lipitleri ve bazı yağ asitlerini etkin bir şekilde katabolize ederek enerji amaçlı kullanabildiklerini, ancak açlığa rağmen membran yapılarında önemli roller oynayan PUFA ve HUFA'ları dokularında muhafaza ederek hatta yükselterek koruduklarını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Penaeus semisulcatus*, Açlık, Yeniden Besleme, Lipit, Yağ Asitleri

ABSTRACT

In this study, the effects of short (1 week) and long (3 weeks) starvation periods and re-feeding on muscle total lipid and fatty acids (FA) of the green tiger shrimp *Penaeus semisulcatus* (9.27±1.52 g) were investigated for 6 weeks. Short and long starvations resulted in 17.24% and 40.38% losses in the shrimp muscle total lipid content compared to that of the control group (P<0.05). Our results have demonstrated that, in general, while saturated (SFA) and mono-unsaturated (MUFA) FA's were conserved in the muscle tissue, polyunsaturated (PUFA) FA's were elevated during the short starvation period (P<0.05). Except MUFA's, generally the levels of SFA, PUFA and n-3 FA's were found to increase during the long starvation period (P<0.05). The muscle MUFA, PUFA, n-3 and n-6 FA's showed some sharp declines during the re-feeding period. The current results demonstrate that lipids and some FA's are effectively catabolised as energy source during starvation in *P. semisulcatus* and that, despite hunger, the PUFA's and HUFA's, which play important roles in the structure of membranes, appear to be selectively retained or even elevated in the muscle tissue of this species.

Key Words: *Penaeus semisulcatus*, Starvation, Re-feeding, Lipid, Fatty Acids

*Yüksek Lisans Tezi-MSc. Thesis

GİRİŞ

İnsan tüketimi amacıyla üretimleri yaygın olarak yapılan karideslerin beslenmesinde kullanılan yemlerin maliyetinin azaltılması ve yetiştiricilik performanslarının artırılmasında uygulanacak enerji kaynağı tercihlerini anlama konusundaki bilgi gerekliliği giderek daha da önem kazanmaya başlamıştır. Doğada, genel olarak, krustaseler yılın belirli dönemlerinde besin bulamayıp açlığa maruz kalabildikleri gibi, doğal gelişim süreçlerinde kabuk değişimi esnasında da beslenememektedirler. Canlıların açlığı esnasında meydana gelen morfolojik, fizyolojik ve davranışsal değişimlerin incelenip anlaşılması ve beslemenin optimize edilmesinde açlıkla ilgili çalışmalar önemli ipuçları verebilmektedir (Sanchez-Paz ve ark., 2006).

Açlık periyotları geçiren hayvanlar enerji kaynaklarının depolanması ve kullanımı ile ilgili ilginç adaptasyonlar gösterirler. Krustaseler büyümeleri esnasında açlık döngüleriyle karşılaştıkları için yapay olarak uygulanan açlık neticesinde alınan veriler krustaselerin bu uygulamalara biyokimyasal ve fizyolojik olarak geliştirdikleri adaptasyon mekanizmalarının ve metabolik rotalarının anlaşılmasına yardımcı olurlar (Barclay ve ark., 1983). Bu bilgiler de krustaselerin yetiştiricilik parametrelerinin iyileştirilmesinde kullanılabilirler. Krustaselerin ve özellikle de bunların içinde en ekonomik grup olan penaeid karideslerin besinsel gereksinimlerinin daha iyi belirlenebilmesine ihtiyaç vardır ve bunun için daha fazla araştırma yapılması gerekliliği ortadadır (Rodriguez ve ark., 1994; Icely ve Nott, 1992).

Açlık esnasında krustaselerin protein ve lipit gereksinimleri ile ilgili bilgiler oldukça çelişkilidir. Örneğin; Wen ve ark. (2007) kerevitlerden *Procambarus clarkii* ile yaptıkları bir açlık denemesinde, denemenin 30. gününden itibaren proteinin, ardından 50. gününden sonra da yağ içeriğinin önemli ölçüde düştüğünü, ancak yağ asitlerinde önemli bir değişim olmadığını bildirmişlerdir. Her ne kadar krustaselerde açlık esnasında katabolize edilen temel besinin protein olduğu genel bir kabul görüyor olsa da, son zamanlarda Ritar ve ark. (2003), dikenli istakoz (*J. edwardsii*) larvalarında açlık periyodu boyunca lipitlerin proteinlere kıyasla sürekli ve daha fazla oranda tüketildiğini ve tüm yağ asitlerinin açlık esnasında enerji kaynağı olarak harekete geçirildiğini saptamışlardır.

