

T.C.  
DICLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜNE, *EURYGASTER INTEGRICEPS* PUT. (HETEROPTERA:  
SCUTELLERIDAE)'İN DEĞİŞİK GELİŞİM SAFHALARINDA  
FOSFOLİPİT ALTSİNİFLARININ YAĞ ASİDİ İÇERİĞİ

Mehmet Cemal TALAY


YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

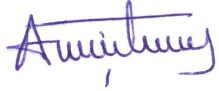
DIYARBAKIR  
Mayıs - 2019

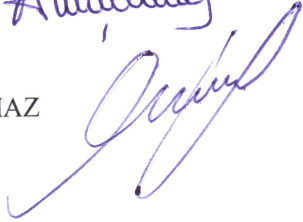
T.C. DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ  
DİYARBAKIR

Mehmet Cemal TALAY tarafından yapılan “Süne, *Eurygaster integriscps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae)’in Değişik Gelişim Safhalarında Fosfolipit Altsınıflarında Yağ Asidi İçeriği” konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Biyoloji Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Mehmet BAŞHAN (Danışman) 

Üye : Prof. Dr. Ali SATAR 

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Veysi KIZMAZ 

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 28/06/2019

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım

.../.../.....

Prof. Dr. Sevtap SÜMER EKER

Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma konusunu Yüksek Lisans Tezi olarak veren, çalışmalarım boyunca bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Mehmet BAŞHAN'a, süne böceğini değişik gelişim safhalarında temin etmeme yardımcı olan Diyarbakır Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüęünden Uzman Vedat KARACA'ya olanaklarından faydalandığım Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümüne ve FEN. 18.002 nolu proje ile maddi katkı yapan Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüęü'ne teőekkürü bir borç bilirim.



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>I</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>II</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>IX</b>
<b>KISALTIMA VE SİMGELER</b> .....	<b>X</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Yağ Asitlerinin Yapısı .....	1
1.2. Fosfolipitler .....	2
1.2.1. Fosfolipit Altsınıfları .....	2
1.2.1.1. Fosfatidilkolin .....	3
1.2.1.2. Fosfatidiletanolamin .....	3
1.2.1.3. Fosfatidilserin .....	3
1.2.1.4. Fosfatidilinositol .....	3
1.3. Böceklerde Yağ Asitleri .....	4
1.3.1. Böceklerde Yağ Asitlerinin Fonksiyonu ve Önemi .....	4
1.4. Süne ( <i>Eurygaster integriceps</i> ) Böceği Hakkında Genel Bilgi .....	6
1.4.1. Süne ( <i>Eurygaster integriceps</i> ) Böceğinin Beslenme ve Zarar Şekilleri .....	8
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>9</b>
2.1. Böceklerin Yağ Asidi Bileşimi .....	9
2.2. Böceklerde Diyapoz .....	11
2.3. Böceklerde RCH (Rapid Cold Hardening) Esnasında Yağ Asitlerinin Değişimi .....	13
2.4. Diyapoz Sürecinin Böceklerin Yağ Asidi Bileşimine Etkisi .....	14
2.5. Fosfolipit Altsınıflarının Zarlardaki Yerleşimi ve Böceklerdeki Dağılımı .....	20
<b>3. MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>23</b>
3.1. Örneklerin Toplanması .....	23

	<b>Sayfa</b>
3.2 Lipit Ekstraksiyonu ve Yağ Asiti Metil Esterlerinin (FAME) Hazırlanması .....	23
3.3 Gaz Kromatografi Koşulları .....	24
3.4 Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi .....	25
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>27</b>
4.1. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in Fosfatidilkolin Yağ Asiti Yüzdelerinin Değişik Gelişim Evrelerindeki Değişimi .....	27
4.2. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in Fosfatidiletanolamin Yağ Asiti Yüzdelerinin Değişik Gelişim Evrelerindeki Değişimi .....	31
4.3 Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in Fosfatidilinositol Yağ Asiti Yüzdelerinin Değişik Gelişim Evrelerindeki Değişimi .....	35
4.4. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in Fosfatidilserin Yağ Asiti Yüzdelerinin Değişik Gelişim Evrelerindeki Değişimi .....	37
4.5. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in Değişik Gelişim Evrelerinde Fosfolipit Alt sınıflarının Yağ Asiti Kompozisyonunda Belirlenen Ortak Değişimler .....	39
4.6. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in Fosfolipit Alt sınıflarındaki Yağ Asidi Yüzdelerinin Yumurta Evresindeki Değişimi .....	44
4.7. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in Fosfolipit Alt sınıflarındaki Yağ Asidi Yüzdelerinin Nimf Evresindeki Değişimi .....	45
4.8. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in Fosfolipit Alt sınıflarındaki Yağ Asidi Yüzdelerinin Yeni Nesil Ergin Evresindeki Değişimi .....	46
4.9. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in Fosfolipit Alt sınıflarındaki Yağ Asidi Yüzdelerinin Diyapoz Öncesi Ergin Evresindeki Değişimi .....	48
4.10. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in Fosfolipit Alt sınıflarındaki Yağ Asidi Yüzdelerinin Diyapoz Sonrası Ergin Evresindeki Değişimi .....	49
4.11. Aynı Fosfolipit Alt sınıfının Yağ Asidi Yüzdelerinin Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in Değişik Gelişim Evresindeki Değişimi ile İlgili Belirlenen Ortak Bulgular .....	51
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>53</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>57</b>
ÖZGEÇMİŞ .....	67

## ÖZET

SÜNE, *EURYGASTER INTEGRISCPS* PUT. (HETEROPTERA: SCUTELLERIDAE)'İN DEĞİŞİK GELİŞİM SAFHALARINDA FOSFOLİPİT ALTSİNİFLARININ YAĞ ASİDİ İÇERİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Cemal TALAY

DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

2019

Bu çalışmada, sünenin, *Eurygaster integriceps* Put. yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi farklı gelişim safhalarında fosfatidilkolin (PC), fosfatidiletanolamin (PE), fosfatidilinositol (PI) ve fosfatidilserin (PS) gibi fosfolipit (PL) alt sınıflarının yağ asidi bileşimi araştırılmıştır.

*E. integriceps*' in yumurta, nimf ve erginlerinin PL alt sınıfları, dağılımları değişebilen ve doymuş yağ asitlerinden (SFAs) miristik asit (14:0), pentadekanoik asit (15:0), palmitik asit (16:0), stearik asit (18:0); tekli doymamış yağ asitlerinden (MUFAs) palmitoleik asit (16:1n-7), oleik asit (18:1n-9); çoklu doymamış yağ asitlerinden (PUFAs) linoleik asit (18:2n-6),  $\alpha$ -linolenik asit (18:3n-3), araşidonik asit (AA, 20:4n-6) ve eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5n-3) olmak üzere on çeşit yağ asidi içermiştir.

*E. integriceps*' in değişik gelişim safhalarının PL alt sınıflarında SFA'dan 16:0, MUFA'dan 18:1n-9 ve PUFA'dan 18:2n-6'nın baskın yağ asitleri olduğu belirlenmiştir.

Diyapoz öncesi ve diyapoz sonrası erginlerin PC fraksiyonundaki yağ asidi bileşimlerindeki değişiklikler, PE fraksiyonuna benzer bulunmuştur. Diyapoz sonrası erginlerin her iki fraksiyonunda, diyapoz öncesi erginlere oranla 16:0, 18:0 ve  $\Sigma$  SFA daha düşük, 16:1n-7 ve 18:2n-6 ise daha yüksek yüzdede saptanmıştır.

Diğer gelişim evreleriyle karşılaştırıldığında, yumurtadaki PC alt sınıfının 18:1n-9 ve MUFA bakımından yüksek, 18:2n-6 ve PUFA bakımından ise daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Yeni nesil erginlerin PE fraksiyonunda 18:1n-9 ve  $\Sigma$ MUFA'nın diğer gelişim evrelerine oranla önemli derecede yüksek olduğu, 18: 2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA'nın ise daha düşük olduğu bulunmuştur.

Diyapoz sonrası erginlerin tüm PL alt sınıflarında doymamış yağ asitlerinin (UFA) doymuş yağ asitlerine oranı (UFA/SFA), diyapoz öncesi erginlere oranla daha yüksek bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Süne, *Eurygaster integriceps*, değişik gelişim safhaları, fosfolipit alt sınıfları, yağ asidi bileşimi.

## ABSTRACT

THE FATTY ACID COMPOSITIONS OF PHOSPHOLIPID SUBCLASSES IN VARIOUS DEVELOPMENT STAGES OF SUNN PEST, *EURYGASTER INTEGRICEPS* PUT. (HETEROPTERA: SCUTELLERIDAE)

MASTER THESIS

Mehmet Cemal TALAY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
UNIVERSITY OF DICLE

2019

In this study, fatty acid compositions of phospholipid (PL) subclasses such as phosphatidylcholine (PC), phosphatidylethanolamine (PE), phosphatidylinositol (PI) and phosphatidylserine (PS) of various development stages of sunn pest *Eurygaster integriceps* such as eggs, nymph, new-generation adult, prediapausing adult and postdiapausing adult were investigated.

Phospholipid subclasses from *E. integriceps* egg, nymphs and adults contained variable distributions of ten fatty acids: the saturated fatty acids (SFAs), myristic acid (14:0), pentadecanoic acid (15:0), palmitic acid (16:0), stearic acid (18:0), the monounsaturated fatty acids (MUFAs), palmitoleic acid (16:1n-7), oleic acid (18:1n-9); and the polyunsaturated fatty acids (PUFAs), linoleic acid (18:2n-6),  $\alpha$ -linolenic acid (18:3n-3), arachidonic acid (20:4n-6) and eicosapentaenoic acid (20:5n-3).

The dominant fatty acids observed in PL subclasses from various development stages of *E. integriceps* were 16:0 among SFA, 18:1n-9 among MUFA and 18:2n-6 among PUFA.

It was found that the changes in fatty acid compositions from the PC fractions of pre-diapausing and postdiapausing adults were similar to those for the PE fractions. In both fractions of post-diapausing adults, 16:0, 18:0 and  $\Sigma$  SFA lower, 16:1n-7 and 18:2n-6 were determined at a higher percentage compared to pre-diapausing adults.

Compared to other developmental stages, phosphatidylcholine subclass in egg was found to be higher in terms of 18:1-9 and MUFA, and lower in 18:2n-6 and PUFA.

It was found that 18:1n-9 and  $\Sigma$ MUFA were significantly higher in PE fraction of the new-generation adults compared to the another development stages whereas 18:2n-6 and  $\Sigma$ PUFA were lower.

Compared to the pre-diapausing adults, the ratio of unsaturated fatty acids to saturated fatty acids (UFA)/ (SFA) was found to be higher in all phospholipid subclasses of the post-diapausing adults.

**Key words:** Sunn pest, *Eurygaster integriceps*, various development stages, phospholipid subclasses, fatty acid composition.

## ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in sistematığı	7
Çizelge 4.1. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in fosfatidilkolin yağ asidi yüzdelerinin farklı gelişim evrelerindeki değişimi	30
Çizelge 4.2. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in fosfatidiletanolamin yağ asidi yüzdelerinin farklı gelişim evrelerindeki değişimi	34
Çizelge 4.3. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in fosfatidilinositol yağ asidi yüzdelerinin farklı gelişim evrelerindeki değişimi	36
Çizelge 4.4. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in fosfatidilserin yağ asidi yüzdelerinin farklı gelişim evrelerindeki değişimi	38
Çizelge 4.5. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin yumurta evresindeki değişimi	45
Çizelge 4.6. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin nimf evresindeki değişimi	46
Çizelge 4.7. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin yeni nesil ergin evresindeki değişimi	47
Çizelge 4.8. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin diyapoz öncesi evresindeki değişimi	48
Çizelge 4.9. Süne <i>Eurygaster integriceps</i> 'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin diyapoz sonrası evresindeki değişimi	50

## ŞEKİL LİSTESİ

<b><u>Şekil No</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 1.1.1. Doymuş yağ asiti	1
Şekil 1.1.2. Doymamış yağ asiti	1
Şekil 1.3. Temel fosfolipit alt sınıflarının hücre zarındaki yerleşimleri	2
Şekil 1.3.1. Düşük sıcaklığın böcekler üzerindeki etkisi ve savunma mekanizması	6
Şekil 1.4. Süne, <i>Eurygaster integriceps</i> 'in yaşam döngüsü	7
Şekil 3.1. Fosfolipit alt sınıflarının UV ışık altında oluşturduğu fraksiyonlar	24

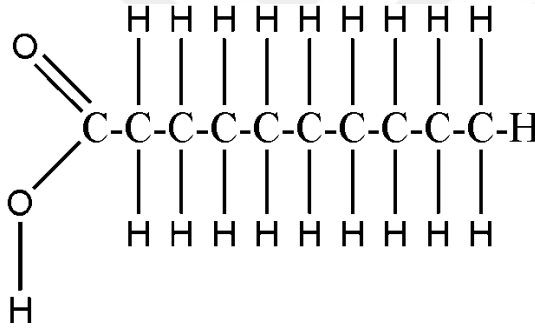
## KISALTMA VE SİMGELER

AA	: Araşidonik asit
DAG	: Diaçilgliserol
EPA	: Eikosapentaenoik asit
MUFA	: Tekli doymamış yağ asidi
PC	: Fosfatidilkolin
PE	: Fosfatidiletanolamin
PI	: Fosfatidilinositol
PL	: Fosfolipit
PS	: Fosfatidilserin
PUFA	: Çoklu doymamış yağ asidi
RCH	: Rapid Cold Hardening
SFA	: Doymuş yağ asidi
UFA	: Doymamış yağ asidi
TAG	: Triaçilgliserol
$\omega$ 3 (n-3)	: Omega 3
$\omega$ 6 (n-6)	: Omega 6
YNE	: Yeni nesil ergin

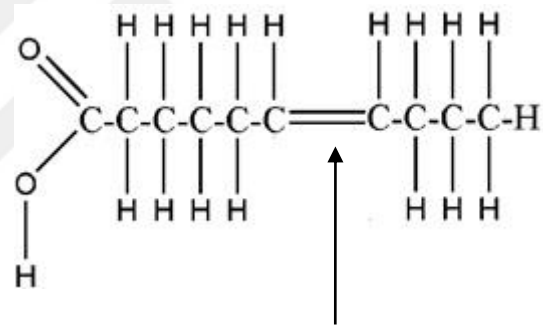
## 1.GİRİŞ

### 1.1. Yağ Asitlerinin Yapısı

Karmaşık lipitler, yağ asitlerinden oluşmaktadır. Farklı uzunluktaki bu yağ asidi bileşenlerinin içeriğinde, karbon (C), oksijen (O) ve hidrojen (H) atomları yer almaktadır. Bu atomlardan karbon atomları arasında çift bağın bulunup bulunmamasına göre doymuş veya doymamış yağ asitleri olarak adlandırılırlar (Şekil 1.1.1. ve Şekil 1.1.2.). Buna göre, karbon atomları arasında çift bağ bulunmayanlara doymuş yağ asitleri (SFA), bir çift bağ bulunduranlara tekli doymamış yağ asitleri (MUFA), birden fazla çift bağ bulunduranlara ise çoklu (aşırı) doymamış yağ asitleri (PUFA) denir. Yağ asitlerinde karbon atom sayısı, çift bağ sayısı ve çift bağların bulunduğu yerler farklılık gösterir (Voet ve Voet 1990).



Şekil 1.1.1. Doymuş yağ asiti



Şekil 1.1.2. Doymamış yağ asiti

Yağ asiti zincirleri bir numaralı (ilk) karbon atomunda karboksil (COOH), en son karbon atomunda ise metil grubu (CH<sub>3</sub>) içermektedir. Çoklu doymamış yağ asitlerinde, metil grubundan sayıldığında üçüncü ve dördüncü karbon atomları arasında çift bağ içeren yağ asitleri, omega-3 ya da n-3, altıncı ve yedinci karbon atomları arasında içerenler ise omega-6 ya da n-6 yağ asitleri olarak adlandırılır (Gurr ve Harwood 1991).

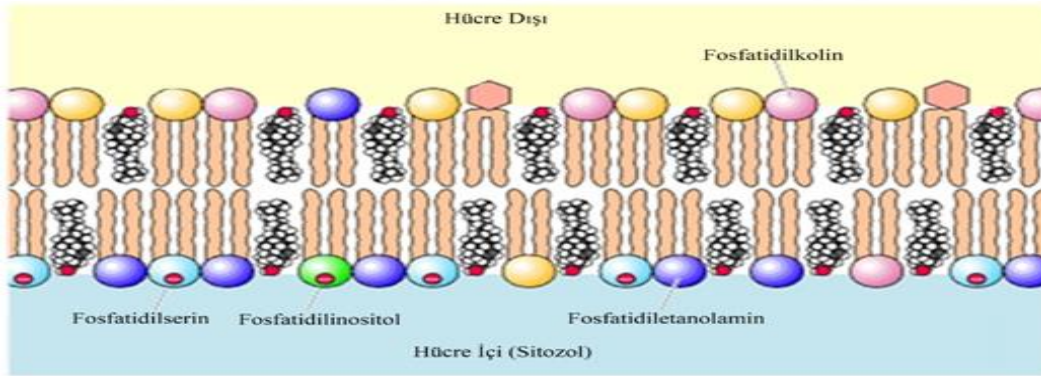
Organizmalarda serbest olarak çok az miktarda bulunan yağ asitleri, genellikle enerji kaynağı olarak kullanılan triaçilgliserollerin (TAG) ile membranlarda daha çok yapısal ve destek gibi işlevleri yerine getiren fosfolipitlerin (PL) yapısına girmektedirler.

## 1.2.Fosfolipitler

Tüm canlıların organel zarları ve hücre zarında bulunan PL'nin yapısında; gliserolün bir numaralı (ilk) karbonuna doymuş yağ asiti, iki numaralı karbon atomuna doymamış yağ asiti, üç numaralı karbon atomuna fosfat grubu, fosfat grubuna da farklı bir alkol grubu bağlanır. Yağ asitlerinden oluşan kısım apolar, gliserol ve diğer bileşenleri içeren baş kısım ise polar yapıdadır. Amfipatik özellikteki fosfolipitler, hücre ve organellerin yapısını oluştururlar (Vance 2002). Fosfolipit hücre zarlarında yapısal ve destek bileşeni olarak görev yapar ve değişen veya alışılmamış çevre şartlarını(sıcaklık v.s) telafi etmek için önemli işlevler gerçekleştirirler.

Fosfat grubunun hidroksil grubuna kolin, etanolamin, serin ve inositolün bağlanması ile hücre ve organellerin membran yapılarında en çok rastlanan, fosfatidilkolin (PC), fosfatidiletanolamin (PE), fosfatidilserin (PS) ve fosfatidilinositol (PI) gibi birbirinden farklı fosfolipit alt sınıfları oluşmaktadır (Şekil 1.3.).

Her biri değişik yapı ve biyokimyasal işleve sahip olan bu PL alt sınıflarının dağılımı, hücre zarında farklıdır. Örneğin, zarın dış kısmında PC, stoplazmaya bakan yönünde ise PS, PI ve PE bulunur.



Şekil 1.3. Hücre zarında yapılarında alan bazı fosfolipit alt sınıflarının dağılışı (Cooper, G.M. 2000)

### 1.2.1. Fosfolipit Alt sınıfları

Hücre zarlarının yapısında en fazla bulunan PL alt sınıfı PC'dir ve total fosfolipitlerin % 40-50'sini oluşturur. İkinci olarak en fazla bulunan PL ise %20-50 ile PE'dir. Sırasıyla PS ve PI miktar olarak daha az bulunan birer membran fosfolipitleridirler.

### **1.2.1.1. Fosfatidilkolin**

Fosfat grubunun hidroksil grubuna kolin bağlanması ile oluşan Fosfatidilkolin, hayvanlarda ve bitkilerde en çok bulunan PL olup, genellikle toplam kompleks lipidlerin neredeyse %50'sini oluşturur.

Yapısında metil grubu içerdiğinden, protein ve nükleik asit sentezi ve düzenlenmesi gibi çok sayıda biyokimyasal süreç için oldukça önemlidir. Fosfatidilkolinin, beyin işlevinde önemli bir rol oynayan serum asetilkolin düzeylerini arttırdığı gösterilmiştir (Canty ve Zeisel 1994).

Fosfatidilkolin genel olarak silindirik şekli nedeniyle kendiliğinden iki katmanlı halde olup, biyolojik membranların toplu yapısal ögesi olarak kullanılmaya uygundur. Doymamış açil zincirler katlanır ve membranda akışkanlık kazandırır.

### **1.2.1.2. Fosfatidiletanolamin**

Fosfat grubunun hidroksil grubuna etanolamin bağlanması ile oluşan Fosfatidiletanolamin, hayvan ve bitki lipidlerinde PC'den sonra en çok bulunan ikinci PL'dir ve genellikle mikrobiyal zarların ana lipid bileşenidir. Fosfatidiletanolamin lipide bir koni şekli veren daha küçük bir baş grubuna sahiptir. Membran çift tabakalarının temel bir yapı taşı olup, plazma membranının iç yaprağında yoğunlaşmaktadır. Böceklerde yapılan çalışmalar, PE'nin membran akışkanlığını korumak için çift tabakanın direncini arttıran bir fonksiyona sahip olduğunu göstermektedir.

### **1.2.1.3. Fosfatidilserin**

Fosfat grubunun hidroksil grubuna serin bağlanması sonucu meydana gelen Fosfatidilserin, hem ökaryotlarda hem de prokaryotlarda membranlara önemli fiziksel özellikler kazandıran önemli bir anyonik (negatif yüklü) PL'dir. Özellikle sinir hücreleri arasındaki impulsların aktarımında çok önemlidir. Böylece hafıza ve öğrenme yeteneğinin gelişmesinde rol oynamaktadır.

### 1.2.1.4. Fosfatidilinositol

Fosfat grubunun hidroksil grubuna inositolün bağlanması ile oluşan Fosfatidilinositol, hücre ara yüzeyi üzerinde bulunan proteinlerin regülasyonu ve hücre içi sinyal aktarımında oldukça önemlidir.

Bu moleküller seri bir şekilde değişime uğrayarak diaçilgliserol (DAG), inositol 1,4,5-trifosfat, fosfatidilinositol 3,4-bisfosfat (PtdIns (3,4) P2) ve fosfatidilinositol 3,4,5-trifosfat (PtdIns (3,4,5)P3) gibi ikincil habercilere dönüşürler. Plazma zarında, birçok sitoplazmik ve membran proteini ile kompleks oluşturur ve bu şekilde, membrana girmiş olan sayısız proteinin işlevini düzenlerler, özellikle de potasyum, kalsiyum, sodyum ve diğer iyonlar için iyon kanallarıyla ilgilenenirler. Anahtar proteinleri aktif hale getirerek iyon kanallarının aktivitesini artırırlar.

### 1.3. Böceklerde Yağ Asitleri

Böcekler hayvanlar aleminin omurgasız hayvan sınıfındadırlar. Toplam tür sayılarının bugün 2.000.000 olduğu kabul edilmektedir.

Böcekler çeşitli bitki türlerine verdiği zarardan dolayı genelde zararlı bir hayvan türü olarak bilinmektedirler. Her ne kadar insan gıdası olan bitkilere ve depolanmış olan yiyeceklere zarar verseler de insanlar için çok önemli besinler ya da ihtiyacı karşılayacak şeylerde (entomolojik delil, tozlaşma, ipek v.s.) böceklerden faydalanılmaktadır.

Böceklerde total vücut yağ asitlerinin % 90-95'ini TAG oluşturmaktadır, geriye kalan %5'lik kısmını ise PL oluşturmaktadır.

Böceklerde yağ asitleri içerikleri ordo, familya ve türler arasında kalitatif (nitelik) olarak benzerlik, kantitatif (nicelik) olarak ise değişiklik gösterir. Aynı türdeki böceklerde de farklı gelişim aşamalarında ve hatta aynı tür böceğin farklı doku ve organellerinde de bu değişiklikler gözlemlenebilmektedir.

