

***Apanteles Galleria* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae) ve Parazitlenmiş Konağı *Galleria Mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae)'nin Toplam Lipit ve Yağ Asidi Bileşimleri**

Fevzi UÇKAN¹, Z. Ülya NURULLAHOĞLU², Olga SAK³, Rahile ÖZTÜRK²

¹Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 41300 İzmit - Kocaeli, TÜRKİYE

²Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 42031 Konya, TÜRKİYE

³Balikesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 10145 Balıkesir, TÜRKİYE

*Sorumlu Yazar

e-mail: altun@balikesir.edu.tr

Geliş Tarihi : 15 Ekim 2009

Kabul Tarihi : 22 Aralık 2009

ÖZET

Galleria mellonella L. (Lepidoptera: Pyralidae)'da yetiştirilen koinobiont, soliter ve larval endoparazitoit *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae)'nin toplam lipit ve yağ asidi miktarları ile yağ asidi bileşimlerini gelişme evresi ve eşeye bağlı olarak araştırdık. Ayrıca parazitlenen konağın lipit miktarı ve yağ asidi profili ve içeriğine olan etkileri ile parazitoit ve konağın yağ asidi içeriklerinin benzerlik derecelerini de inceledik. *A. galleriae*'nin evre/eşeyleri karşılaştırıldığında yüzde lipit ve yağ asidi değerleri arasındaki farklılığın anlamlı olduğu görüldü. Ancak, parazitlenen konak larvasının toplam lipit ve yağ asidi miktarlarını etkilemediği tespit edildi. Parazitoit larvasının toplam yağ asidi miktarı parazitlenmiş ve parazitlenmemiş konak larvasının toplam yağ asidi miktarı ile karşılaştırıldığında önemli derecede fazlaydı.

A. galleriae'nin evre/eşeylerinde, parazitlenmiş ve parazitlenmemiş konak larvasında karbon sayısı 10-22 arasında değişen 15 çeşit yağ asidi belirlendi. Hem parazitoit hem de konak türde bolluk derecesine göre dört yağ asidinin, oleik asit (C_{18:1}), palmitik asit (C_{16:0}), linoleik asit (C_{18:2}) ve stearik asit (C_{18:0}) şeklinde çoktan aza doğru sıralandığı görüldü. Parazitoitin larva, pup ve erginleri ile parazitlenmiş ve parazitlenmemiş konak larvasında doymuş, doymamış ve aşırı doymamış yağ asidi oranları arasında önemli derecede fark olduğu tespit edildi. Çalışma sonuçlarının biyolojik kontrol ile ilgili çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Apanteles galleriae*, *Galleria mellonella*, lipit, parazitleme, yağ asidi.

Total Lipid and Fatty Acid Composition of *Apanteles Galleria* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae) and Its Parasitized Host *Galleria Mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae)

Abstract

Stage- and sex-related changes in total lipid, total fatty acids, and fatty acid composition of koinobiont solitary early instar larval endoparasitoid, *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) were investigated. The effect of parasitism on the total lipid and fatty acids of host larvae was also investigated and compared to the fatty acid composition of parasitoids. Total lipid and fatty acid levels varied significantly among stages and sexes of *A. galleriae*. Parasitism did not affect the total lipid and fatty acid levels of host larvae. Total fatty acids of parasitoid larvae were significantly higher than that of parasitized or nonparasitized host larvae.

Fifteen different 10-22 carbon fatty acids were identified for all stages and sexes of *A. galleriae* and parasitized or nonparasitized host larvae. Four fatty acids dominated in the composition in both host and parasitoid species. These fatty acids that differed in order of abundance were oleic (C_{18:1}), palmitic (C_{16:0}), linoleic (C_{18:2}), and stearic (C_{18:0}) acids. There were significant differences between fatty acid classes (saturates, unsaturates, and polyunsaturates) in all stages and sexes of *A. galleriae* and parasitized or nonparasitized host larvae. Our results may be beneficial for success in biological control applications.

Key Words: *Apanteles galleriae*, *Galleria mellonella*, fatty acids, lipid, parasitism.

GİRİŞ

Besinlerde kolesterol, yağ asitleri, yağda çözünen vitaminler, vb. gibi formlarda bulunan lipitler sadece beslenme açısından önemli olmayıp, hormon olarak iş görmeleri veya çekirdek reseptörlerine bağlanan ligandlar için birincil molekül olmaları nedeniyle de [1] canlıların temel bileşikleri arasındadır. Diğer organizmalarda olduğu gibi böceklerde de lipitlerin çok çeşitli yapısal ve işlevsel görevleri vardır [2]. Yumurta üretimi gibi birçok olayda gerekli olmaları ve herhangi bir formdaki fazla enerjinin canlı vücudunda lipit şeklinde depolanması nedeniyle lipitler böceklerle ilgili bilimsel araştırmalarda da oldukça ilgi çekici bir konudur. Lipitlerin önemli bir grubunu oluşturan yağ asitleri, böceklerde triaçilgliseroller şeklinde yağ doku hücreleri içinde depolanmaktadır [3]. Yağ asitleri, birçok böcekte göç periyotları boyunca besin bulamadıkları ve uzun süre uçtukları zamanlarda temel enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır [4, 5].