İndo-Pasifik bir tür olan yeşil kaplan karidesi (*Penaeus semisulcatus*) ülkemizin kuzeydoğu Akdeniz bölgesinde yaygın olarak bulunan ve ticari değeri çok yüksek olan bir karides türüdür. 1990'lı yılların ortalarından beri, Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi'ne ait araştırma tesislerinde, bu karides türünün yetiştiricilik potansiyelinin belirlenmesi ve ülkemiz koşullarına uygun üretim modellerinin geliştirilmesi ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır (Kumlu ve Lök, 2007). Ancak, deniz karideslerinde açlığın farklı dokulardaki (hepatopankreas, kas vb.) lipit rezervleri ve özellikle de yağ asitleri üzerindeki etkilerini inceleyen sınırlı sayıda çalışma mevcuttur.

Büyümesini sürdürmekte olan su ürünleri yetiştiricilik sektöründe üretilecek ürününün besin kalitesi değiştirilmeden daha ekonomik yetiştiricilik yapılabilmesine olanak verecek çalışmalara gereksinim duyulmaktadır. Ayrıca, ülkemiz gibi yarı-

tropik ülkelerde kış aylarında karşılaşılan ölümcül düşük su sıcaklıklarından (<12C°) karideslerin korunabilmesi için uygulanan kışlatma teknikleri esnasında aç kalan veya çok düşük oranlarda yem almak zorunda kalan karideslerde kas dokuda gerçekleşen besin kayıplarının ne oranda olduğunun bilinmesi de önemlidir. Açlık dönemlerinde lipit ve özellikle de esansiyel yağ asitlerinden EPA ve DHA'nın nasıl etkilendiğini belirlemek hem karideslerin beslenmesi hem de insan gıdası olarak bu besinlerdeki değişimlerin anlaşılması açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma; açlık dönemlerinin ve yeniden beslemenin karideslerde hem toplam lipit hem de özellikle yağ asitleri üzerine ne tür etkilerde bulunacağını ortaya koymayı hedeflemiş bir araştırma olup, sonuçları farklı açlık sürelerinin ve tekrar besleme rejimlerinin yeşil kaplan karidesi (*P. semisulcatus*)'nde toplam lipit ve yağ asidi değişimi ve/veya birikimi üzerine etkisinin anlaşılmasına katkı getirilebilme imkanı verecektir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak, Çukurova Üniversitesi, Su ürünleri Fakültesi'ne ait olan Yumurtalık Deniz Ürünleri Araştırma İstasyonu'ndaki kuluçkahanede, *Penaeus semisulcatus* anaçlarının yumurtlatılmasıyla elde edilen juvenil karidesler kullanılmış ve deneme aynı istasyonda yürütülmüştür. Karidesler 2.0x1.0x0.6 m boyutlarında 2 adet dikdörtgen fiberglas tank içerisinde 2 haftalık bir alıştırmaya periyodunda tutulduktan sonra deneme başlatılmıştır. Denemede kullanılan juvenil karidesler (9.27±1.52 g) 14'er adet, tesadüfi olarak 50x80x50 cm boyutlarında plastik deneme tanklarına her grup için 3 tekerrürlü olarak stoklanmışlardır. Başlangıç ağırlıkları arasında önemli bir farklılık olmamasına dikkat edilerek (P>0.05) 3 farklı deneme grubu aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

1. Grup (Kontrol): Sürekli beslenen bireyler,
2. Grup (Aç 1, Kısa Açlık Periyodu): 3 hafta besleme sonrasında 1 hafta aç bırakılan ve ardından 2 hafta süreyle yeniden beslenen bireyler,
3. Grup (Aç 3, Uzun Açlık Periyodu): 3 hafta besleme ve ardından 3 hafta aç bırakılan bireyler.

Karideslerin yemlenmesi, bir önceki yemleme saatindeki yem tüketimine göre serbest yemleme (*ad libitum*) olarak günde 3 defa (08:00, 13:00, 18:00'de), Abalıoğlu Yem A.Ş. (İzmir)'nin ürettiği %45 protein ve %7 lipit içeren karides yemi ile yapılmıştır. Yem ve dışkı atıklarını tanktan uzaklaştırmak amacıyla her yemleme öncesi sifonlama yapılmış, sifonlama sonrasında günlük %50-80 arasında olacak şekilde su değişimi gerçekleştirilmiştir. Deneme planı ve deneme süresince yapılan örneklemelerin zamanlaması Çizelge 1'de verilmiştir.