#### 1.3.1. Böceklerde Yağ Asitlerinin Fonksiyonu ve Önemi

Böceklerde hidrokarbonlar, fosfolipitler, steroller, diaçilgliseroller ve triaçilgliseroller gibi çeşitli lipitlerin varlığı belirlenmiştir. Triaçilgliserol olarak yağ doku hücrelerinde depolanan yağ asitleri (Downer 1985),  $\beta$ - oksidasyon yolu ile enerji

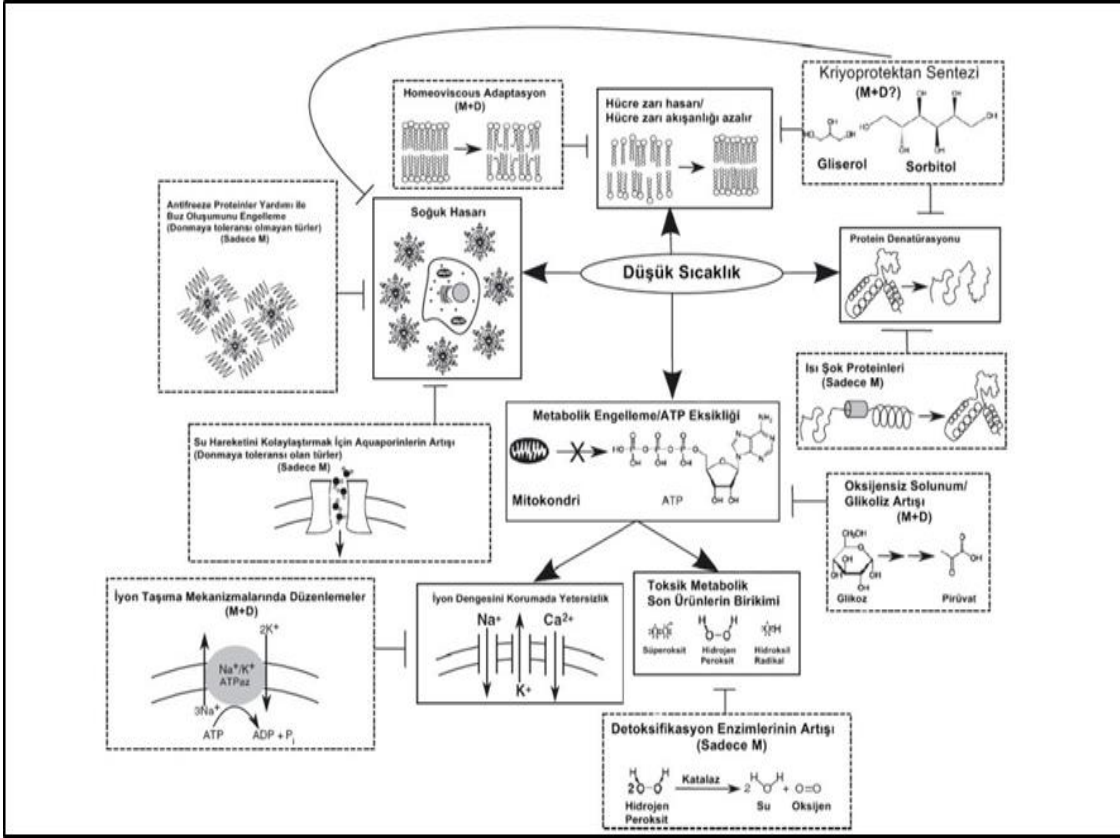
üretiminde kullanılırlar (Athenstaedt ve Daum 2006). Bu enerji, böceklerde diyapoz esnasında (Hahn ve Denlinger 2007; Arrese ve Soulages 2010), embriyonun gelişiminde (Ziegler 2006) ve uzun süreli uçuşlarda (Beenackers ve ark. 1984) kullanılmaktadır.

Biyolojide temel bileşikler olan yağ asitlerinin önemli biyolojik rolleri vardır. Yağ asitleri, hücre ve organel zarlarının yapısına girerler. Biyolojik enerji için depo ve transport maddesi olarak kullanılırlar. Doymuş ve tekli doymamışlar genellikle lipid enerji rezervi olarak depolanır ve gelişim, hibernasyon ve harekette enerji kaynağı olarak kullanılırlar. Hücre ve organel zarlarında fosfolipitlerin yapısına katılırlar (Stanley-Samuelson ve ark. 1988). Eikosatrienoik asit, 20:4n-6 ve 20:5n-3 gibi yirmi karbonlu çoklu doymamış yağ asitleri, metabolizmada düzenleyici rol oynayan prostaglandin ve diğer eikosanoidlerin biyosentezinde substrat olarak görev alırlar. Böceklerde bu görevlere ek olarak, yağ asitlerinin mum, feromen, eikosanoid ve savunma salgılarının da öncül maddeleri oldukları bildirilmiştir (Stanley-Samuelson ve ark. 1988).

Omurgalı ve omurgasız hayvanlarda davranış, üreme ve taşıma fizyolojisinde aracı madde olarak iş gören eikosanoidlerin (Stanley-Samuelson 1987, 1991,1993, 1994; Kerkhove ve ark. 1994), son zamanlarda yapılan çalışmalarda, böceklerde bakteriyal enfeksiyonlara karşı hücresel bağışık yanıtın oluşmasında da katkıda buldukları saptandı (Miller ve ark. 1991; Kerkhove ve ark. 1994). Biyolojik bakımdan aktif maddeler olan eikosanoidlerin ve PG'lerin öncül maddelerinin 20 C'li PUFA'ların oluşu; böcek fizyolojisinde yağ asitlerinin analizi ile ilgili çalışmaların önem kazanmasını sağlamıştır (Stanley-Samuelson 1991).

Böcekler çevresel koşullardaki değişimlere tepki olarak yağ asidi kompozisyonunu değiştirebilirler. Özellikle PL fraksiyonundaki yağ asidi dağılımı sabit değildir. Nitekim farklı gelişim aşamaları, besin ve sıcaklık gibi çevresel faktörler, bu dağılımı etkileyebilir.

Böceklerde, düşük sıcaklığın zararlı etkileri ile başa çıkmak için bazı fizyolojik mekanizmalar geliştirilmiştir (Şekil 1.3.1.). Böceklerin mevsimsel ve deneysel (Rapid Cold Hardening-Hızlı soğuk sertleştirme) olarak gelişen olumsuz çevre koşullarına karşı geliştirdikleri mekanizmalar aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 1.3.1. Düşük sıcaklığın böcekler üzerindeki etkisi ve savunma mekanizması: Kesiksiz çizgilerden oluşan kutular, düşük sıcaklığın oluşturduğu hüresel hasarları; kesikli çizgilerden oluşan kutular ise düşük sıcaklığa karşı böceklerin geliştirdiği fizyolojik koruma stratejilerini göstermektedir. (Nicholas ve Denlinger 2013.)

#### 1.4. Süne (*Eurygaster integriceps*) Hakkında Genel Bilgi

Süne, *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera; Scutelleriade). Palearktik bölgede belirli bir alana yayılmıştır. Bu bölgede başlıca bulunduğu yerler; Yunanistan, Bulgaristan, Romanya, Güney ve Güneydoğu Rusya, Kafkasya, Türkiye, Girit, Kıbrıs, Suriye, Lübnan, İsrail, Ürdün, Irak, İran, Orta Asya, Çin, Afganistan ve Pakistandır. Ancak bulunduğu bu alan içinde ekonomik düzeyde zarar yaptığı yerler çok sınırlıdır. Bu zararlı böcek Ortadoğu ülkelerinin çoğunda buğdaylarda zarar yapan en önemli türlerden birisidir. Yurdumuzun Güneyinde, Mersin, Adana, Hatay, Gaziantep, Kahramanmaraş dâhil doğuda Hakkâri, Van ve Ağrı'yı içine alan tüm Güneydoğu ve Doğu Anadolu Bölgesinde yayılmıştır. Bu bölge içinde yoğun olarak bulunduğu ve zarar yaptığı yerler Diyarbakır, Elazığ, Şanlıurfa, Mardin ve Adıyaman gibi illerin bazı kesimleridir.



Süne erginlerinde aktif ve pasif olmak üzere iki hayat dönemi bulunur. Pasif dönemde erginler yazın bir kısmı ile sonbahar ve kış mevsimlerinin tamamını ve yine baharın bir kısmını uyku halinde genellikle dağlarda yüksek yerlerde geçirirler. Sünelerdeki pasif dönem diye adlandırılan dönem diyapozdur. Kışlak yerlerine gelen süneler oralardaki bitki türlerinin altlarına girerek gizlenirler. İlkbaharda kışlak yerlerinde havaların ısınması ve karların erimeye başlaması ile birlikte süneler kış uykusundan uyanırlar ve sıcak yörelere göç ederler. Ovaya gelen süneler bir taraftan beslenirken diğer taraftan da çiftleşme ve yumurta bırakmaya başlarlar.

### 1.4.1. Sünenin Beslenme ve Zarar Şekilleri

Süneler genellikle gerek nimf gerekse ergin dönemlerinde ovalardaki tahılların bitki öz suyu ve başak saplarını hortumları ile emmek suretiyle beslenirler. Süne böceğinin özellikle buğdaygillerin muhtelif dönemlerinde yaptığı zararlar çok önemlidir.

Kışlaktan ovalara gelen ergin süneler, küçük boyda ve taze olan buğday ve diğer Graminae bitkilerinin saplarının genellikle toprağa yakın kısmından beslenirler. Emilen sap zamanla sararır ve kurur, dolayısıyla başak bağlamaz. Bu tür zarar Kurtboğazi olarak tabir edilir. Süneler başak oluşumu sırasında henüz yeşil olan başak sapını emerek doğrudan doğruya başağın kurummasına neden olurlar. Bu tür zarar ise Akbaşak olarak tabir edilir.

Böcekler çevresel koşullardaki değişimlere tepki olarak yağ asidi kompozisyonunu değiştirebilirler. Özellikle PL fraksiyonundaki yağ asidi dağılımı sabit değildir. Nitekim değişik gelişim aşamaları, besin ve sıcaklık gibi çevresel faktörler, bu dağılımı etkileyebilir. Daha önce yapılan çalışmada süne, *E. integriceps*'in yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ve diyapozlu erginlerin PL fraksiyonundaki yağ asidi bileşimi tespit edilmiştir (Başhan ve ark. 2002). Gelişim safhaları ve sıcaklık, diyapoz gibi faktörler sadece PL yağ asidi içeriğini değil, aynı zamanda PC, PE, PI ve PS gibi PL alt sınıflarının yağ asidi kompozisyonunu da etkilemektedir. Bu çalışmada süne, *E. integriceps*'in yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ve diyapoz sonrası erginlerin PC, PE, PI ve PS gibi PL alt sınıflarının yağ asidi bileşiminin incelenmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Böceklerin Yağ Asidi Bileşimi

Thompson (1973), Lepidoptera, Hemiptera, Orthoptera, Diptera, Hymenoptera ve Dictyoptera ordolarına ait türlerin, yağ asitleri ile ilgili 1970 yılına kadar yapılan çalışmaları derlemiştir. Bu derlemede miristik (14:0), miristoleik (14:1), palmitik (16:0), palmitoleik (16:1n-7), stearik (18:0), oleik (18:1n-9), linoleik (18:2n-6) ve  $\alpha$ -linolenik asitlerin (18:3n-3) böceklerde olduğu; ordolar arasında bazı yağ asitleri bakımından yüzde olarak bazı farkların olduğu, dipterlerde 16:1n-7'nin, homopterlerin bazı türlerinde ise 14:0'ın diğer ordolara ait böceklere oranla anormal derecede yüksek miktarda olduğu görülmüştür. Örneğin çoğu ordolarda % 0-2 oranında bulunan 16:1n-7, dipterlerin total yağ asitlerinin % 20'sinden fazlasını oluşturmuştur. Coccid'lerde 10:0 ve 12:0 gibi kısa zincirli yağ asitleri, diğer böcek gruplarına oranla fazla yüzde de bulunurlar (Fast 1970). Süne, birçok dipter gibi (Thompson 1973), 16:1n-7 oranı diğer çoğu böcek gruplarına oranla yüksek değerlerde bulunmuştur (Başhan ve ark. 2002). Bu yağ asiti daha önce yapılan çalışmalarda iki heteropter (Spike ve ark. 1991), bir başka süne türü *E. maura* (Kilincer ve ark. 1987) da fazla yüzdede tespit edilmiştir.

Analizi yapılan böceklerin büyük çoğunluğunda doymuş yağ asitlerinden (SFA) 16:0'ın, tekli doymamış yağ asitlerinden (MUFA) 18:1n-9'un ve çoklu (aşırı) doymamış yağ asitlerinden (PUFA) 18:2n-6 asitlerin dominant (yüzde dağılımında en yüksek) yağ asitleri olduğu, 14:0, 14:1 ve 16:1n-7 yağ asitlerinin ise minör (yüzde dağılımında en düşük) olduğu görülmüştür. Linolenik asitin dağılımı ise farklı bulunmuştur. Kimi böcek türlerinde saptanamayan bu bileşen, bazılarında % 30 düzeyinde tespit edilmiştir. Linolenik asitin ötesindeki PUFA'ların hiçbiri saptanmamıştır. Bu veriler, böceklerin total vücut lipitlerindeki yağ asiti analizleri ile ilgilidir.