Böcek gelişim evreleri ile eşeyler arasındaki lipit ve yağ asidi içerikleri ile ilgili farklılıkların belirlenmesi bunların çok farklı metabolik fonksiyonları ve homeostasisin devamlılığındaki çeşitli rolleri nedeniyle önemli bilgilere ulaşılmasını sağlamaktadır. Bir böceğin yağ asidi profilinin türe ve beslenmeye bağlı olarak değişiklik gösterdiği bilinmektedir [6]. Ayrıca konak-parazitoit ilişkisi içinde konak ve parazitoit türler arasındaki besinsel ilişkiler konağın bolluk derecesini belirleyen önemli bir faktördür [7, 8]. Örneğin, parazitoitlerin yağ asidi içeriklerini düzenleme dereceleri konak uygunluğunu belirleyen faktörlerden biridir [9]. *Apanteles galleriae* (Wilkinson) (Hymenoptera: Braconidae); *Galleria mellonella* L., *Achoria grisella* Fabr., *A. innotata* Walker ve *Vitula edmandsae* (Packard) gibi lepidopter türlerde koïnobiont, soliter ve larval endoparazitoit bir türdür [10-12]. *A. galleriae* ile ilgili çalışmalarda genel olarak parazitoitin biyolojik özellikleri ve konak besininin bu özellikleri nasıl etkilediği araştırılmıştır [13-16]. Bununla beraber *A. galleriae*'da toplam lipit miktarı ve yağ asidi bileşimi ile ilgili bilinenler oldukça sınırlıdır [17]. Bu nedenle *G. mellonella*'da yetiştirilen *A. galleriae*'nin toplam lipit ve yağ asidi miktarları ile yağ asidi bileşimlerini evre/eşeye (bu noktadan itibaren aksi belirtilmedikçe larva, pup, erkek ve dişiye tanımlanmaktadır) bağlı olarak araştırdık. Ayrıca parazitlemenin konağın lipit miktarı ve yağ asidi profili ve içeriğine olan etkileri ile parazitoit ve konağın yağ asidi içeriklerinin benzerlik derecelerini de inceledik.

MATERYAL VE YÖNTEM

Konak ve Parazitoit Yetiştirme

Larval endoparazitoit *A. galleriae*'nin yetiştirilmesinde konak olarak Büyük Balmumu Güvesi, *G. mellonella*'nın erken evre larvaları kullanıldı. Konak ve parazitoit türlerin laboratuvar stok kültürlerinin kaynağını Rize-Ardeşen civarından getirilen balsız peteklerden çıkan ergin bireyler oluşturdu. Parazitoit ve konak kültürleri 25 ± 1 °C sıcaklık, % 60 ± 5 nispi nem ve 12:12 saat

(Aydınlık: Karanlık) fotoperiyot şartlarında yetiştirildi. Konak tür balsız petek ile parazitoit erginleri ise % 30 bal çözeltisi ile beslendi. Parazitoit ve konak türlerin biyolojisi ve yetiştirilmesi ile ilgili detaylı bilgi için Uçkan ve Gülel [13] ve Uçkan ve Ergin [16]'e bakınız.

Örnek Alma ve Lipit Özütleme

Toplam lipit ve yağ asidi miktarları ile yağ asidi bileşimlerinin belirlenmesinde *A. galleriae*'nin 35 adet son evre larvası, 25 adet pupu, 20 adet ergin erkek ve dişi bireyleri ile 35 adet parazitlenmemiş konak larvası ve son evre parazitoit larvasının elde edildiği 35 adet artık konak larvası (parazitlenmiş konak larvası) kullanıldı. Ergin parazitoitlerin en fazla bir günlük olmasına ve analizleri yapılabildiği kadar beslenmeden 25 ± 1 °C sıcaklıkta tutulmasına özen gösterildi. Örnekler yağ ağırlıkları belirlendikten sonra 2:1 oranında kloroform-metanol (v/v) (Merck) karışımına alındı ve analizleri yapılabildiği kadar -20 °C'de bekletildi. Lipit özütlenmesi ile toplam lipit ve yağ asidi miktarı tayini Folch ve ark. [18] göre, yağ asidi analizleri ise Moss ve ark. [19] göre yapıldı. Toplam lipit ve yağ asidi miktarları, yağ ağırlığının yüzdesi olarak verildi. Bütün deneyler farklı zamanlarda üç kez tekrar edildi.

Gaz Kromatografisi

Metilleştirilen yağ asidi örnekleri FID detektörlü Agilent HP 6890 marka Gaz Kromatografi cihazı ile analiz edildi. Analiz için; Supelco SP 2380 marka, 60 m uzunluğunda, 0,25 mm çapında ve 0,20 µm film kalınlığı olan silika kapiller kolon kullanıldı. Dedektör ısısı 260°C, gaz akış hızları: H₂=30 ml/dak, kuru hava=300 ml/dak ve taşıyıcı gaz olarak H₂=46 cm/sn olarak ayarlandı. Kolon fırın sıcaklığı için sıcaklık programı uygulandı. Program; başlangıç sıcaklığı 50°C'de 10 dk, dakikada 2°C artarak bitiş sıcaklığı olan 240 °C'ye ulaşılacak ve 10 dakika da bu sıcaklıkta kalacak şekilde ayarlandı. Analiz sonucu elde edilen piklerin geliş zamanları ile standart yağ asidi metil esterlerine ait piklerin geliş zamanları karşılaştırılarak yağ asitleri ve yüzdeleri belirlendi. Standart yağ asidi metil ester karışımı olarak, Supelco F.A.M.E. Mix C4-C24 kullanıldı.