Deneme tanklarına kum ve kartuş filtrelerden 1 µ'na kadar filtre edilmiş, %40 tuzlulukta deniz suyu verilmiş ve her bir deneme tankı bir havataşı yardımıyla sürekli olarak havalandırılmıştır. Karideslerin zıplayarak kaçışlarını engellemek için tankların üzeri ince gözlü ağ ile örtülmüştür. Deneme başladıktan sonra ölen karidesler, ilk hafta boyunca benzer ağırlıktaki yeni bireylerle değiştirilmiştir.

Deneme boyunca yapılan tüm tartım işlemlerinde 0.01 g hassasiyette bir elektronik terazi kullanılmıştır.

Çizelge 1. Deneme planı ve örnekleme zamanları.

Haftalar	1	2	3	4	5	6
Kontrol				*		*
Aç 1				*		*
Aç 3						*

* ile işaretli haftaların son günlerinde örnekleme yapılmıştır. Ok ile işaretli ve koyu renkle taralı alan besleme yapılan haftaları, renksiz alan ise aç bırakılan haftaları göstermektedir.

Deneme süresince tanklardaki su sıcaklığı birer ısıtıcı aracılığıyla 26°C civarında sabit tutulmuş ve her gün bir termometre aracılığıyla ölçülmüştür. Deneme tanklarındaki çözünmüş oksijen, pH ve tuzluluk ise haftalık olarak, sırasıyla, dijital bir oksijen-metre, pH-metre (WTW, Almanya) ve refraktometre ile ölçülmüştür.

Her örnekleme döneminde, her gruptan 3-4 adet karides örnek olarak alınmış, kabukları soyularak sadece et kısmı kalacak şekilde temizlenmiştir. Daha sonra kıyma makinesinde homojenize edilen örnekler derin dondurucuda (-20°C) saklanmış ve bir hafta içerisinde tüm örneklerin analizleri tamamlanmıştır. Lipit analizi; Bligh ve Dyer (1959)'ın bildirdikleri metoda göre, yağ asitleri analizi; Ichihara ve ark. (1996) metoduna göre yapılmış ve sonuçlar yüzde olarak ifade edilmiştir.

Deneme sonunda elde edilen veriler SPSS18 istatistik programının one-way ANOVA (tek yönlü varyans analizi) testi ile analiz edilmiş ve Tukey, Scheffe ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar 0.05 önem düzeyinde test edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Deneme süresince tanklardaki su sıcaklıkları ortalama 26.5°C, minimum ve maksimum O₂ değerleri 4.60 mg/L ve 5.40 mg/L arasında, ortalama tuzluluk değeri ise ‰39 olarak kaydedilmiştir. Bu veriler, deneme boyunca ölçülen bu su parametrelerinde önemli değişikliklerin olmadığını göstermiştir (P>0.05).

Açlık metabolik aktiviteyi etkiler ve bu zorunlu süreçteki giderler depolanan iç enerji rezervlerinden karşılanır ki; bu da bazen ağırlıkta kayıplar ile sonuçlanır (Comoglio ve ark., 2008). Açlık esnasındaki ağırlık kaybı ve yeniden beslemeyle ortaya çıkan ağırlık kazancıyla ilgili bilgiler çelişkili olup, Comoglio ve ark. (2008) yengeçlerden *Lithodes santolla*'da açlık esnasında bireysel ağırlıkta farklılık saptanmadığını bildirirken, Ritar ve ark. (2003), dikenli istakozlardan *Jasus*

edwardsii larvalarında açlıkla birlikte kuru ağırlıkta azalmalar meydana geldiğini bildirmektedir. *P. semisulcatus* ile yaptığımız açlık çalışmamızda, deneme sonu ortalama ağırlık değerleri tüm gruplarda 12.8 ile 13.5 g arasında değişmiş olup kısa süreli ve uzun süreli açlık uygulamalarının, kontrol grubuna ve birbirlerine oranla yaş ağırlıkta önemli bir farklılık yaratmadığı görülmüştür ($P>0.05$).

Lipit ve yağ asitleri içerikleri

Doğada kısa veya uzun süreli açlık periyotlarına ve değişken habitat koşullarına iyi adapte olmuş olan krustaseler tüketilebilecek yem olmadığında vücutlarının değişik bölgelerine depoladıkları lipit kaynaklarını katabolize ederek enerji gereksinimlerini karşılarlar (Wen ve ark., 2006). Bu rezerv kaynaklarının kullanım sırası türden türe, önceki yemleme rejimine, yem kompozisyonuna ve açlık süresine göre değişim göstermektedir (Vinagre ve ark., 2007; Holme ve ark., 2009). Barclay ve ark. (1983), *P. esculentus*'un kas dokusundaki protein ve lipitlerin 14 gün süren açlık süresince temel enerji kaynağı olarak kullanıldığını bildirmişlerdir. Yeşil kaplan karidesi (*P. semisulcatus*) ile yürüttüğümüz araştırmamızda; 1 hafta (kısa süreli) ve 3 hafta (uzun süreli) aç bırakılan gruplarda, sürekli olarak beslenen kontrol grubuna kıyasla kas dokuda sırasıyla %17 ve %40 civarında lipit kaybı gerçekleştiği bulunmuştur ($P<0.05$) (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı dönemlerde örneklenen karides gruplarında kas dokuda ölçülen lipit değerleri (% olarak).