Stanley-Samuelson ve Dadd (1983), değişik ordolara (Orthoptera, Neuroptera, Lepidoptera, Diptera) ait çeşitli böcekler üzerinde yaptıkları çalışmada; total vücut lipitlerini, fosfolipit (PL) ve triaçilgliserol (TAG) olarak fraksiyonladıktan sonra, bu fraksiyonlardaki yağ asiti analizlerini gerçekleştirdiler. Önceki çalışmalarda, fraksiyonlama yapılmadan total vücut lipitlerindeki yağ asitleri analiz edildiği için, saptanamayan 20 karbonlu PUFA'lar olan olan eikosatrienoik asit (20:3n-6), araşidonik asit (AA, 20:4n-6) ve eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5n-3), PL fraksiyonunda tespit

edilmiştir. Anılan bu yağ asitleri, membranların yapısını oluşturmaları ve prostaglandinler ile diğer ilgili eikosanoidler gibi biyolojik olarak aktif maddelerin öncül molekülleri olmalarından dolayı, fizyolojik olarak çok önemlidirler. Bu çalışmayı yapan araştırmacılar diğer çoğu böceklerin PL'lerinde de 20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinin bulunabileceğini ileri sürdüler. Nitekim bu tarihten sonra yapılan çalışmalarda PL fraksiyonunda bu bileşenler saptanmıştır (Stanley-Samuelson ve ark. 1986, 1992; Uscian ve ark. 1992).

Böceklerde TAG ve PL yağ asiti bileşimi yüzde olarak birbirinden farklı bulunmuştur. Triaçilgliserolde genellikle SFA'lar ile tek çift bağ içeren 18:1n-9, PL ise PUFA'lar daha fazla düzeyde saptanmıştır (Spike ve ark. 1991; Stanley-Samuelson ve ark. 1992). Fosfolipit fraksiyonunda % 0.5-1 gibi eser miktarda saptanabilen 20 karbonlu PUFA'lara, TAG fraksiyonunda rastlanmamıştır (Stanley-Samuelson ve ark. 1986; Uscian ve ark. 1992).

Kimi çalışmalarda böceklerin testis, yağ doku ve ovaryum gibi organların yağ asidi analizleri yapılmıştır (Stanley-Samuelson ve ark. 1986; Baldus ve Mutchmor 1988). Testislerin PL'lerinde bulunan 20 karbonlu PUFA'lara, yağ dokuda rastlanılmamıştır. (Stanley-Samuelson ve ark. 1986). Bazı böceklerin kimi dokularının PL alt sınıflarında oldukça fazla miktarda 20 karbonlu PUFA'lar belirlenmiştir.. Örneğin *Deilephila elpenor*'un retinasındaki PE'nin yağ asitlerinin % 40'ını EPA (Zinkler 1975), *Periplaneta americana*'nın sinir sisteminde PE'nin % 21'ini, PI'nin, %24'ünü, PS'nin % 28'ini AA (Stanley-Samuelson ve Pipa 1984); *Teleogryllus commodus*'un spermatoforundaki PC yağ asitlerinin % 24'ünü AA oluşturmuştur (Stanley-Samuelson ve Loher 1983).

1980'li yıllara kadar böcekler dâhil tüm hayvanların 18:2n-6'yı sentezleyemediği kabul edilmiştir. Bu yağ asidini içermeyen sentetik besinlerle beslenen böceklerde çeşitli büyüme ve gelişme bozuklukları ve kanat malformasyonları görülmüştür (Dadd 1985). Bu nedenle 18:2n-6'nın böcekler için de temel yağ asidi olduğu sonucuna varılmıştır. Fakat ilk kez Blomquist ve arkadaşları (1982); *Zootermopsis angusticollis*, *P. americana* ve *Achetta domesticus*'un bu yağ asidini sentezlediklerini saptamışlardır. Linoleik asidi sentezleyebilen bu böceklere daha sonra

yapılan çalışmalarda 12 böcek türü daha ilave edilmiştir (Cripps ve ark. 1986; Başhan ve Çelik 1995).

Böceklerin özellikle PL fraksiyonundaki yağ asidi dağılımı sabit değildir. Zira değişik gelişim evreleri, besin ve sıcaklık gibi çevresel faktörler, bu dağılımı etkileyebilir. Lambremont ve arkadaşları (1964), besinde bulunmayan bazı yağ asitlerinin *Anthonomus grandis*'in larva ve erginlerinde tespit etmişlerdir.

*Trichoplusia ni* (Nelson ve Sukkestad 1986) ile *Heliothis zea* (Schaefer 1986) larvarlarının yağ asidi içeriği, besinden farklı bulunmuştur. Ayrıca, *Apis mellifera*'nın trigliserid kompozisyonları besinden etkilenmiştir. Besinde çok az miktarda bulunan 16:1n-7, *Sarcophaga bulata* ve *Phormia regina*'nın trigliseritlerinde oldukça fazla miktarda bulunmuştur (Harlow ve ark. 1969).

Böcekler, çevresel sıcaklık değişimlerine hücre membranlarında bulunan yapısal lipitlerin kimyasal içeriğini modifiye ederek tepki gösterir. Düşük sıcaklıklarda, lipitlerin doymamışlık derecesinin arttığı görülmüştür (Danks ve Tribe 1979).

## 2.2. Böceklerde Diyapoz

Olumsuz koşullarda organizmanın alternatif bir yaşam stratejisi olan diyapoz genellikle böceklerde yaygın olup, onların kış mevsimi boyunca hayatta kalmasını sağlamaktadır (Vukašinović ve ark. 2013). Ilıman bölgelerde yaşayan pek çok böcek, kış dönemindeki olumsuz çevresel koşullarla başa çıkmak ve hayatta kalabilmek için diyapoz girer (Denlinger 1991; Kostal ve Simek 1995). Bu dönemde metabolik süreçlerde azalma oluşsa da, diyapoz dinamik bir fizyolojik durum (Watanabe ve Tanaka 2000) ve programlanmış bir gelişimsel durma halidir (Hahn ve Denlinger 2011). Diyapoz ayrıca enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmaya yaramaktadır.

Sıcaklık değerlerinin yavaş yavaş düştüğü bu dönemde metabolizmanın azalmasının nedeni, glikojenden türetilen ve kriyoprotektanlar olarak işlev gören gliserol, trehaloz gibi düşük molekül ağırlıklı organik maddelerin biyosentezidir (Kostal ve Simek 1998).

Bu kriyoprotektanlar, başlıca hücresel bileşenlerin, özellikle de membran lipit çift tabakasının yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünün korunmasında rol oynar (Storey ve Storey 1991).

Böcekler, vücut sıvılarının erime noktasının altındaki sıcaklıklarda, iç buz oluşumu riskini taşırlar. Bu sorunu hafifletmek için, vücut sıvılarını erime noktasının altındaki sıcaklıklarda (donmadan kaçınma) sıvı (aşırı soğutulmuş) halde tutmaya çalışırlar, buzun oluşumunu, büyümesini ve yapısını değiştiren antifriz proteinleri gibi buz bağlayan moleküller ile makromolekülleri koruyabilen gliserol ve prolin gibi düşük molekül ağırlıklı kriyoprotektanları kullanırlar (Lee 2010).

Kışlayan böceklerde lipitler, temel enerji kaynağıdır. Bu böceklerde yağların üç temel kaynağı vardır: 1. Şeker ve amino asit gibi daha küçük moleküllerden de novo sentezi, 2. Besinle alınan lipitlerin modifikasyonu, 3. İlk iki kaynaktan sağlanan lipitlerin kışa özgü modifikasyonları.

Kışlama sürecinin sonlarında lipit depolarının azalma göstermesi, böceklerin kışlama döneminde lipitleri temel enerji kaynakları olarak kullandıklarını göstermektedir (Sinclair 2015). Bu böceklere örnek olarak, Diptera ordosundan *Calliphora vicina*, *S. crassipalpis*, *Eurosta solidaginis*, *Rhagoletis cerasi*; Hemiptera'dan *Pyrrhocoris apterus*, Hymenoptera'dan *Megachile rotundata*, *Osmia lignaria*, Lepidoptera'dan *Diatraea grandiosella*, *Erynnis propertius*, *Aglais io*, *A. urticae*, *Danaus plexippus*, *Manduca sexta* ve *Epiblema scudderiana* verilebilir (Sinclair ve Marshall 2018).

Diyapoz döneminde lipit depolarının mobilizasyonu: Diyapoz sürecinde adipokinetik hormon (AKH) yağ dokuda cAMP ve kalsiyum sinyalizasyon sistemi aracılığı ile lipazı aktifleştirir. Bu enzim TAG'ye etki ederek diaçilgliserol (DAG) oluşturur. DAG, yüksek yoğunluklu lipoforine bağlanarak hemolenften somatik hücrelere taşınır. Bu hücrelerde lipoprotein lipaz aracılığı ile meydana gelen serbest yağ asitleri oksidasyona uğrayarak ATP oluşturur.

Lipitler, hem enerji kaynağı olarak hem de düşük molekül ağırlıklı kriyoprotektant moleküllerin üretiminde öncül madde olarak fonksiyon görürler (Sinclair ve Marshall 2018).

Böcekler metabolik olarak sıfırın altına ulaşırlarsa lipitlerini sıvı olarak tutmak zorundadırlar (Sinclair ve Marshall 2018). Fosfolipit yağ asitlerinin doymuşluğundaki değişiklikler, soğukta akıcılığı sürdürmek içindir (Somero ve ark. 2017).

### 2.3. Böceklerde RCH (Rapid Cold Hardening) Esnasında Yağ Asitlerinin Değişimi

Deneysel olarak oluşturulan kademeli soğuma, RCH (Rapid Cold Hardening) olarak adlandırılır. RCH, deneysel olarak uygulanan bir protokol olup, bu işlemde böceklerin alışık oldukları ortam sıcaklığı, donma derecesi olan 0 °C' ye kadar kademeli olarak soğutulup belli bir süre bekletilmektedir. Örneğin *Drosophila melanogaster* için uygulanan RCH protokolünde, böceklerin ortam sıcaklığı 25 °C'den 0 °C'ye dakikada 0.1 °C düşürülmüş ve sinekler sıfır derecede bir saat tutulmuştur (Overgaard ve ark. 2005).

Membran viskozitesi ve fonksiyonunun sürdürülmesi için soğuğa uyum esnasında membran kompozisyonundaki değişiklikler, homeoviskoz adaptasyon olarak adlandırılır (Cossins ve ark. 2002). Nitekim böceklerle yapılan daha önceki çalışmalarda; sıcaklığın düşmesiyle fosfolipitteki doymamış yağ asitlerinin arttığı saptanmıştır (Rapport 1986; Kostal ve Simek 1998; Kostal ve ark. 2003, Overgaard ve ark. 2005). Doymamış yağ asitlerindeki bu artış, düşük sıcaklıklarda membran faz değişimini önlemeye yardımcı olur (Overgaard ve ark. 2005).

RCH durumunda hücre zarının lipit kompozisyonunda hızlı değişiklikler oluşur (Hazel 1995; Cossins ve ark. 2002). RCH'ye maruz bırakılan *S. bullata* yağ doku hücrelerinde eşzamanlı olarak membran akıcılığı artmıştır (Lee ve ark. 2006). RCH ye maruz bırakılan *D. melanogaster*'de membran akışkanlığının artırılması için 18:2n-6 artarken 18:1n-9 ve 14:0 azalmıştır. Sıcaklık düştüğünde PL fraksiyonunda UFA/SFA oranı ve PUFA yüzdelerinde artış olmuştur (Overgaard ve ark. 2005). Fosfolipit fraksiyonundaki yağ asitlerinde oluşan bu değişiklikler, membranda mevcut lipitlerin desaturaz enzimleri ile modifiye edilmeleri sonucu oluşur (Hazel 1995).

Deneysel olarak yapılan çalışmada, 21 °C'den 15 °C ye getirilen üç *Drosophila* türünün (*D. curviceps*, *D. immigrans* ve *D. albomicans*) PL fraksiyonunda dominant MUFA'lar olan 16:1n-7 ve 18:1n-9'un arttığı görülmüştür (Ohtsu ve ark. 1999).