İstatistik

Yüzde olarak belirlenen verilerin varyans analizinden önce arksinüs kökleri alındı [20]. *A. galleriae*'nin farklı evre/eşeylerinde, parazitlenmiş ve parazitlenmemiş konak larvasında yüzde lipit ve yağ asidi değerleri arasındaki farklılık ve yağ asidi bileşimleri ile yağ asidi sınıfları arasındaki farklılık Tek Yönlü Varyans Analizi Testi ile belirlendi. Ortalamalar arası farkın önem kontrolünde Tukey HSD Testi kullanıldı [21]. Değerlendirmede 0.05 güven sınırı esas alındı.

BULGULAR

Lipit ve Yağ Asidi Yüzdeleri

A. galleriae'nin evre/eşeylerine göre toplam lipit ve yağ asidi değerlerindeki değişiklikler Tablo 1'de verilmektedir. *A. galleriae*'nin farklı evre/eşeyleri karşılaştırıldığında yüzde lipit değerleri ($F=42.248$; $sd=3$, 8 ; $P<0.001$) ve yüzde yağ asidi değerleri ($F=21.896$; $sd=3$, 8 ; $P<0.001$) arasındaki farklılığın anlamlı olduğu görüldü. Toplam lipit ve yağ asidi miktarları larva ve pup arasında önemli oranda değişiklik göstermedi. Ancak, lipit ve yağ asidi yüzdeleri larva ve pup ile karşılaştırıldığında ergin evrede özellikle erkeklerde önemli oranda artış gösterdi. Larva evresine göre dişinin toplam lipit değerinde görülen artış istatistiksel olarak

Tablo 1. *A. galleriae*'da evre/eşeye göre lipit ve yağ asidi yüzdeleri.^{a,b}

Evre/Eşey	Toplam Lipit (%)	Toplam Yağ Asidi (%)
Larva	19.39±0.87a	8.85±0.45a
Pup	23.41±0.53ab	11.14±0.62a
Ergin	35.29±1.01c	15.42±0.63b
Erkek		
Ergin Dişi	24.55±1.52b	9.61±0.77a

^aHer veri üç tekrarin ortalamasıdır.

^bAynı sütunda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($P>0.05$, Tukey HSD testi).

Tablo 2. Parazitlenmenin lipit ve yağ asidi yüzdelerine etkisi.^{a,b}

Konak-Parazitiot Evresi	Toplam Lipit (%)	Toplam Yağ Asidi (%)
Konak larvası	19.34±1.41a	7.15±0.21a
Parazitlenmiş konak larvası	19.25±1.04ba	5.96±0.39a
Parazitotit larvası	19.39±0.87a	8.85±0.45b

^aHer veri üç tekrarin ortalamasıdır.

^bAynı sütunda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($P>0.05$, Tukey HSD testi).

da anlamlıydı. Dişilerin toplam lipit ve yağ asidi yüzdelerinin erkekler ile karşılaştırıldığında önemli oranda düşük olduğu görüldü (Tablo 1). Parazitlenmenin konak larvasının toplam lipit ve yağ asidi miktarlarını etkilemediği tespit edildi ($F=0.004$; $sd=2$, 6 ; $P>0.05$). Bununla beraber, parazitotit larvasının toplam yağ asidi miktarı parazitlenmemiş ve parazitlenmiş konak larvasına göre önemli derecede fazlaydı ($F=15.890$; $sd=2$, 6 ; $P<0.01$) (Tablo 2).

A. galleriae'da Evre/Eşeye Göre Yağ Asidi Bileşimi

A. galleriae'nin farklı evre/eşeylerinde, parazitlenmiş ve parazitlenmemiş konak larvasında karbon sayısı 10-22 arasında değişen 15 çeşit yağ asidi tespit edildi (Tablo 3 ve 4). Her bir yağ asidi için böceğin yaş ağırlığına göre hesaplanan yüzde değerler parazitotitin evre/eşeyleri

arasında önemli dalgalanmalar gösterdi ($P<0.05$). Ayrıca parazitotitin her bir evre/eşeyi için yağ asidi bileşimleri arasındaki fark da anlamlıydı (larva: $F=1172.530$; $sd=14$, 30 ; $P<0.001$, pup: $F=5294.085$; $sd=14$, 30 ; $P<0.001$, erkek: $F=2044.818$; $sd=14$, 30 ; $P<0.001$, dişi: $F=1678.128$; $sd=14$, 30 ; $P<0.001$) (Tablo 3). Parazitotitin tüm evre/eşeylerinde en bol bulunan dört yağ asidinin, oleik asit ($C_{18:1}$), palmitik asit ($C_{16:0}$), linoleik asit ($C_{18:2}$) ve stearik asit ($C_{18:0}$) şeklinde çoktan aza doğru sıralandığı görüldü. Bu yağ asitlerinin toplam yağ asidi içindeki yüzde değerleri larva, pup, erkek ve dişide sırasıyla % 75, 77, 83 ve 83 oldu. Larva, pup ve erkeklerde % 3'den daha büyük oranlarda başka yağ asitlerinin de olduğu görülmektedir (Tablo 3). Larva evresinde bu yağ asitleri erusik asit ($C_{22:1}$), palmitoleik asit ($C_{16:1}$), heneikosanoik asit ($C_{21:0}$) ve linolenik asit ($C_{18:3}$) şeklinde çoktan aza doğru sıralanmaktadır. Pup evresinde heneikosanoik asit ve erusik asit, erkekte ise palmitoleik asit ve linolenik asit % 3'den daha büyük bir değere sahipti. Parazitotitin tüm evre/eşeylerinde diğer yağ asitlerinin % 3'den daha düşük değerde olduğu görüldü (Tablo 3).