	Haftalar						
	Başlangıç	1	2	3	4	5	6
Kontrol	0.85±0.07	-	-	1.03±0.05	1.45±0.09		1.56±0.11
Aç 1	0.85±0.07	-	-		1.20±0.05		1.34±0.07
Aç 3	0.85±0.07	-	-				0.93±0.09

Her değer bir ortalama ($n=3$) ± standart sapmadan oluşmaktadır. Koyu renkle taralı alan besleme yapılan haftaları, renksiz alan ise aç bırakılan haftaları göstermektedir.

Holme ve ark. (2009) yengeçlerden *S. serrata* larvalarının 4 gün süren açlık periyodu esnasında vücutlarına depoladıkları lipit kaynaklarını etkin bir şekilde kullandıklarını bildirmiştir. Bu araştırmacıların bulguları *S. serrata* larvalarının kısa dönem açlık esnasında yağ asitlerinin enerji deposu olarak önemli bir rol oynadığını ve daha uzun süreli açlık (>6 gün) durumunda ise lipitlerden ziyade diğer besin kaynaklarının enerji gereksiniminde kullanıldığını göstermiştir. *P. semisulcatus* ile yaptığımız çalışmamızda; uzun süreli açlık (3 hafta) neticesinde katabolize edilen lipit miktarının, kısa süreli (1 hafta) açlık grubuna göre %22.5 civarında daha fazla olduğu, dolayısıyla uzun süreli açlıkta karideslerin kas dokularında biriktirdikleri lipit kaynaklarını daha da fazla kullanmaya devam ettikleri

görülmüştür. Kısa süreli açlık periyodu sonrasında yeniden 2 hafta süreyle beslenen karideslerde kas dokudaki lipit değerleri %10 civarında yükselme göstermiş olup, bu artışın yine de kontrol grubuna göre yeterli ve önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Bu sonuçlar *P. semisulcatus* juvenillerinin kısa ve uzun süreli açlık periyotları esnasında lipitleri enerji kaynağı olarak etkin bir şekilde kullandığını ve açlık periyodunun 3 haftaya uzamasıyla lipit katabolizasyonunun azalmadığını göstermektedir.

Çizelge 3. Farklı dönemlerde örneklenen karides gruplarında kas dokuda ölçülen yağ asitleri değerleri (% olarak).