*Drosophila*'ların bir kısmı soğuğa toleranslı bir kısmı da soğuğa duyarlıdır. Yapılan çalışmada çift bağlı yağ asitlerinin soğuğa duyarlı olanlara oranla soğuğa toleranslı olanlarda daha az olduğu, deneysel olarak 15 °C'lik ortamda soğuğa toleranslı *Drosophila* türlerinin PL analizlerinde tekli doymamış yağ asitleri yüzdesinin arttığı,

çift bağ içeren (18:2n-6) yağ asitlerinin ise azaldığı tespit edilmiş ancak doymamış yağ asitlerinin yüzdesinde önemli bir değişiklik saptanmamıştır (Ohtsu ve ark. 1998). Araştırmacılar PE'nin *Drosophila* türlerinde baskın bir PL olduğunu ( PE % 64- 67, PC % 13- 17) ve soğuk ortamda hücrel membranların homeoviskozitesini sürdürmek için, PL fraksiyonunda yağ asitlerinin yüzdesinde oluşan bu değişikliklerin; PC bakımından zengin membranlardan daha farklı olduğunu bildirmişlerdir. Fosfatidiletanolaminin, jel/sıvı (tm) ve sıvı/hekzagonal (th) olmak üzere iki geçiş sıcaklığına sahip olduğu, PE bakımından zengin zarların sadece akıcılıklarını koruduğu bildirilmiştir (Ohtsu ve ark. 1998). Dilinoleilglicerofosfoetanolaminin tm'si -40 °C, th'si -15 °C; dioleilglicerofosfokolinin ise tm'si -40 °C, th'si -15 °C dir. Bu bilgi, MUFA artışının zararlı olmadığını, sineklerin kar altında kışlamaları için gerekli olduğunu göstermektedir (Ohtsu ve ark. 1998).

Deneysel olarak hem RCH (böcekler, +4 °C de 1, 2, 4 ve 8 saat bekletilmiş) işlemine hem diyapozda sokulan et sineği *S. crassipalpis*'ta RCH esnasında erginlerin PL fraksiyonunda oleik asit total yağ asitleri arasında % 30 dan % 47 ye arttı. Diyapozda da oleik asitte büyük artış olduğu ve bu bileşen % 58 e kadar çıktığı belirlenmiştir. Oleik asit hem düşük sıcaklıkta membran akışkanlığını düzenler hem de sıcaklığın arttığında zarın sıvı kristal halinin devamını sağlar. RCH işleminde 16:0 ve 18:2n-6 yağ asitlerinde değişiklik olmadığı tespit edilmiştir (Michaud ve Denlinger 2006).

Dişi *D. melanogaster*, 25 °C den 0 °C ye dakikada 0.01, 0.05, 0.1 ve 0.5 °C olacak şekilde kademe kademe soğutulup fosfolipit yağ asiti içeriğine bakılmıştır. Dakikada 0.05 veya 0.1°C soğutulan RCH işlemi; 18:2n-6'nın artmasını, 16:0 ve 18:1n-9'un azalmasını tetiklemiş, sonuçta doymamışlık derecesinin ve doymamış yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerine oranında artışa neden olmuştur (Overgaard ve ark. 2006).

#### **2.4. Diyapoz Sürecinin Böceklerin Yağ Asidi Bileşimine Etkisi**

Hücre zarları, hücre içi ve hücre dışı bölümlerde seçici bariyer olarak fonksiyon görürler. Zarlar, normal sıcaklıkta sıvı kristal fazındadırlar. Ancak soğuk ortamda, biyolojik zarlar, yavaş yavaş sıvı kristal fazından jel faza geçerler ve seçici özelliklerini kısmen kaybederler, zardaki geçirgenlik değişebilir, membrana bağlı enzimlerin aktivitesinde azalma oluşabilir (Hazel 1995). Bu faz dönüşümü; hücre içindeki lipid,

protein ve iyonların kaybına neden olur. Zardaki iyon ve su homeostasisindeki olumsuz değişimler meydana gelebilir (Kostal ve ark. 2004). Sodyum ve kalsiyumun hücreye girmesiyle (Watson and Morris 1987) sinir-kas sisteminde fonksiyon kaybı oluşabilir bu da komaya ve ölüme neden olabilir (MacMillan ve Sinclair 2011). Soğuk ortamın neden olduğu bu olumsuz koşulların üstesinden gelmek için homeoviskoz adaptasyonu gereğince membran lipidleri yeniden şekillenir, fosfolipidlerin kimyasal kompozisyonu, baş grupları, kolesterol içeriği ve yağ açıl zincirleri yeniden düzenlenir. Membrandaki yapısal lipitler olan fosfolipitlerdeki yağ asiti içeriğini değiştirerek çevresel sıcaklıklardaki mevsimsel değişimlere tepki oluştururlar (Hazel 1995). Fosfolipitlerin yapısında uzun zincirli doymamış yağ asitlerinin miktarı artar (Cossins ve ark. 2002), PL alt sınıfları yeniden yapılandırılır, PE'nin PC'ye oranı artar. Böylece sıcaklık stresine maruz bırakılan membranların akıcılığı ve yapısal bütünlüğü korunmuş olur (Hazel 1995). Ayrıca, Yağ asidi kompozisyonundaki mevsimsel değişiklikler, kışlama süresince hayati fonksiyonların korunmasını sağlamaktadır (Bashan and Cakmak 2005).

Beslenmenin olmadığı diyapoz esnasında yağ asiti bileşiminde görülen değişiklikler endojen yağ asiti senteziyle ilgilidir (Vukašinović ve ark. 2013). Diyapozun tetiklemesiyle zar PL'lerinde oluşan değişiklikler kimi böceklerde çalışılmıştır (Furusawa ve ark. 1994; Hodkova ve ark. 1999; Kostal ve ark. 2003; Bashan ve Cakmak 2005). Fosfolipit kompozisyonundaki değişimler, hem laboratuvar ortamında hem de kışın soğuk arazi şartlarında belirlenmiştir (Bennet ve ark. 1997; Hodková ve ark. 1999; Kostal ve ark. 2003). Böcekler, çevresel koşullardaki değişimlere tepki olarak yağ asitlerini değiştirebilirler. Bu değişim *D. grandiosella* ve *Bombyx mori*'nin diyapozunda görülmüştür (Azuma ve ark. 1989).

Yapılan çalışmalar, membran ve depo lipidlerinde doymamış yağ asitleri düzeyinin, diyapozun başlangıcında arttığını, membranda daha yüksek orandaki doymamış yağ asitlerinin, düşük sıcaklıklarda yaşamsal hücre fonksiyonlarını sürdürmek için çok önemli olduğunu (Michaud ve Denlinger 2006; Overgaard ve ark. 2008), depo lipitlerindeki doymamış yağ asitlerinin ise akıcılığı sürdürdüğü, bunun da enerji rezervlerinin metabolizmasını kolaylaştırdığını göstermiştir (Ohtsu ve ark. 1993).

Lambreton ve arkadaşları (1964), *A. grandis*'in diyapozdaki bireylerinde fazla oranda UFA bulunduğunu bildirdiler. Avrupa Sünesi (*E. maura*) ve Kıvılcık (*Aelia*

*rostrata*)’da hava sıcaklığının azalmasıyla birlikte UFA’larında bir artışın görülmesine karşın, bunun sürekli olmadığı belirtildi. Her iki türde de kış aylarının sıcaklık ve ortalamalarına bağlı olarak UFA miktarında artış ve azalışlar gözlemlendi (Kılınçer ve ark. 1987).

Daha önce yapılan çalışmalarda, böceklerin soğuk toleransındaki mevsimsel değişikliklerin, fosfolipit yağ asiti kompozisyonundaki değişikliklerle ilgili olduğu saptanmıştır (Bennett ve ark. 1997; Kostal and Simek 1998; Ohtsu ve ark. 1998). Bu çalışmalarda soğuk ortamda zardaki doymamış yağ asitlerinin oranı artmıştır. Örneğin, *E. solidaginis*’te sonbahar mevsiminde zardaki doymamış yağ asitlerinin miktarı % 50 oranında artış göstermiştir (Bennett ve Lee 1997). Diğer bir tepki de kısa zincirli yağ asitleri uzun zincirliyle oranla daha düşük erime noktasına sahip oldukları için bazı türlerde 16 karbonlu yağ asitlerinin 18 karbonlulara oranı yükselmiştir (Michaud ve Denlinger 2006; Tomcala ve ark. 2006). Üçüncü olarak, fosfolipitin *sn*-1 ve *sn*-2 pozisyonundaki yağ asitlerinde olan değişimlerdir. *sn*-2 pozisyonu, lipit tabakasının içinde daha derine uzandığı için, *sn*-1 e göre membran akışkanlığında daha belirleyicidir. Örneğin, soğuğa maruz bırakılan *D. melanogaster*’de PE de *sn*-2 pozisyonundaki linoleik asit miktarında artış meydana gelmiştir (Overgaard ve ark. 2008). Sonuç olarak, membran fosfolipitlerinin polar baş gruplarının yeniden yapılandırılmasıyla membran akışkanlığı artırılmıştır.

Doymuş yağ asitlerine oranla daha düşük erime noktasına sahip olan ve membran lipit çift katmanında büyük bir yer kaplayan doymamış yağ asitlerinin artması; düşük sıcaklıklarda membran akışkanlığının devamını sağlamak ve böceklerin soğuğa karşı toleransına katkıda bulunmaktadır (Hazel 1979, Skalli ve ark. 2006).

DeneySEL olarak diyapoz sokulan et sineği *S. crassipalpis*’ta oleik asitte büyük artış olduğu ve diyapozsuz pupalarda % 43 olan bu bileşen diyapozlu pupalarda % 58’e kadar çıktı. Dominant yağ asitlerinden 16:0 ve 18:2n-6 ile çok daha az oranda bulunan 18:3n-6, 20:4n-6 ve 20:5n-3 düzeyleri diyapozlu böceklerde azalırken UFA/SFA oranı artmıştır. Ilıman bölgelerde yaşayan böceklerde 16:1n-7 ve 18:1n-9 gibi MUFA’lar, geniş bir düşük sıcaklık aralığında akışkanlığı artırır. Oleik asit hem

düşük sıcaklıkta membran akışkanlığını düzenler hem de sıcaklığın arttığında zarın sıvı kristal halinin devamını sağlar (Michaud ve Denlinger 2006).

Oleik asitin açıl zincirindeki çift bağ, zincirin merkezinde yerleşmiştir. Bu merkez, membran akıcılığını sağlamada tekli doymamış bağ için en iyi lokasyondur (Barton ve Gunstone 1975).

Soğuk kış aylarında kimi böceklerin PL fraksiyonunda linoleik asit artmıştır (Hodkova ve ark. 1999; Overgaard ve ark. 2005). Oleik asit sentezini yapan  $\Delta^9$  ve linoleik asit sentezini yapan  $\Delta^{12}$  enzim grubunun her ikisinin de düşük sıcaklıklarda transkribe ve aktive edildiği gösterilmiştir (Batcabe ve ark. 2000; Hsieh ve Kuo 2005).

Oleik asit, membran ATPazı gibi önemli zar proteinleri için, en iyi ortamı sağlar. Bu enzim, oleik asit hücre zarında olduğu zaman optimum düzeyde fonksiyon gösterir (Starling ve ark. 1993), düşük sıcaklıklarda membran akışkanlığının korunması için oleik asit miktarında artış olmaktadır. Daha önce yapılan çalışmada, diyapozlu evredeki iki heteropter türünde de oleik asit düzeylerinde artış saptanmıştır (Bashan and Cakmak 2005).

*Dolycoris baccarum*'un diyapozlu bireylerinin PL ve TAG'deki doymamış yağ asitlerinden 18:1n-9 ve 18:2n-6, *Piezodorus lituratus*'ta ise sadece 18:1n-9 düzeyinin, diyapoz öncesi bireylere oranla arttığı, baskın doymuş yağ asitlerinden 16:0 ve 18:0 gibi yağ asitlerinin ise her iki böcekte de azaldığı görülmüştür. Ancak *P. lituratus*'un diyapozlu erginlerinde doymamış yağ asitlerinden 18:2n-6 ve 18:3n-3 yağ asitlerin azalma gösterdiği görülmüştür. Aynı ordo ve familyadan iki farklı böcek türünün diyapoz öncesi ve diyapozlu erginlerinin PL ve TAG yağ asitleri değişiminde görülen ortak bulgu; diyapozlularda baskın bir doymuş yağ asiti olan 16:0'ın azalması, tekli doymamışlardan 18:1n-9'un ise artmasıdır. Kış mevsimindeki koşullara tepki olarak çoklu doymamış yağ asitleri olan 18:2n-6 ve 18:3n-3'ün oranlarında görülen değişim her iki böcek türünde farklı olmuştur. *P. lituratus*'un membran lipitleri olan PL'de her iki çoklu doymamışın yüzdeleri diyapozlu bireylerde azalırken aynı bileşenler *D. baccarum*'un diyapozlularında artmıştır (Bashan ve Cakmak 2005).