A. galleriae'da larva, pup, erkek ve dişinin yağ asidi sınıfları arasındaki farklar karşılaştırıldığında doymuş yağ asitleri (DYA; $F=120.494$; $sd=3$, 8 ; $P<0.001$), doymamış yağ asitleri (DmYA; $F=64.519$; $sd=3$, 8 ; $P<0.001$) ve aşırı doymamış yağ asitleri (ADmYA; $F=52.170$; $sd=3$, 8 ; $P<0.001$) yüzdelerinde önemli farklılıklar olduğu görüldü. Ayrıca her bir evre/eşey için yağ asidi sınıfları (DYA, DmYA, ADmYA) arasında da (larva: $F=1868.287$; $sd=2$, 6 ; $P<0.001$, pup: $F=8111.987$; $sd=2$, 6 ; $P<0.001$, erkek: $F=1490.513$; $sd=2$, 6 ; $P<0.001$, dişi:

Tablo 3. *A. galleriae*'da evre/eşeye göre yağ asidi yüzdeleri.^{a,b}

Yağ Asitleri	Larva	Pup	Ergin Erkek	Ergin Dişi
C _{10:0}	0.97 ± 0.07w a	0.69 ± 0.04xy a	0.86 ± 0.04wx a	0.59 ± 0.03y a
C _{12:0}	2.35 ± 0.15w bcd	1.35 ± 0.05x abc	1.12 ± 0.06xy a	0.88 ± 0.05y ab
C _{14:0}	2.10 ± 0.14w abcd	1.63 ± 0.07x bc	1.47 ± 0.05x a	1.74 ± 0.11wx abc
C _{14:1}	1.28 ± 0.13w ab	1.84 ± 0.04x bc	1.05 ± 0.05x a	0.96 ± 0.05w ab
C _{16:0}	25.44 ± 0.55w h	28.97 ± 0.06x h	20.75 ± 0.34y f	25.18 ± 0.26w f
C _{16:1}	3.72 ± 0.27w e	1.94 ± 0.05x c	3.27 ± 0.17wy c	2.89 ± 0.08y c
C _{18:0}	8.16 ± 0.20w f	7.64 ± 0.24w f	10.33 ± 0.51x d	6.15 ± 0.12y d
C _{18:1}	29.68 ± 0.49w i	31.21 ± 0.29w i	39.40 ± 0.47x g	34.41 ± 0.55y g
C _{18:2}	11.72 ± 0.27w g	9.27 ± 0.17x g	12.10 ± 0.38w e	17.34 ± 0.68y e
C _{18:3}	3.05 ± 0.35w cde	2.80 ± 0.18wx d	3.12 ± 0.16w bc	2.02 ± 0.05x bc
C _{20:0}	0.90 ± 0.05w a	1.21 ± 0.08wx ab	1.06 ± 0.05wx a	1.26 ± 0.10x ab
C _{20:1}	1.54 ± 0.18w ab	1.43 ± 0.03w bc	0.85 ± 0.09x a	1.07 ± 0.07wx ab
C _{21:0}	3.37 ± 0.22w de	4.11 ± 0.18x e	0.79 ± 0.02y a	0.86 ± 0.05y ab
C _{22:0}	1.89 ± 0.15w abc	1.85 ± 0.09w bc	1.82 ± 0.06w a	1.67 ± 0.23w abc
C _{22:1}	3.82 ± 0.10w e	4.07 ± 0.07w e	2.02 ± 0.15x ab	2.98 ± 0.17y c
DYA	45.19 ± 0.45w a	47.45 ± 0.02x a	38.18 ± 0.59y b	38.33 ± 0.45y b
DmYA	40.04 ± 0.43w b	40.48 ± 0.25w b	46.60 ± 0.36x a	42.30 ± 0.42y a
ADmYA	14.77 ± 0.21w c	12.07 ± 0.26x c	15.22 ± 0.24w c	19.37 ± 0.73y c

^aHer veri üç tekrarin ortalamasıdır.

^bYağ asidi bileşimlerinde ve yağ asidi sınıflarında grup içinde aynı satırda (w-y) ve aynı sütunda (a-i) aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($P>0.05$, Tukey HSD testi).

$F=494.433$; $sd=2$, 6 ; $P<0.001$) anlamlı farklılıklar olduğu tespit edildi. Yağ asitlerinin en büyük kısmını larva ve pupta DYA, erginlerde ise DmYA oluşturdu. Evre/eşeylerin her biri için ADmYA en düşük yağ asidi sınıfı oldu (Tablo 3).

Konak Larvasının Yağ Asidi Bileşimi

Parazitlenmiş ve parazitlenmemiş konak larvasının yağ asidi bileşimi parazitoit larvası ile karşılaştırılarak Tablo 4'de verilmektedir. Her bir yağ asidi için belirlenen yüzde değerler konak ve parazitoit larvaları arasında önemli oranda artma ve azalma gösterdi ($P < 0.05$). Genel olarak parazitoit larvasındaki yağ asitlerinin yüzde değeri konak larvasından önemli oranda daha fazlaydı. Ancak, palmitik asit, oleik asit, linoleik asit ve araşidik asit ($C_{20:0}$)'in yüzde değerlerinin parazitoite göre konak larvasında önemli oranda arttığı görüldü. Parazitlenmemiş ($F = 2936.152$; $sd = 14, 30$; $P < 0.001$) ve parazitlenmiş ($F = 1908.708$; $sd = 14, 30$; $P < 0.001$) konak larvaları için yağ asidi bileşimleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak da anlamlıydı. Parazitoitin tüm evre/eşeylerinde olduğu gibi, konak larvasında da en çok bulunan yağ asitlerinin oleik asit, palmitik asit, linoleik asit ve stearik asit şeklinde çoktan aza doğru sıralandığı görüldü. Bu yağ asitlerinin toplam yağ asidi içindeki yüzde olarak değerlerinin, parazitlenmiş ve parazitlenmemiş konak larvasında sırasıyla % 84 ve % 87 olduğu belirlendi (Tablo 4).