GRUPLAR	Kontrol (4. Hafta)	Kontrol (6. Hafta)	Aç 1 (4. Hafta)	Aç 1 (6. Hafta)	Aç 3 (6. Hafta)
Yağ asitleri					
16:0	20.6±0.2 ^a	22.2±0.6 ^a	22.0±1.2 ^a	21.0±0.2 ^a	21.2±2.5 ^a
16:1n-7	0.6±0.0 ^a	0.4±0.2 ^a	0.6±0.0 ^a	0.0±0.0 ^b	1.0±0.3 ^a
17:0	0.2±0.0 ^a	0.2±0.0 ^a	0.2±0.0	-	0.2±0.0 ^a
17:1	0.3±0.0 ^a	0.3±0.1 ^a	0.3±0.0	-	0.3±0.0 ^a
18:0	23.6±2.3 ^b	18.5±2.6 ^b	28.1±0.9 ^a	21.0±0.1 ^b	27.0±1.6 ^a
18:1n-9	20.7±0.8 ^a	19.3±0.8 ^a	21.5±0.9 ^a	18.1±1.1 ^b	19.6±0.8 ^a
18:1n-7	3.9±0.1 ^a	3.0±1.2 ^a	3.1±0.8 ^a	0.0±0.0 ^b	0.0±0.0 ^b
18:2n-6	4.9±1.5 ^a	5.7±1.2 ^a	7.2±0.3 ^a	4.5±0.9 ^b	6.1±1.0 ^a
18:3n-6	0.1±0.0 ^a	0.2±0.0	0.1±0.0	-	-
20:0	1.7±0.7 ^a	1.8±0.5 ^a	1.6±0.2 ^a	1.7±0.4 ^a	1.3±0.2 ^a
20:1n-11	1.5±0.4 ^a	1.5±0.4 ^a	1.6±0.1 ^a	1.2±0.3 ^a	1.4±0.3 ^a
20:2n-6	0.8±0.1 ^b	0.9±0.1 ^b	1.5±0.4 ^a	0.5±0.2 ^b	2.0±0.2 ^a
20:3n-6	0.1±0.0 ^a	0.2±0.0	0.1±0.0	-	-
20:3n-3	0.7±0.1 ^b	1.0±0.0 ^b	1.8±0.3 ^a	0.0±0.0 ^b	2.2±0.2 ^a
20:5n-3	0.8±0.3 ^a	0.5±0.5 ^a	0.3±0.2 ^a	0.6±0.3 ^a	0.6±0.1 ^a
22:2n-6	1.9±1.2 ^a	2.0±1.1 ^a	1.5±0.6 ^b	3.5±0.5 ^a	2.4±1.2 ^a
22:6n-3	2.5±0.2 ^a	1.1±0.0 ^b	2.4±0.8	-	2.8±0.3 ^a
24:0	7.0±0.9 ^a	0.9±0.0 ^b	1.9±0.6 ^b	7.6±2.1 ^a	6.0±2.6 ^a
Σ SFA	52.9±3.0 ^a	43.6±3.2 ^b	53.8±1.6 ^a	51.2±2.3 ^a	55.5±8.6 ^a
Σ MUFA	27.0±0.5 ^a	24.8±1.7 ^a	27.1±0.2 ^a	19.3±1.0 ^b	22.8±0.8 ^a
Σ PUFA	11.9±0.7 ^b	11.5±2.1 ^b	15.1±1.7 ^a	9.1±0.5 ^b	16.1±0.9 ^a
Σ n-3	4.1±0.5 ^a	2.6±0.5 ^b	4.6±1.1 ^a	0.6±0.3 ^b	5.6±0.3 ^a
Σ n-6	7.8±0.3 ^b	8.9±2.0 ^a	10.5±0.9 ^a	8.5±0.6 ^b	10.5±0.8 ^a
n-3/n-6	0.5±0.0 ^a	0.3±0.1 ^b	0.4±0.1 ^a	0.1±0.0 ^b	0.5±0.1 ^a
TOPLAM Tanımlanabilen yağ asitleri	91.8	79.8	96.0	88.9	94.4
Tanımlanamayan yağ asitleri	8.2	20.2	4.0	11.1	5.6

Her değer bir ortalama ± standart sapmayı (n=3) göstermektedir. Her satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar birbirlerinden farklıdır (P<0.05). '-' Analizlerde belirlenememiş yağ asitlerini ifade etmektedir.

Karideslerin n-6 ve n-3 serisi PUFA'ları sentezleme ve bunları HUFA'lara [araşidonik (20:4n-6, ARA), eikosapentaenoik (20:5n-3, EPA) ve dokozahekzaenoik (22:6n-3, DHA) asitler] çevirme yetenekleri sınırlıdır, dolayısıyla bu esansiyel yağ asitlerinin yemlerle vücuda alınması gerekmektedir (Kanazawa ve Teshima, 1977). Yaptığımız çalışmada, genel olarak, *P. semisulcatus*'un kas dokusunda belirlediğimiz baskın yağ asitleri 16:0, 18:0, 18:1n-9, 18:1n-7, 18:2n-6, 24:0 ve 22:6n-3 olarak kaydedilmiştir (Çizelge 3). Perez-Velazquez ve ark. (2003) ise pasifik beyaz karidesi *L. vannamei*'nin kas dokusunda ağırlıklı olarak 16:0, 18:0, 18:1, 18:2n-6, 20:5n-3 ve 22:6n-3 yağ asitlerinin bulunduğunu bildirmiştir. Bu araştırmacılar toplam yağ asitleri içerisinde özellikle toplam çok doymamış (PUFA) ve toplam yüksek doymamış (HUFA)'ların %50'den fazla bulunduğunu, ikinci sırada toplam doymuş (SFA) ve üçüncü sırada ise toplam tek doymamış (MUFA)'ların yer aldığını belirlemişlerdir. Oysa yeşil kaplan karidesi ile yaptığımız çalışmada; kas dokusunda, miktar olarak ilk sırada toplam SFA'lar (>%50), ikinci sırada toplam MUFA'lar ve üçüncü sırada ise toplam PUFA'lar yer almıştır (Çizelge 3). Bu farklılıklar türlere özgü olabileceği gibi, ilgili karides türünün boyutları, besin rejimi ve çevresel faktörlerle de ilgili olabileceği bilinmektedir (Vinagre ve ark., 2007; Holme ve ark., 2009).