*Ostrinia nubilalis*'in (Lepidoptera) diyapozsuz ve diyapozlu dördüncü evre larvalarının yağ doku ve hemolenfindeki total lipitlerin yağ asiti analizi yapılmıştır. Larvalarda lipit sınıflarının kompozisyonunun dokular arasında farklı olduğu

görülmüştür. Yağ dokudaki lipitlerin % 90'ı TAG'den oluşmuş, hemolenfte ise sterol, PL ve diaçilgliserollerin eşit dağılım gösterdiği, TAG'nin ise çok daha az miktarda bulunduğu görülmüştür. Diyapozsuz ve diyapozlu larvaların yağ doku lipitlerinde yağ asiti kompozisyonu farklı bulunmuştur. Diyapozsuz larvaların hemolenf total lipitlerinde MUFA % 45.33'dan, diyapozlularda % 73.46'ya yükselmiş, diyapozsuzlarda % 31.56 olan SFA, diyapozlularda % 20.41'e; diyapozsuzlarda %23.91 olan PUFA diyapozlularda % 6.13'e azalmıştır. Böceğin yağ dokusunda da benzer sonuçlar bulunmuştur. *O. nubilalis*'in diyapozsuz larvalarında % 51.90 olan MUFA, diyapozlularda artarak % 85.83'e ulaşmış; diyapozsuzlarda % 29.21 olan SFA diyapozlularda % 11.25'e, diyapozsuzlarda % 18.89 olan PUFA % 3.59'a düşmüştür. Sonuç olarak hemolenf ve yağ dokularının total lipitlerinin analizinde diyapozlu larvalarda 16:1n-7, 18:1n-9 ve  $\Sigma$ MUFA'larda artış, 16:0,  $\Sigma$ SFA ve 18:2n-6 ile  $\Sigma$ PUFA'larda ise azalma kaydedilmiştir. Ayrıca böceğin her iki dokusunda da UFA/SFA oranları, diyapozsuzlara kıyasla diyapozlularda önemli oranda artış göstermiştir. Bu değişimler, böceğin henüz sıfır derecenin altındaki sıcaklıklarla karşılaşmadığı diyapoz evresinin başında (kasım ayı sonlarında) meydana geldiği için, yağ asiti bileşimindeki değişikliklerin, kış mevsimi esnasındaki doğrudan düşük sıcaklıktan ziyade, diyapoz tarafından tetiklendiği söylenebilir (Vukašinović ve ark. 2013). Diyapozdan ziyade diyapozsuz beşinci evre larvalarının yağ doku ve hemolenfide yüksek oranda 18:2n-6'nın tespiti, bu yağ asitinin cold hardening (Soğuk stresi) için önemli olmadığını göstermektedir (Vukašinović ve ark. 2013). Linoleik asit, değişik ordolara ait kimi böcekler tarafından sentezlenmediği için temel bir bileşendir (Canavoso ve ark. 2001). Ancak *P. americana*, *A. domesticus*, *Tribolium castaneum* ve *Melanogryllus desertus* gibi böcekler;  $\Delta^{12}$  desaturaz enzimi aracılığı ile 18:1n-9'a bir çift bağ ekleyerek 18:2n-6'yı sentezliyebilirler (Cripps ve ark. 1986; Renobales ve ark. 1987; Bashan ve Celik 1995).

Bu çalışmada diyapoz esnasında belirlenen UFA/SFA oranındaki artış, daha önce yapılan çalışmalarda birçok diyapozlu böceklerde de saptanmıştır. Böcekler, sonbahar ve kış mevsimindeki soğuklara adaptasyon için lipitlerinde UFA/SFA oranı arttırmıştır (Ohtsu ve ark. 1993; Kostal ve Simek 1998; Michaud ve Denlinger 2006; Khani ve ark. 2007; Vukašinović ve ark. 2013).

*O. nubilalis*'in beşinci evre larvalarının yağ doku ve hemolenf total lipitinde belirlenen 16:1n-7 oranındaki artış, sünenin PL altsınıflarında belirlenmemiştir. Bunun nedeni çalışmamızda total değil PL altsınıftaki yağ asitlerinin analizlenmiş olmasıdır. Diptera dışında birçok böcekte bu yağ asiti tipik olarak daha düşük düzeyde saptanmıştır (Fast 1970; Thompson 1973; Downer 1985; Bennett ve ark. 1997).

Böcekler, kışlamadan önce lipitlerin yağ asiti bileşimini değiştirirler. Örneğin, *E. solidaginis* and *E. scudderiana*, yaza oranla kışın daha fazla doymamış yağ asitlerine sahiptirler (Joanisse ve Storey 1996). Benzer olarak, *Cydia pomonella* larvalarının depo lipitlerinde çoklu doymamış 18:2n-6'nın düzeyi kışın artmış ve sonuçta depo lipitlerinin erime noktalarında 5–10°C'lik azalma oluşmuştur (Rozsypal ve ark. 2015).

Daha önce yapılan çalışmada sünenin yumurta, nimf, YNE (Yeni Nesil Ergin) dişi ve erkek ile diyapozlu dişi ve erkek bireylerin PL fraksiyonundaki yağ asitleri analizi yapılmıştır. Analizlerde yüzde olarak önemli bilşenlerden 16:0, 11.64 (YNE dişi) – 25.17 (diyapozlu dişi); 16:1n-7, 9.40 (nimf) – 16.93 (Diyapozlu dişi); 18:0, 8.46 (Diyapozlu dişi)- 13.76 (Yumurta); 18:1n-9, 19.26 (Yumurta) – 35.90 (Diyapozlu dişi); 18:2n-6, 9.68 (Diyapozlu dişi)- 36.25 (YNE dişi); 18:3n-3, 0.40 (Diyapozlu dişi)- 2.51 (Nimf); 20:4n-6, 0.12 (YNE dişi)- 0.18 (Diyapozlu erkek); 20:5n-3, 0.43 (Diyapozlu dişi)- 0.58 (Nimf) aralığında bulunmuştur. Diyapozlu ve YNE (diyapoz öncesi) böcekler karşılaştırıldığında; doymuş yağ asitlerinden 16:0 ile tekli doymamışlardan 16:1n-7 ve 18:1n-9'un diyapozlu evrede her iki eşeyde de önemli oranda arttığı, C20 çoklu doymamış yağ asitlerinden AA ve EPA'nın diyapozlu evredeki artışının ise istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır. Linoleik asitin ise özellikle dişi böceklerde 4 kat olacak şekilde (% 36 ya %9) - hem dişi hem erkek böceklerde (% 34 ten % 21e) - diyapozlu dönemde azalma gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada belirlenen bir diğer bulgu da tekli doymamışlardan 18:1n-9'un diyapozlu evrede her iki eşeyde de önemli oranda artmasıdır (Bashan ve ark. 2002).

Bir başka heteropter olan *P. apterus*'un diyapozlu döneminde sünele olduğu gibi PL fraksiyonunda 18:2n-6 oranının oldukça azaldığı bulunmuştur (Hodkova ve ark. 1999).

Soğuğa adaptasyona bağlı olarak sadece PL'de değil, PL altsınıflarında da doymamış yağ asitlerinde artış saptanmıştır (Hazel 1995; Cossins ve ark. 2002).

Örneğin, soğuk şok uygulanan Meyve sineği *D. melanogaster*'de PE fraksiyonunda *sn*-2 pozisyonunda 18:2n-6 oranı artış göstermiştir (Overgaard ve ark. 2008). *P. apterus*'ta arazide sonbahara uyum esnasında PE'de *-sn* 1-palmitik, *-sn* 2- linoleik oranında (16:0/18:2) artış; PC'de *-sn* 1- 2- linoleik oranında azalma görülmüştür. Doymamış yağ asitlerinde önemsiz derecede azalma saptanmıştır (Tomcala ve ark. 2006).

### 2.5. Fosfolipit Altsınıflarının Zarlardaki Yerleşimi ve Böceklerdeki Dağılımı

Birçok böcekte total PL nin % 80-85'ini PE ve PC oluşturur (Fast 1966; Slachta ve ark. 2002; Kostal ve ark. 2003). *Drosophila* türlerinde PE en fazla bulunan PL altsınıfıdır (Fast 1966). *Drosophila*'da PE % 64- 67, PC ise % 13 -17 arasında saptanmıştır (Ohtsu ve ark. 1998). Meyve sineğinin tüm vücut ekstraktında saptanan dominant PL sınıflarında; PC %47-52, PE %37-41, PI %4-5, PG %3-4, PS %1-2 ve Lizo-PLS %1 olarak bulunmuştur (Colinet ve ark. 2016). Bu dağılım böceklerde geneldir (Downer 1985).

Fosfolipit altsınıfları, baş grup şekillerine bağlı olarak ikiye ayrılır: 1. Konik şekilli olanlar: PE ve PS; silindirik şekilli olanlar: PC ve PI Fosfatidilkolin zarın dış kısmında; PE ve PI zarın iç kısmında (stoplazmaya bakan tarafta) bulunurlar. Fosfatidilkolin, silindirik şekilli olup, katmanlı jel fazında etkili bir şekilde paketlenir. Fosfatidiletanolamin ise konik formda olup, ters hegzagonal (altıgen) fazda kolayca yerleşir. Bu nedenle, katmanlı jelde daha az paketlenen PE; membranın organizasyonunu bozar, membranın jel fazında organize olmasına neden olan düşük sıcaklığa karşı koyar. Etanolaminin kuyruk kısmı koline oranla daha küçük bir alanı doldurur (Hazel 1989).

Ektoterm; PC baş gruplarını azaltıp PE baş gruplarının oranını arttırarak, sıcaklığın membran viskozitesinde oluşturduğu değişiklikleri gidermekte (Hazel 1995), fonksiyonel olmayan jel fazı içindeki membran tabakasının düzensiz geçişini önlemekte (Overgaard ve ark. 2008) ve düşük sıcaklıklarda membranların jel fazına geçişini önlemektedir (Tomcala ve ark. 2006). Nitekim soğuğa maruz bırakılan meyve sineklerinde PE miktarının ve dolayısıyla PE/PC oranının arttığı belirlenmiştir (Colinet ve ark. 2016). Diyapozlu Et sineği, *S. crassipalpis*'te PE oranı % 16 artmıştır (Michaud ve Denlinger D.L. 2006). Soğuk şok uygulanan Meyve sineği *D. melanogaster*'de düşük sıcaklığa uyum esnasında, PE artmış; PC ise azalmıştır (Overgaard ve ark. 2008).

Araştırcılar bunun nedeninin, silindirik şekilli PC'ye oranla, konik şekilli PE'nin membranın lamel fazında daha az paketlenmesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir (Gurr ve Harwood 1991; Hazel 1995). RCH sürecinde ve deneysel olarak diyapozu maruz bırakılan et sineğinde diyapozsuz pupalara oranla PE artarken PC azalmıştır. Bu bulgu, homeoviskoz esnasında birçok organizmada da rastlanmıştır (Hazel 1995; Hodkova ve ark. 1999). *P. apterus*'ta hem laboratuvar ortamında hem de tarladaki diyapozlu bireylerinde total PE artarken total PC'de azalma saptanmıştır (Tomcala ve ark. 2006).

Laboratuvarda ortama alıştırma (acclimation) deneyleri; diğer PL alt sınıflarına oranla PI alt sınıfının çevresel sıcaklığa daha az bağlı olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, PI alt sınıfının; sıcaklık adaptasyonunda ve membran fonksiyonunda PE ve PC'den farklı rollere sahip olduğunu göstermektedir (Käkelä ve ark. 2008). Fosfatidilinositol, daha çok ökaryotlarda endositoz ve eksositoz mekanizmalarıyla hücre sinyalizasyonunda (haberleşmesinde) önemli rol oynamaktadır (Gardocki ve ark. 2005).



### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Örneklerin Toplanması

Çalışmamızda, 2017 yılı içerisinde toplanan Süne *E. integriceps*'in yağ asidi içeriğinin saptanması amacıyla, Diyarbakır İlinde yer alan Karacadağ bölgesinde yer alan buğday tarlalarından 01 Nisan 2017 tarihinde ovaya geçen kışlamış ergin (diyapozlu) böcekler, 04 Mayıs 2017 tarihinde bu böceklerin bıraktığı yumurtlarla ile 20 Mayıs 2017 tarihinde 4. nimf evresine ait böcekler, 12 Temmuz 2017 tarihinde yine araziden yeni nesil ergin (YNE) böcekler ve son olarak da 11 Ekim 2017 tarihinde diyapoz öncesi süneler toplanmıştır.

Toplanan örnekler, kloroform-metanol (2:1) karışımına konularak analiz edilinceye kadar -20 °C'de deep-freeze de saklanmıştır.