Parazitlenmemiş konak larvası, parazitlenmiş konak larvası ve parazitoit larvasının yağ asidi sınıfları arasındaki farklar karşılaştırıldığında DmYA ($F = 6.296$; $sd = 2, 6$; $P < 0.05$) ve ADmYA ($F = 12.983$; $sd = 2, 6$; $P < 0.01$)'da önemli oranda farklılıklar görülürken, DYA'da görülen fark ($F = 1.983$; $sd = 2, 6$; $P > 0.05$) anlamlı değildi. Ayrıca parazitlenmemiş ($F = 632.051$; $sd = 2, 6$; $P < 0.001$) ve parazitlenmiş ($F = 1530.258$; $sd = 2, 6$; $P < 0.001$) konak larvaları için yağ asidi sınıfları arasında da önemli farklılıklar olduğu tespit edildi. Parazitoit larvasında olduğu gibi konak larvasında da yağ asitlerinin en büyük kısmını DYA, en düşük yağ asidi sınıfını ise ADmYA oluşturdu (Tablo 4).

Tablo 4. Parazitlenmenin yüzde yağ asidi değerlerine etkisi.^{a,b}

Yağ Asitleri	Konak Larvası	Parazitlenmiş Konak Larvası	Parazitoit Larvası
C _{10:0}	0.20 ± 0.03w a	0.24 ± 0.03w a	0.97 ± 0.07x a
C _{12:0}	0.46 ± 0.03w ab	0.40 ± 0.03w ab	2.35 ± 0.15x bcd
C _{14:0}	0.84 ± 0.02w abc	0.57 ± 0.04w ab	2.10 ± 0.14x abcd
C _{14:1}	0.82 ± 0.05w abc	0.85 ± 0.06w ab	1.28 ± 0.13x ab
C _{16:0}	31.04 ± 0.28w g	29.45 ± 0.66w h	25.44 ± 0.55x h
C _{16:1}	2.68 ± 0.17w d	2.86 ± 0.33w de	3.72 ± 0.27w e
C _{18:0}	6.01 ± 0.36w e	5.21 ± 0.31w f	8.16 ± 0.20x f
C _{18:1}	33.65 ± 0.32w h	35.22 ± 0.34w i	29.68 ± 0.49x i
C _{18:2}	15.79 ± 0.44w f	14.22 ± 0.28x g	11.72 ± 0.27y g
C _{18:3}	1.15 ± 0.03w abc	1.67 ± 0.21w bcd	3.05 ± 0.35x cde
C _{20:0}	1.52 ± 0.10w bc	1.17 ± 0.10wx abc	0.90 ± 0.05x a
C _{20:1}	0.30 ± 0.03w a	0.25 ± 0.03w a	1.54 ± 0.18x ab
C _{21:0}	3.17 ± 0.18w d	4.12 ± 0.09x ef	3.37 ± 0.22w de
C _{22:0}	1.55 ± 0.23w c	2.49 ± 0.21x cd	1.89 ± 0.15wx abc
C _{22:1}	0.81 ± 0.04w abc	1.29 ± 0.10x abc	3.82 ± 0.10y e
DYA	44.79 ± 0.79w a	43.65 ± 0.37w a	45.19 ± 0.45w a
DmYA	38.27 ± 0.46w b	40.47 ± 0.51x b	40.04 ± 0.43wx b
ADmYA	16.94 ± 0.41w c	15.88 ± 0.24wx c	14.77 ± 0.21x c

^aHer veri üç tekrarin ortalamasıdır.

^bYağ asidi bileşimlerinde ve yağ asidi sınıflarında grup içinde aynı satırlarda (w-y) ve aynı sütunda (a-i) aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($P > 0.05$, Tukey HSD testi).

TARTIŞMA

Böcek gelişiminin belirli safhalarında, özellikle larval evre ve genç erginlerde sindirilen karbohidratların büyük bir bölümü lipide dönüştürülmektedir [22]. Ayrıca, metamorfozun başlangıç safhasında triaçilgliserollerin en yüksek seviyede olması [23] bu safhada lipit birikimi olduğunu desteklemektedir. Çalışmamızda *A. galleriae*'nin evre/eşeyleri arasında toplam lipit ve yağ asidi miktarlarının farklı olduğunu belirledik. Önceki çalışmamızda olduğu gibi [17] bu çalışmamızda da larva evresi ile karşılaştırıldığında pup evresi boyunca lipitlerin biriktirildiği görüldü. Ancak, deneylerimizde pup evresinden önceki son larva evresini çalıştığımız için lipit içeriğinde görülen artış her iki çalışmamızda da istatistiksel olarak anlamlı değildi. Parazitoit türlerde gelişim evrelerine göre ergin safhadaki toplam lipit ve yağ asidi miktarlarının genel olarak fazla olması, uçma ve çiftleşme aktiviteleri sırasındaki yüksek enerji gereksinimine bağlanabilir [17]. Candy ve Killby [24], dişilere göre erkeklerde lipit içeriğinin önemli oranda artış göstermesini, çiftleşme sürecinde erkeklerin dişileri ararken daha fazla uçma aktivitesi göstermelerine bağlamışlardır. Ayrıca *A. galleriae*'da preovipozisyon periyodunun olmaması [13] nedeni ile dişilerin analizden önce yumurtalarını bırakıp lipit depolarını bu sırada harcamış olabilecekleri [17] ve bu nedenle erkekler göre lipit değerlerinin önemli oranda daha düşük olduğu söylenebilir.