Perez-Velazquez ve ark. (2003) *L. vannamei*'nin açlık esnasında, kas dokularındaki polar lipidlerin %28'ini, hepatopankreaslarındaki lipidlerin ise tamamını tükettiklerini belirlemişlerdir. Her iki dokuda da polar ve nötral lipidlerden farklı yağ asitlerinin açlık esnasında tüketildiğine dikkat çekmişlerdir. Benzer şekilde, *P. semisulcatus* ile yürüttüğümüz çalışmamızda da, açlığın kas dokusunda bulunan yağ asitleri rezervleri üzerinde önemli etkilerde bulunduğu ortaya çıkarılmıştır. Kısa süreli açlık periyodu yağ asitlerinden özellikle toplam doymuş (SFA) ve toplam tek doymamış (MUFA) yağ asitlerinde herhangi bir değişikliğe neden olmaz iken ($P>0.05$), toplam çok doymamış (PUFA) yağ asitlerinde 1 hafta süren açlık neticesinde önemli bir artış dikkat çekmiştir ($P<0.05$) (Çizelge 3). Kısa süreli açlık esnasında karideslerin doymuş yağ asitlerinden özellikle 18:0, çok doymamış yağ asitlerinden (PUFA) ise 20:3n-3 ve 20:2n-6'nın seviyelerini önemli ölçüde yükselttikleri, bu dönemde katabolize edilen en önemli yağ asitlerinin SFA'lardan 24:0 ve PUFA'lardan ise 22:2n-6 ve 20:5n-3 (EPA) olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Uzun zincirli yağ asitlerinden 24:0'ün seviyesi kısa süreli açlık esnasında %73 oranında azalırken, EPA %62.5 ve DHA ise %21 oranında azalmıştır. Genel olarak bulgularımız 1 haftalık açlık süresince n-3 serisi yağ asitlerinin dokuda korunduğunu, n-6 serisi yağ asitlerinin ise seviyelerinin yükseltildiğini göstermiştir. Uzun süreli açlığın (3 hafta) toplam SFA, PUFA ve n-3 yağ asitlerinin miktarlarında, sürekli beslenen kontrol grubuna göre, istatistiksel olarak önemli bir artışa neden olduğu ($P<0.05$), ancak toplam MUFA ve n-6 yağ asitleri miktarları üzerinde önemli bir etkiye neden olmadığı anlaşılmıştır ($P>0.05$). Açlık grubunda SFA'lardan 18:0'de %31'lik, 24:0'de ise %85'lik oranda bir artış kaydedilmiştir. MUFA'lardan özellikle 18:1n-7 miktarı 3 haftalık açlık döneminde tamamen sıfırlanmıştır. Genel olarak bazı doymuş (SFA) ve tek doymamış (MUFA) yağ asitlerinin açlık ile kas dokuda azalması, bu yağ asitlerinin enerji amaçlı kullanıldığını göstermektedir.

Wen ve ark. (2006)'ı da yengeçlerin (*E. sinensis*) açlık esnasında SFA'lardan 14:0 ve 16:0'ların ve MUFA'lardan da 16:1n-7 (palmitooleik asit) ve 18:1n-9 (oleik asit)'ların hem hepatopankreas hem de kas dokuda azalmasını bunların enerji amaçlı olarak kullanıldıkları şeklinde yorumlamışlardır.