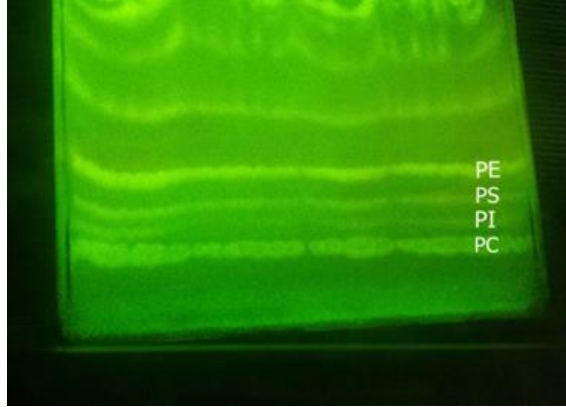
#### 3.2. Lipit Ekstraksiyonu ve Yağ Asiti Metil Esterlerinin (FAME) Hazırlanması

Böcekler, yüksek devirli IKA (Ultra-Turrax T25) marka homojenizatör kullanılarak, kloroform-metanol (2:1 v/v) karışımında parçalanmıştır (Folch 1957). Karışıma PUFA'nın oksidasyonunu önlemek için kloroformda % 2 oranında hazırlanan 50 µl bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) eklenmiştir. Ayırma hunisine aktarılan karışıma, total hacminin 1/4 oranı kadar % 0.88'lik KCl çözeltisi eklenerek iyice çalkalanarak karışması sağlanmıştır. Meydana gelen iki fazdan altaki lipit fazı alınmıştır.

İnce tabaka kromatografi tekniği kullanılarak böcek örneklerinde yer alan PL alt sınıflarının fraksiyonlanması sağlanmıştır. Bu yöntem için Silica gel 60G (Merck) kullanılarak, saf su ile homojen bulamaç haline getirilmiş ve 20x20 cm ebatındaki plakalar üzerine ince bir tabaka halinde sürülmüştür. Havada kurutulan plakalar, PL alt sınıfları fraksiyonları için, etüvde 100 °C'de bir saat bırakılarak aktifleşmeleri sağlanmıştır.

Fosfolipit alt sınıflarının ayrılmasında Vaden ve ark.'nın (2005), yöntemi kullanılmıştır. Plakalar önce % 1.8 borik asit çözeltisi ile tamamen ıslatılmış ve sonrasında 10 dak. açık havada kurutulmuştur. Plakalar, 100 °C sıcaklığındaki fırında 15 dakika aktive edildikten sonra soğutulmuş ve lipitler damlatılarak tatbik edilmiştir.

Sonrasında içinde kloroform/etanol/su/trietilamin (30:35:7:35, v/v) karışımının bulunduğu yürütücü tank içerisine bırakılmışlardır (Şekil 3.1).



**Şekil 3.1.** Fosfolipit alt sınıflarının UV ışık altında oluşturduğu fraksiyonlar

Fraksiyonlara ait bantlar kazandıktan sonra cam balonlara yerleştirilmiş ve üzerlerine 4 ml metanol ile 4-5 damla sülfürik asit damlatılarak 2 saat süreyle geri soğutucu altında 85 °C'de ısıtılmıştır. Çözelti soğuduktan sonra, üç kez beşer ml hekzan kullanılarak metil esterleri ekstrakte edilmiştir. Yağ asiti metil esterlerinin analizi için FID dedektörüne sahip gaz kromatografi aleti kullanılmıştır (Şekil 3.1.)

#### 3.3. Gaz Kromatografi Koşulları

Yağ asiti metil esterlerinin analizi, SHIMADZU GC 2010 PLUS model Gaz Kromatografi cihazında, alev iyonizasyon dedektörü (FID) ve DB-23 (Bonded 50 % cyanopropyl) (J & W Scientific, Folsom, CA, USA) kapiller kolon (30m x 0.25mm iç çapı x 0.25µm film kalınlığı) kullanılarak yapılmıştır. Dedektör sıcaklığı: 250°C; enjektör sıcaklığı: 250°C; enjeksiyon: Split-model 1/20. Gaz akış hızları: Taşıyıcı gaz: 30 m'lik kolon için helyum 0.5 ml/dk; hidrojen: 30 ml / dk; kuru hava: 400 ml/dk. Kolon (fırın) sıcaklığı: 170 °C da, bekleme süresi, 2 dakika; 210 °C'ye 2 °C/dakika, bekleme süresi 20 dakika; toplam analiz süresi: 42 dakika. Örnek, alete 1 mikrolitre enjekte edilmiştir.

Yağ asitlerinin teşhisinde, standart olarak yağ asitlerinin metil esterleri karışımı (Sigma-Aldrich Chemicals) kullanılmıştır. Yağ asitleri metil esterlerinin kromatogramları ve toplam yağ asitleri miktarları bilgisayarda GC Solution (Versiyon 2.4) bilgisayar programı ile elde edilmiştir. Analiz edilen örneklerin kromatogramındaki pikler, standarttaki tüm yağ asitlerinin metil esterlerinin alıkonma zamanları ile

karşılaştırılarak teşhis ve tespit edilmişlerdir. Sonuçlar kalitatif değer olarak % yağ asiti üzerinden verilmiştir.

### **3.4. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi**

Yağ asitleri yüzdelerinin karşılaştırılmasında SPSS 16 bilgisayar programı kullanılmıştır. Çalışmamızdan elde edilen tüm veriler üç tekrarın ortalamasından elde edilmiştir. Yağ asiti metil esterlerinin gaz kromatografik analizlerinde, her döneme ait üçer numune ayrı ayrı enjekte edilerek aynı yağ asitine ait üç değer ortalaması alınmıştır. Yağ asiti yüzdelerinin karşılaştırılması, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. Farklılıklar TUKEY HSD testi ile belirlenmiştir. Yapılan istatistikler sonucu, veriler  $P < 0.05$  düzeyinde olduğu zaman farkların önemli olduğu kabul edilmiştir.



#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Süne *E. integriceps*'in yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi değişik gelişim evrelerinde PC, PE, PI ve PS gibi PL alt sınıflarının yağ asiti analizinde doymuş yağ asitlerinden miristik asit (14:0), pentadekanoik asit (15:0), palmitik asit (16:0) ve stearik asit (18:0); tekli doymamış yağ asitlerinden palmitoleik asit (16:1n-7) ile oleik asit (18:1n-9); çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik (18:2n-6), alfa-linolenik asit (18:3n-3), araşidonik asit (AA, 20:4n-6) ve eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5n-3) olmak üzere toplam on farklı yağ asiti belirlenmiştir. Doymuş yağ asitleri (SFA) arasında 16:0 ve 18:0'ın, tekli doymamış yağ asitlerinden (MUFA) 18:1n-9'un, çoklu doymamış yağ asitlerinden (PUFA) 18:2n-6'nın dominant olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1.). Bu verilerin diğer heteropter (Spike ve ark.1991; Bashan ve ark. 2002; Bashan ve Cakmak 2005) ve böceklerin çoğu için (Stanley-Samuelson ve ark. 1988) genel olduğu söylenebilir. Thompson (1973), 1970'li tarihlere kadar yapılan konu ile ilgili çalışmalarını derlemiş ve böceklerin total lipit analizlerinde 18:3n-3'ün ötesinde yağ asitine yer vermemiştir. Stanley-Samuelson ve Dadd (1983), böcek dokularının lipitlerinde 20 karbonlu yağ asitlerinin olabileceğini ileri sürmüşlerdir. O tarihten sonra böceklerin testis, ovaryum ve yağ dokularının özellikle fosfolipit (PL) fraksiyonunda eikosatrienoik (20:3n-6), AA ve EPA gibi 20 karbonlu PUFA'lar tespit edilmiştir (Stanley- Samuelson ve ark. 1988). Eikosanoitlerin öncül maddeleri olan bu bileşenlerin sucül böceklerde (Hanson ve ark. 1985) ve karnivor türlerde (Stanley – Samuelson ve ark. 1988) daha fazla oranda oldukları bildirilmiştir. Araştırmamızda PL alt sınıflarında AA ve EPA gibi PUFA'lar oldukça az düzeyde tespit edilmiştir. Bunun nedeni, sünenin fitofaj bir böcek olması ve böceğin doğal besin kaynağında anılan bileşenlerin olmamasıdır.

##### 4.1. Süne *Eurygaster integriceps*'in Fosfatidilkolin Yağ Asiti Yüzdelerinin Değişik Gelişim Evrelerindeki Değişimi

Süne, *E. integriceps*'in yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi değişik gelişim evrelerinde PC yağ asiti analizi Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Böceğin tüm evrelerinde SFA içinde 16:0'ın, MUFA'lardan 18:1n-9'un, PUFA'lardan ise 18:2n-6'nın baskın olduğu görülmüştür. Çizelgede görüldüğü gibi diyapoz öncesi erginlere oranla diyapoz sonrası (diyapoz geçirmiş) erginlerde

SFA'lardan 16:0, 18:0 ve bu bileşenlerden dolayı  $\Sigma$ SFA'nın azaldığı, buna karşılık 16:1n-7 ve 18:1n-9 ve bunlara bağlı olarak  $\Sigma$ MUFA ile 18:2n-6, 18:3n-3 ve bu yağ asitleri nedeniyle  $\Sigma$ PUFA'nın arttığı saptanmıştır. Ayrıca bu bileşenlerden dolayı diyapoz sonrası erginlerde diyapoz öncesine göre doymamış yağ asitleri (UFA)/SFA oranı 10.24; PUFA/SFA oranı ise 9.92 kat artmıştır. Diyapoz öncesi erginlerle karşılaştırıldığında, diyapoz sonrası erginlerde SFA'lardan 16:0 oranı 6.90 kat, 18:0'ın da 9.88 kat azaldığı, buna karşılık diyapoz öncesi erginlerde % 40.11 olan 18:2n-6'nın yaklaşık % 40 artarak % 55.94'e, yükseldiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1.).

Böceğin yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi tüm değişik gelişim evrelerinin PC yağ asiti kompozisyonuna baktığımızda 16:0 ve 18:0 ile  $\Sigma$ SFA'nın diğer evrelere oranla en az yüzdeleri ile 18:2n-6, 18:3n-3,  $\Sigma$ PUFA yüzdeleri ile UFA/SFA ve PUFA/SFA'nın en yüksek oranlarının diyapoz sonrası erginlerde olduğu, böcek yumurtalarının 18:1n-9 ve  $\Sigma$ MUFA bakımından zengin ancak 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA yüzdesi bakımından fakir olduğu tespit edilmiştir. Yumurtada 18:2n-6'nın en az yüzdede olması  $\Sigma$ n-6 PUFA'nın azalmasına ancak n-3/n-6 oranının ise diğer evrelere oranla artmasına neden olmuştur (Çizelge 4.1.).

Homoptera ordosundan Gümüşü Yaprak Beyaz Sineği *Bemisia argentifolii* ile yapılan çalışmada PC fraksiyonunun 3. ve 4. evre nimflerinde 18:2n-6 % 40, ergin böceklerde ise % 58 olarak bulunmuştur (Buckner ve Hagen 2003). Çalışmamızda sünenin nimflerinde % 42.63 olan 18:2n-6, diyapoz sonrası erginlerde artarak % 55.94'e yükselmiştir.

Fosfatidilkolin, birkaç doku dışında, böcekler dahil çoğu metazoanın baskın bir PL sınıfıdır. Birçok böcekte total PL'nin % 80-85'ini PE ve PC oluşturur (Fast 1966, Slachta ve ark. 2002; Kostal ve ark. 2003). Böceklerden Diptera ve afitlerde PE'nin PC'den daha fazla olduğu ve total PL'lerin % 60-80'ini oluşturduğu görülmüştür. Coleopterlerde her iki sınıf genellikle eşit düzeyde bulunur ve PC/PE oranı bire yakındır. Lepidopter, orthopter ve hymenopterlerin çalışılan türlerinin çoğunluğunda ise PC yüzdesi PE'den yüksek bulunmuştur (Fast 1971). Bir homopter olan *B. argentifolii* nimflerinde PC, PE'den yaklaşık iki kat fazla olup PC/PE oranı 1.97 olarak saptanmıştır. Ancak aynı böceğin erginlerinde PE, PC'den daha fazla bulunmuş, PC/PE oranı 0.49 olarak belirlenmiştir (Buckner ve Hagen 2003). Çalışmamızda PL

altsınıflarının yüzde oranları tespit edilmemiş ancak yaptığımız TLC işleminde PC ve PE'ye ait bantların PI ve PS'ye oranla daha geniş olduklarını ve sürede PC bantının PE'den biraz daha geniş olduğunu söyleyebiliriz. Ancak bu PL altsınıflarını yüzde olarak tespit edemediğimiz için herhangi bir değer veremiyoruz.

Böceklerde PL altsınıfları yüzdesi sabit değildir, çevre sıcaklığına bağlı olarak artmalar meydana gelebilmektedir. Düşük sıcaklıklarda PE miktarının ve dolayısıyla PE/PC oranının arttığı saptanmıştır (Los ve Murata 2004; Michaud ve Denlinger 2006; Colinet ve ark. 2016).