Parazitoit türlerin konağın metabolik faaliyetlerini değiştirdiği ve karbohidrat, protein ve lipit seviyelerinde parazitoitin bulunmasına bağlı değişikliklerin olduğu rapor edilmiştir [25-27]. *A. galleriae*-*G. mellonella* sisteminde parazitlenme konağın toplam lipit ve yağ asidi miktarlarını etkilemedi. Ancak, parazitoit larvasının toplam yağ asidi miktarı parazitenmemiş ve parazitlenmiş konak larvasına göre önemli derecede fazlaydı. Elde ettiğimiz sonuçlar daha önce yapmış olduğumuz *A. galleriae*-*A. grisella* [17] çalışmamızdaki verileri tamamen desteklemektedir. Her iki çalışmamızda da konak ve parazitoit türler arasında toplam yağ asidi miktarlarında görülen bu önemli farklılık konak ve parazitoit olarak kullanılan böcek türlerinin farklı olmasına bağlanabilir [17]. Ayrıca konak larvası ile karşılaştırıldığında parazitoit larvasının yağ asitleri önemli oranda artarken toplam lipit miktarının değişmemesi; parazitoit larvasında yağ asitlerinin dışında diğer bazı lipit sınıflarının miktarında da değişme olabileceği fikrini [17] desteklemektedir. Yapılan diğer çalışmalar da parazitlenmenin konağın yağ dokusunda metabolik değişikliklere neden olabileceğini göstermiştir [7, 8, 28]. Ancak, parazitoit türler arasında söz konusu metabolik değişiklikler açısından türe ve çalışılan konak dokusuna bağlı farklılıklar olabilmektedir. Örneğin elde ettiğimiz verilere benzer bir şekilde, *Hyposoter exiguae* Vier. (Hymenoptera: Ichneumonidae) tarafından parazitlenmenin, *Trichoplusia ni* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) larvalarında toplam lipit miktarını değiştirmedeği tespit edilmiştir [29]. Bununla beraber, parazitoit *Glyptapanteles liparidis* L. (Hymenoptera: Braconidae) konak tür, *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) larvalarında hemolenf lipit içeriğinde bir değişikliğe neden olmazken vücut dokularının toplam lipit

miktarında azalmaya neden olmuştur [26]. Ancak, *Nasonia vitripennis* (Walker) (Hymenoptera: Pteromalidae)'nin zehiri *Sarcophaga bullata* Parker (Diptera: Sarcophagidae)'nin hem hemolenf hem de yağ doku lipit değerlerinde artmaya neden olmuştur [25]. Sonuç olarak tüm bu çalışmalar; parazitlemenin konağın lipit içeriği üzerindeki etkisinin çalışılan dokuya bağlı olduğunu ve parazitleme sonucu konak lipit veya yağ asidi içeriğinin her zaman azalmadığını göstermektedir.

Böceklerde gelişme düzeyi ve beslenme yağ asidi profilini önemli oranda etkilemektedir [30, 31]. Daha önce yapmış olduğumuz çalışmada *A. galleriae*'nin tüm evre/şeylerinde karbon sayısı 10-24 arasında değişen [17], bu çalışmamızda ise 10-22 arasında değişen yağ asitlerinin olduğunu tespit ettik. Yapılan bir çalışmada, Hymenoptera ordosu parazitoit türleri için 10-24 karbon sayılı yağ asitlerinin karakteristik olduğu ifade edilmiştir [9]. *A. galleriae*'nin tüm evre/şeylerinde olduğu gibi, konak tür, *G. mellonella* larvasında da oleik asit ve palmitik asitin en bol bulunan yağ asitleri olduğunu belirledik. Candy ve Kilby [24], böceklerin çoğunda doymuş veya doymamış C₁₆ ve C₁₈ yağ asitlerinin yağ asidi bileşimi içinde daha büyük bir orana sahip olduklarını göstermişlerdir. Daha önce yapmış olduğumuz *A. galleriae-A. grisella* çalışmamızda benzer şekilde *A. galleriae*'nin tüm evre/şeylerinde oleik asit en çok bulunan yağ asidi iken, konak tür *A. grisella* larvalarında palmitoleik asit en bol bulunan yağ asidi oldu [17]. *G. mellonella* ve *A. grisella* arasındaki bu farklılık türlerin farklı olmasına bağlanabilir. Ayrıca konak türler farklı olsa da *A. galleriae*'nin tüm evre/şeylerinde oleik asitin en bol bulunan yağ asidi olması nedeniyle, bu parazitoitin gelişimi için oleik asitin oldukça önemli bir yağ asidi olduğunu söyleyebiliriz.

A. galleriae'da yağ asitlerinin en büyük kısmını larva ve pupda DYA oluştururken, erginlerde DmYA en yüksek değere sahipti. Evre/şeylerin her biri için en düşük yağ asidi sınıfı ise ADmYA oldu. Konak tür, *G. mellonella* larvasında da yağ asitlerinin en büyük kısmını DYA'nın, en düşük yağ asidi sınıfını ise ADmYA'nın oluşturduğu görüldü. Yağ asidi sınıfları ile ilgili elde ettiğimiz sonuçların bir önceki çalışmamızla [17] genel olarak paralellik göstermediği görülmüştür. Bu sonuç, deneylerde farklı konak türlerinin kullanılmasına bağlanabilir.