Çalışmamızda, uzun süreli açlığın PUFA'lardan 18:2n-6 (linoleik asit), 20:5n-3, 22:2n-6 miktarlarında önemsiz bir artışa ($P>0.05$), ancak 20:2n-6 (ikosadienoik asit), 20:3n-3 (ikosatri asit), 22:6n-3 yağ asitlerinde ise önemli bir artışa neden olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Perez-Velazquez ve ark. (2003)'ü da açlık esnasında *P. vannamei*'de toplam SFA ve MUFA'larda belirgin bir azalmanın gerçekleştiğini, ancak diğer grup yağ asitlerinde ise farklı oranlarda tüketimin meydana geldiğini bildirmişlerdir. Holme ve ark. (2009) yengeç (*S. serrata*) ile yaptıkları bir çalışmada; 4 gün aç bırakılan bireylerde yağ asitlerinde 3.5 kat azalmanın gerçekleştiğini ve bu dönemde lipit kaynaklarının etkili bir şekilde enerji amaçlı kullanıldığı bulmuşlardır. Açlık esnasında HUFA'lardan EPA, DHA ve ARA'nın dokularda korunmadığı ve bundan dolayı da *S. serrata*'nın bu HUFA'lara olan ihtiyacının diğer krustaselerden daha az olabileceğini ifade etmişlerdir. Buna göre, çalışmamızda, açlığa rağmen özellikle toplam PUFA ve HUFA'ların korunması hatta miktarlarının artırılmasının bu yağ asitlerinin *P. semisulcatus* için öneminden kaynaklanmaktadır. Gerçekten de, kısa süren açlık sonrasında toplam PUFA'larda %21 oranında artış kaydedilmesi ve ardından 2 hafta süren yeniden besleme periyodunda ise toplam PUFA seviyesinin %40 oranında azalması bu hipotezi desteklemektedir. Yeniden besleme ile hem toplam n-3 hem de toplam n-6 yağ asidi serilerinde önemli oranda azalmalar görülmüştür. Bu bulgular, hücre membranlarının yapısında önemli roller oynayan HUFA'ların açlık stresi ortadan kalktıktan sonra, bu karides türü tarafından artık dokularda korunmasına gerek duyulmadığı için azaltıldığını göstermektedir. Çalışmamızdaki sonuçlara benzer olarak, Wen ve ark. (2006)'ü da yengeç (*E. sinensis*) ile yürüttükleri bir çalışmada, 70 gün süren açlık neticesinde kas dokuda SFA'lardan 14:0 ve 16:0'da önemli bir düşme, PUFA'lardan da özellikle 18:2n-6 ve 18:3n-3'te önemli artışlar belirlemişlerdir. Özellikle n-3 serisi HUFA'ların, biyolojik membranlardaki esansiyel pozisyonları itibarıyla, açlık esnasında enerji amaçlı kullanılmayıp korunması veya seviyelerinin yükseltilmesinin mantıklı bir biyokimyasal strateji olduğu kabul edilmektedir (Mourente ve Tocher, 1992; Wen ve ark., 2006). Yeniden besleme neticesinde SFA'lardan 18:0'in miktarı %25.2 oranında azalmış ve daha önce açlık esnasında çok yüksek oranlarda enerji amaçlı olarak katabolize edilen 24:0 miktarı ise %75 oranında artmıştır. Gerek açlık gerekse yeniden besleme neticesinde 24:0'ün seviyesinde gerçekleşen önemli dalgalanmalar, bu yağ asidinin açlık durumlarında önemli rol oynadığını göstermektedir.

Kısa süreli (1 hafta) ve uzun süreli (3 hafta) açlık uygulanan gruplar kıyaslandığında; SFA, PUFA, n-3 ve n-6 yağ asitleri içeriklerinde herhangi bir değişiklik gerçekleşmediği, ancak uzun süreli aç kalan grupta MUFA'larda önemli ($P<0.05$) kayıplar (%16) olduğu görülmüştür. Açlık periyodunun uzaması SFA'lardan 16:0, 18:0, 20:0 ve 24:0 miktarlarında önemli bir değişikliğe neden olmaz iken ($P>0.05$), MUFA'lardan 18:1n-7 miktarında önemli bir azalmaya neden

olmuştur ($P < 0.05$). Uzun dönem aç kalan karideslerde PUFA'larda, istatistiksel olarak olmasa da, 18:2n-6, 18:3n-6 miktarlarında bir azalma, ancak 20:2n-6, 20:3n-3, 20:5n-3, 22:2n-6, 22:6n-3 miktarlarında ise bir artış görülmüştür ($P > 0.05$).

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- *Penaeus semisulcatus* juvenillerinin kısa ve uzun açlık periyotları esnasında lipitleri etkin bir şekilde katabolize ederek enerji gereksinimlerinde kullanabildikleri görülmüştür.
- Genel olarak, *P. semisulcatus*'un kas dokusundaki baskın yağ asitlerinin 16:0, 18:0, 18:1n-9, 18:1n-7, 18:2n-6, 24:0 ve 22:6n-3 olduğu, miktar olarak ilk sırada toplam doymuş (SFA)(>%50), ikinci sırada toplam tek doymamış (MUFA) ve üçüncü sırada ise toplam çok doymamış yağ asitlerinin (PUFA) yer aldığı tespit edilmiştir.
- Genel olarak bazı SFA ve MUFA'ların açlık ile kas dokuda azalması, bu yağ asitlerinin enerji amaçlı kullanıldığını göstermektedir.
- Bulgularımız, 1 hafta açlık süresince n-3 serisi yağ asitlerinin kas dokuda korunduğunu, n-6 serisi yağ asitlerinin ise seviyelerinin yükseltildiğini göstermiştir.
- Açlığa rağmen özellikle toplam PUFA ve HUFA'ların korunması, hatta miktarlarının artırılmasının bu yağ asitlerinin *P. semisulcatus* için önemine işaret eden bir sonuç olarak yorumlanmıştır.
- Farklı açlık ve yeniden besleme rejimlerinin uygulanarak karideslerde değişik dokulardaki (hepatopankreas, plazma vb.) enerji kaynaklarının (protein, lipit, karbonhidrat) nasıl metabolize edildiklerinin daha kapsamlı çalışmalarla belirlenmesine gereksinim duyulmaktadır.
- Karideslerde açlık durumunda dokulardaki depo lipit kaynaklarının azalması ile lipaz enzimi arasındaki ilişkinin ileriki çalışmalarda birlikte ele alınması ve araştırılması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- BARCLAY, M.C., DALL, W. and SMITH, D.M., 1983. Changes in lipid and protein during starvation and the molting cycle in the tiger prawn, *Penaeus esculentus* Haswell. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 68: 229-244.
- BLIGH E.G. and DYER, W.G., 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol. 37: 911-917.
- COMOGLIO, L., GOLDSMIT, J. and AMIN, O., 2008. Starvation effects on physiological parameters and biochemical composition of the hepatopancreas of the southern king crab *Lithodes santolla* (Molina, 1782). Revista de Biología Marina y Oceanografía 43(2): 345-353.
- HOLME, M.-H., BROCK, I., SOUTHGATE, P.C. and ZENG, C., 2009. Effects of starvation and feeding on lipid class and fatty acid profile of late stage mud crab, *Scylla serrata*, larvae. Journal of the World Aquaculture Society 40(4): 493-504.