Tablo 4'deki veriler incelendiğinde *A. galleriae* larvalarının yağ asidi bileşiminin, *G. mellonella* larvalarının yağ asidi bileşimi ile aynı olduğu görülmektedir. Yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir [32, 17]. Bununla beraber, yağ asitlerinin miktarları konak ve parazitoit larvaları arasında önemli oranda farklılıklar gösterdi. *A. galleriae* larvasındaki yağ asitlerinin değeri konak larvasından genel olarak daha fazlaydı. Ancak, palmitik asit, oleik asit, linoleik asit ve araşidik asitin yüzde değerlerinin parazitoite göre konak larvasında önemli oranda arttığı görüldü. Önceki çalışmamızda [17] ve burada olduğu gibi parazitoit türün yağ asidi bileşimini konak türüne göre değiştirmesi konak uygunluğunu belirleyen önemli faktörlerden biridir [33]. Nitekim Rivers ve Denlinger [25] *N. vitripennis*'in konak metabolizmasını kendi neslinin ihtiyaçları doğrultusunda yönlendirebileceğini ifade

etmişlerdir. Bununla beraber, bugüne kadar *A. galleriae*'nin üzerinde yetişebildiği dört konak türü olduğu ifade edilmiştir [10-12]. Bu nedenle, *A. galleriae*'nin yağ asidi bileşimi açısından konağa bağlı olup olmadığını kesin olarak söyleyebilmek için farklı konakları ile yapılan benzer çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

A. galleriae larvalarının yağ asidi bileşimi içerisinde en çok bulunan dört yağ asidinin toplam yağ asidi içindeki değeri % 75 iken, aynı yağ asitlerinin parazitlenmiş ve parazitlenmemiş *G. mellonella* larvasında sırasıyla % 84 ve % 87 olduğu tespit edildi. *A. galleriae* ile ilgili yapmış olduğumuz diğer çalışmada ise en bol bulunan altı yağ asidinin toplam yağ asidi içindeki değerini yaklaşık % 68 olarak belirledik. Ayrıca, aynı çalışmamızda altı yağ asidinin parazitlenmiş ve parazitlenmemiş *A. grisella* larvasında sırasıyla % 74 ve % 69 olduğunu da tespit ettik [17]. Sonuç olarak, parazitoit tür *A. galleriae* larvaları ile konak türler, *A. grisella* ve *G. mellonella* larvaları arasında en bol bulunan yağ asitleri açısından benzerlik olduğu ve bu oranların parazitlemeye bağlı olarak büyük oranda değişiklik göstermediği görülmektedir. Diğer türler ile yapılan bir çalışmada, *Glyptapanteles liparidis* L. (Hymenoptera: Braconidae) tarafından parazitlenmenin *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) larvalarının yağ asidi değerlerinde bir farklılığa neden olmadığı ifade edilmiştir [34]. Elde ettiğimiz bulgular, genellikle soliter parazitoitlerin konak lipit seviyelerinde değişikliğe neden olmadığı yönündeki bulguları [35] da desteklemektedir. Parazitoit ve konak türün yağ asidi içeriklerini karşılaştıran bu tip çalışmalar; parazitoit ve konak türün besin ihtiyaçlarının belirlenmesi ve buna bağlı olarak parazitoitlerin kitle halinde üretilmesinde yararlı olabilecek verilere ulaşmamızı sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (2007/15 nolu Araştırma Projesi) ve Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (2007/70 nolu Araştırma Projesi) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Chawla A, Repa JJ, Evans RM, Mangelsdorf DJ. 2001. Nuclear receptors and lipid physiology: opening the x-files. *Science*. 294: 1866-1870.
- [2] Stanley-Samuelson DW, Jurenka RA, Cripps C, Blomquist GJ, DeRenobles M. 1988. Fatty acids in insects: composition, metabolism, and biological significance. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 9: 1-33.
- [3] Downer RGH. 1985. Lipid metabolism. In: *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology* (ed. Kerkut GA, Gilbert LI), Vol. 10, Pergamon, Oxford, England.
- [4] Downer RGH, Matthews JR. 1976. Patterns of lipid distribution and utilization in insects. *Am. Zool.* 16: 733-745.

- [5] Beenackers AMT, Van der Horst DJ, Van Marrewijk JA. 1985. Insect lipids and lipoproteins and their role in physiological processes. *Prog. Lipid Res.* 24: 19-67.
- [6] Canavoso LE, Jouni ZE, Karnas KJ, Pennington JE, Wells MA. 2001. Fat metabolism in insects. *Ann. Rev. Nutr.* 21: 23-46.
- [7] Thompson SN. 1983. Biochemical and physiological effects of metazoan endoparasites on their host species. *Comp. Biochem. Physiol.* 74B: 183-211.
- [8] Thompson SN. 1993. Redirection of host metabolism and effects on parasite nutrition. In: *Parasites, Parasites and Pathogens of Insects* (ed. Beckage NE, Thompson SN, Federici BA), Vol. 1, Academic Press, New York, USA.
- [9] Thompson SN, Barlow JS. 1974. The fatty acid composition of parasitic hymenoptera and its possible biological significance. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 67: 627-632.
- [10] Shimamori K. 1987. On the biology of *Apanteles galleriae*, a parasite of the two species of wax moths. *Honeybee Science.* 8: 107-112.
- [11] Watanabe C. 1987. Occurrence of *Apanteles galleriae* (Hymenoptera: Braconidae), a parasite of wax moth in Japan. *Kontyû.* 55: 165-168.
- [12] Whitfield JB., Cameron SA, Ramirez SR, Roesch K, Messinger S, Taylor OM, Cole D. 2001. Review of the *Apanteles* species (Hymenoptera: Braconidae) attacking lepidoptera in *Bombus* (Fervidobombus) (Hymenoptera: Apidae) colonies in the new world, with description of a new species from South Africa. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 94: 851-857.
- [13] Uçkan F, Gülel A. 2000. Effects of host species on some biological characteristics of *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera; Braconidae). *Tr. J. Zool.* 24: 105-113.
- [14] Uçkan F, Gülel A. 2002. Age-related fecundity and sex ratio variation in *Apanteles galleriae* (Hym., Braconidae) and host effect on fecundity and sex ratio of its hyperparasitoid *Dibrachys boarmiae* (Hym., Pteromalidae). *J. Appl. Entomol.* 126: 534-537.
- [15] Uçkan F, Ergin E. 2002. Effect of host diet on the immature developmental time, fecundity, sex ratio, adult longevity, and size of *Apanteles galleriae* (Hymenoptera: Braconidae). *Environ. Entomol.* 31: 168-171.
- [16] Uçkan F, Ergin E. 2003. Temperature and food source effects on adult longevity of *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae). *Environ. Entomol.* 32: 441-446.
- [17] Nurullahoğlu ZÜ, Uçkan F, Sak O, Ergin E. 2004. Total lipid and fatty acid composition of *Apanteles galleriae* and its parasitized host. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 97: 1000-1006.
- [18] Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509.
- [19] Moss CW, Lambert MA, Mervin WH. 1974. Comparison of rapid methods for analysis of bacterial fatty acids. *Appl. Microbiol.* 28: 80-85.
- [20] Sokal RR, Rohlf FJ. 1995. *Biometry*. Freeman, San Francisco, CA.
- [21] SPSS Inc. 1999. *SPSS 10.0 Statistics*. SPSS, Chicago, IL.
- [22] Candy DJ. 1985. Intermediary Metabolism. In: *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology* (ed. Kerkut GA, Gilbert LI), Vol. 10, Pergamon, Oxford, England.
- [23] Garcia R, Megias A, Municio AM. 1980. Biosynthesis of neutral lipids by mitochondria and microsomes during development of insects. *Comp. Biochem. Physiol.* 65B: 13-23.
- [24] Candy DJ, Kilby BA. 1975. *Insect Biochemistry and Function*. Chapman and Hall, London, UK.
- [25] Rivers DB, Denlinger DL. 1994. Redirection of metabolism in the flesh fly, *Sarcophaga bullata*, following envenomation by the ectoparasitoid *Nasonia vitripennis* and correlation of metabolic effects with the diapause status of the host. *J. Insect Physiol.* 40: 207-215.
- [26] Bischof C, Ortel J. 1996. The effects of parasitism by *Glyptapanteles liparidis* (Braconidae: Hymenoptera) on the hemolymph and total body composition of gypsy moth larvae (*Lymantria dispar*, Lymantriidae: Lepidoptera). *Parasitol. Res.* 82: 687-692.
- [27] Nakamatsu Y, Tanaka T. 2003. Venom of ectoparasitoid, *Euplectrus* sp. near *plathypenae* (Hymenoptera: Eulophidae) regulates the physiological state of *Pseudaletia separata* (Lepidoptera: Noctuidae) host as a food resource. *J. Insect Physiol.* 49: 149-159.
- [28] Thompson SN. 2001. Parasitism enhances the induction of gluconeogenesis by the insect, *Manduca sexta* L. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 33: 163-173.
- [29] Thompson SN. 1982. Effect of the insect parasite, *Hyposoter exiguae*, on the total body glycogen and lipid levels of its host, *Trichoplusia ni*. *Comp. Biochem. Physiol.* 72B: 233-237.
- [30] Mauldin JK, Lambremont EN, Graves JB. 1971. Principal lipid classes and fatty acids synthesized during growth and development of the beetle *Lyctus planicollis*. *Insect Biochem.* 1: 316-326.
- [31] Ogg CL, Stanley-Samuels DW. 1992. Phospholipid and triacylglycerol fatty acid compositions of the major life stages and selected tissues of the tobacco hornworm *Manduca sexta*. *Comp. Biochem. Physiol.* 101B: 345-351.

- [32] Brown JJ, Read Larsen D, Ahl J. 1990. Physiological relationship between a diapausing endoparasitoid (*Ascogaster quadridentata*) and its dormant host (*Cydia pomonella*). *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 13: 229-238.
- [33] Rivers DB, Denlinger DL. 1995. Venom-induced alterations in fly lipid metabolism and its impact on larval development of the endoparasitoid *Nasonia vitripennis* (Walker) (Hymenoptera: Pteromalidae). *J. Invertebr. Pathol.* 66:104-110.
- [34] Hoch G, Schafellner C, Henn MW, Schopf A. 2002. Alterations in carbohydrate and fatty acid levels of *Lymantria dispar* larvae caused by a microsporidian infection and potential adverse effects on a co-occurring endoparasitoid, *Glyptapanteles liparidis*. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 50: 109-120.
- [35] Rivers DB, Pagnotta MA, Huntington ER. 1998. Reproductive strategies of 3 species of ectoparasitic wasps are modulated by the response of the fly host *Sarcophaga bullata* (Diptera: Sarcophagidae) to parasitism. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 91:458-465.