- ICELY, J.D. and NOTT, J.A., 1992. Digestion and absorption: digestive system and associated organs. In: Harrison, F.W. (Ed.), *Microscopic Anatomy of Invertebrates*, vol. 10. Wiley, New York, pp. 147-202.
- ICHIHARA K, SHIBAHARA A, YAMAMOTO K. and NAKAYAMA T., 1996. An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids. *Lipids* 31: 535-539.
- KANAZAWA A. and TESHIMA S., 1977. Biosynthesis of fatty acids from acetate in the prawn, *Penaeus japonicus*. *Memoirs of the Faculty of Fisheries, Kagoshima University* 26: 49-53.
- KUMLU, M. and LÖK, A., 2007. Crustacean and mollusk production. In: Candan, A., Karataş, S., Küçüktaş, H., Okumuş, İ. (Eds.), *Marine Aquaculture in Turkey*, Turkish Marine Research Foundation, İstanbul, Turkey, No: 27, pp. 71-80.
- MOURENTE, G. and TOCHER, D.R., 1992. Effects of weaning onto a pelleted diet on docosahexaenoic acid (22:6n-3) levels in brain of developing turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture* 105: 363-377.
- PEREZ-VELAZQUEZ, M., GONZÁLEZ-FÉLIX, M.L., LAWRENCE, A.L. and GATLIN, D.M., 2003. Changes in lipid class and fatty acid composition of adult male *Litopenaeus vannamei* (Boone) in response to culture temperature and food deprivation. *Aquaculture Research* 34(13): 1205-1213.
- RITAR, A. J., DUNSTAN, G.A., CREAR, B.J. and BROWN, M.R., 2003. Biochemical composition during growth and starvation of early larval stages of cultured spiny lobster (*Jasus edwardsii*) phyllosoma. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 136: 353-370.
- RODRÍGUEZ, A., LE VAY, L., MOURENTE, G. and JONES, D.A., 1994. Biochemical composition and digestive enzyme activity in larvae and postlarvae of *Penaeus japonicus* during herbivorous and carnivorous feeding. *Mar. Biol.* 118: 45-51.
- SANCHEZ-PAZ, A., GARCÍA-CARREÑO, F.L., MUHLIA-ALMAZÁN, A., PEREGRINO-URIARTE, A.B., HERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. and YEPIZ-PLASCENCIA, G., 2006. Usage of energy reserves in crustaceans during starvation: status and future directions. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 36: 241-249.
- VINAGRE, A.S., NUNES DO AMARAL, A.P., RIBARCKI, F.P., FRAGA DA SILVEIRA, E. and PÉRICO, E., 2007. Seasonal variation of energy metabolism in ghost crab *Ocypode quadrata* at Siriú Beach (Brazil). *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular and Integrative Physiology* 146(4): 514-519.
- WEN, X., CHEN, L., KU, Y. and ZHOU, K., 2006. Effect of feeding and lack of food on the growth, gross biochemical and fatty acid composition of juvenile crab, *Eriocheir sinensis*. *Aquaculture* 252: 589-607.
- WEN, X., KU, Y. and ZHOU, K., 2007. Starvation on changes in growth and fatty acid composition of juvenile red swamp crawfish, *Procambarus clarkii*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 25(1): 97-105.