Fosfatidilkolinler; membranların başlıca bileşeni olup, *D. melanogaster*'de lipit damlacıklarının yüzeyinin yaklaşık % 25'ini oluşturmaktadırlar (Pol ve ark. 2014). Bu damlacıklar; TAG'ler gibi nötral lipitlerin temel hücre içi yağ depoları olup (Suzuki ve ark. 2011), diyapozdaki böceklerin uzun süreli enerji depolamasında önemli bir rol oynarlar (Arrese ve Soulages 2010).

Soğuğa adaptasyona bağlı olarak PL altsınıflarında doymamış yağ asitlerinde artış saptanmıştır (Hazel 1995; Cossins ve ark. 2002). Benzer bulgu çalışmamızda da elde edilmiştir. Sünenin PC altsınıfında diyapoz sonrası erginlerde diyapoz öncesine göre doymamış yağ asitleri (UFA)/SFA oranı 10.24; PUFA/SFA oranı ise 9.92 kat artmıştır.

Sürede diyapozlu böceklerin PC yağ asitlerinden doymamış yağ asitlerinden özellikle 18:2n-6'nın çok fazla olmasının nedeni bu bileşenin soğuk kış dönemlerinde hücre zarının bütünlüğünün korunmasına yönelik bir adaptasyon olabilir. Ayrıca elde ettiğimiz verilere dayanarak PC fraksiyonunun *sn*-1 pozisyonunda 16:0'ın, *sn*-2 pozisyonunda da 18:2n-6'nın olduğunu söyleyebiliriz.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

**Çizelge 4.1.** Süne *Eurygaster integriceps*'in fosfatidilkolin yağ asidi yüzdelerinin değişik gelişim evrelerindeki değişimi

Yağ asidi	Yumurta (ORT±S.H)*	Nimf (ORT±S.H)*	Yeni nesil Ergin (ORT±S.H)*	Diyapoz öncesi Ergin (ORT±S.H)*	Diyapoz sonrası Ergin (ORT±S.H)*
14:0	0.19±0.01a	0.46±0.03b	1.05±0.06c	1.08±0.08c	0.29±0.02d
15:0	0.13±0.01a	0.18±0.02a	0.13±0.01a	0.18±0.02a	0.08±0.01b
16:0	15.51±0.67a	18.54±0.95b	12.70±0.67c	19.53±0.85b	2.83±0.12d
18:0	7.20±0.38a	11.86±0.55b	5.80±0.26c	9.88±0.57d	1.00±0.06e
ΣSFA	23.03±1.03a	31.04±1.43b	19.68±0.15c	30.67±1.32b	4.20±0.22d
16:1n-7	4.35±0.18a	1.28±0.13b	4.11±0.18a	6.30±0.30c	10.70±0.48d
18:1n-9	58.74±2.78a	23.35±1.07b	38.28±1.89c	19.10±0.94d	26.83±1.23e
ΣMUFA	63.09±2.81a	24.63±1.14b	42.39±2.11c	25.40±1.22b	37.53±1.72d
18:2n-6	11.99±0.57a	42.63±2.38b	33.97±1.46c	40.11±1.96b	55.94±2.48d
18:3n-3	0.50±0.04a	0.39±0.02a	0.20±0.02b	0.65±0.06b	1.22±0.06d
AA	0.10±0.01a	1.60±0.09b	0.52±0.06c	0.18±0.01d	0.08±0.02a
EPA	0.79±0.05a	0.21±0.02b	1.80±0.10c	1.59±0.08c	0.35±0.04b
ΣPUFA	13.38±0.65a	44.83±2.52b	36.49±1.79c	42.53±2.20b	57.59±2.83d
ΣUFA	76.47±2.89a	69.46±2.85b	78.88±2.88a	67.93±2.53b	95.12±3.86c
Σn-3	1.29±0.05a	0.60±0.05b	2.00±0.14c	2.24±0.15c	1.57±0.08a
Σn-6	12.09±0.50a	44.23±2.63b	34.49±1.48c	40.29±2.12d	56.02±2.53e
UFA/SFA	3.32	2.23	4.00	2.21	22.64
PUFA/SFA	0.58	1.44	1.85	1.38	13.71
n-3/n-6	0.10	0.01	0.06	0.05	0.03

\*Her veri 3 tekrarın ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

§ her satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

S.H.: Standart hata, SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri,

UFA: Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Aşırı Doymamış Yağ Asitleri.

#### 4.2. Süne *Eurygaster integriceps*'in Fosfatidiletanolamin Yağ Asiti Yüzdelerinin Değişik Gelişim Evrelerindeki Değişimi

Süne, *E. integriceps*'in yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi değişik gelişim evrelerinde PE yağ asiti analizi Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Böceğin tüm evrelerinde SFA içinde 16:0 ve 18:0'ın, MUFA'lardan 18:1n-9'un, PUFA'lardan ise 18:2n-6'nın dominant bileşenler olduğu saptanmıştır. Böceğin diyapoz öncesi ve sonrasındaki yağ asidi değişimlerinin PC fraksiyonundaki değişimlere oldukça benzer olduğu görülmektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi diyapoz öncesi erginlere oranla diyapoz sonrası böceklerde baskın SFA'lardan 16:0 ve 18:0 yüzdeleri önemli oranda azalırken MUFA'lardan 16:1n-7 ve PUFA'lardan 18:2n-6 artış göstermiştir. Diyapoz öncesi % 21.88 olan 16:0, diyapoz sonrası % 3.30'a; 18:0 ise % 18.50'den % 1.59'a düşmüştür. Buna karşılık diyapoz öncesi % 1.43 olan 16:1n-7, diyapoz sonrası % 8.60'a; 18:2n-6 ise % 32.50'den % 62.75'e artmıştır. Bu bileşenlere bağlı olarak, diyapoz öncesi erginlerle karşılaştırıldığında diyapoz sonrası sünelerde  $\sum$ SFA'nın yaklaşık 7 kat azaldığı;  $\sum$ PUFA'nın ise 1.8 kat, UFA/SFA oranının 11.5 kat, PUFA/SFA oranının 12.5 kat arttığı görülmektedir (Çizelge 4.2.). Fosfatidilkolin fraksiyonundan farklı olarak diyapoz sonrası PE'de 18:1n-9 artmamış, bu bileşenin her iki dönemdeki yüzdeleri birbirlerine yakın bulunmuştur. Bir diğer göze çarpan bulguda tüm evrelere bakıldığında PE'deki 18:0 oranının PC'dekinden daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Yağ asidi kompozisyonu bakımından tüm gelişim evreleri incelendiğinde dominant SFA'lardan 16:0, 18:0'ın ve  $\sum$ SFA'nın diğer evrelere oranla diyapoz sonrası erginlerde oldukça azaldığı, aynı dönemde 18:2n-6 ve buna bağlı olarak  $\sum$ PUFA,  $\sum$ UFA düzeyleri ile UFA/SFA ve PUFA/SFA oranlarının önemli olacak şekilde arttığı saptanmıştır. Yeni nesil erginlerde 18:1n-9 ve  $\sum$ MUFA'ların en yüksek, aynı böceklerde 18:2n-6 ve  $\sum$ PUFA'ların en düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemdeki böceklerde 18:2n-6 azaldığı için n-3/n-6 oranı yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.2.).

Gümüşi Yaprak Beyaz Sineği *B. argentifolii* 4. ve 5. evre nimflerinin PE fraksiyonunda 18:2n-6 % 34, 18:0 % 25, 16:0 % 17 ve 18:1n-9 % 15 olarak saptanmıştır. Alfa linolenik asit ve 20:0 ise daha az oranda belirlenmiştir. Böceğin

erginlerinin PE fraksiyonunda ise 18:2n-6 % 48, 18:3n-3 % 18 olarak tespit edilmiştir. Diğer yağ asitlerinin miktarı büyükten küçüğe doğru 18:0 > 18:1n-9 > 20:0 > 16:0 şeklinde kaydedilmiştir (Buckner ve Hagen 2003). Bu çalışmada *E. integriceps* nimflerinin PE alt sınıfında 18:2n-6 % 35.46, 18:0 % 23.33, 16:0 % 14.08, 18:1n-9 % 13.99 bulunmuştur. Diyapoz sonrası erginlerde 18:2n-6, nimflere oranla artarak % 62.75'e ulaşmıştır. Süne ve Gümüşü Yaprak Beyaz Sineği *B. argentifolii*'den elde edilen ortak bulgu, böceklerin nimf ve erginlerinin PC ve PE fraksiyonlarında dominant yağ asiti olarak 18:2n-6'nın olması, her iki böceğin PE fraksiyonunda baskın doymuş yağ asitinin 18:0 olmasıdır. Besinsel ve biyokimyasal çalışmalar, 18:2n-6'nın birçok böcek türü için temel olduğu, kimi böceklerin de bu yağ asitini sentezlediğini göstermiştir (Downer 1978; Dwyer ve Blomquist 1981; Blomquist ve ark. 1982; Cripps ve ark. 1986).

Yukarda da değinildiği gibi, PC ve PE, böceklerde bulunan dominant PL alt sınıflarıdır. Dipter ve afitlerde PE oranı PC'den daha fazla saptanmıştır. Fosfatidiletanolamin miktarının düşük sıcaklıkta arttığı belirlenmiştir. Örneğin Diyapozlu Et sineği, *S. crassipalpis*'te (Michaud ve Denlinger 2006), soğuğa maruz bırakılan meyve sineklerinde (Colinet ve ark. 2016), *P. apterus*'un diyapozlu bireylerinde (Tomcala ve ark. 2006) PE yüzdesi ve PE/PC oranı artış göstermiştir.

Fosfolipit alt sınıflarının zarlardaki yerleşimi, elektrik yükleri ve komformasyonları farklılık gösterir. Örneğin, PC zarın dış kısmında PE ve PI, zarın stoplazmaya bakan tarafında bulunurlar. Fosfatidilkolin ve PE nötr; PS ve PI negatif yüklü PL'lerdir. Fosfatidiletanolamin ve PS konik, PC ve PI ise silindirik şekillidir.

Konik formdaki PE, katmanlı jelde daha az paketlenip, membranın jel fazında organize olmasına neden olan düşük sıcaklığa karşı koyar ve zarın jel fazına geçişini önlemektedir (Tomcala ve ark. 2006). Sıcaklık düştüğünde, fosfolipit moleküllerinin yanal paketlemesini kısıtlayarak membran faz geçişlerini sınırlamaktadır (Wieslander ve ark. 1980).

Soğukta PE'nin artmasının nedeni, silindirik şekilli PC'ye oranla, konik şekilli PE nin membranın lamel fazında daha az paketlenmesinden kaynaklanmaktadır (Gurr and Harwood 1991; Hazel 1995). Böylece düşük sıcaklıklarda membranların jel fazına

geçişini önlenmekte (Tomcala ve ark. 2006), sıcaklığın membran viskozitesinde oluşturduğu değişiklikler giderilmektedir (Hazel 1995).

Daha önce yapılan çalışmalarda, soğuk ortamda PL alt sınıflarının doymamış yağ asitlerinde artış görülmüştür (Hazel 1995; Cossins ve ark. 2002). Deneysel olarak suğuk ortama maruz bırakılan *D. melanogaster*'de PE alt sınıfında 18:2n-6 yüzdesinde artış saptanmıştır (Overgaard ve ark. 2008). Çalışmamızda PC alt sınıfında olduğu gibi PE'de de toplam doymamış yağ asiti yüzdesinin diyapoz sonrasında arttığı, diyapoz öncesine oranla diyapoz sonrası sünelerde bireysel yağ asitlerinden 16:0, 18:0 gibi SFA'ların azaldığı, ancak MUFA'lardan 16:1n-7 ile PUFA'lardan 18:2n-6'nın ise önemli oranda arttığı belirlenmiştir. Sünenin PE alt sınıfının yağ asiti profilinde oluşan bu değişikliğin diyapozdan kaynaklandığını ve böceğin soğuk kış şartlarında membran bütünlüğünü korumak ve düşük sıcaklığa tepki için geliştirdiği homeoviskoz adaptasyon süreçlerinden biri olduğunu söyleyebiliriz.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

**Çizelge 4.2.** Süne *Eurygaster integriceps*'in fosfatidiletanolamin yağ asidi yüzdelerinin değişik gelişim evrelerindeki değişimi

Yağ asidi	Yumurta (ORT±S.H)*	Nimf (ORT±S.H)*	Yeni nesil Ergin (ORT±S.H)*	Diyapoz öncesi Ergin (ORT±S.H)*	Diyapoz sonrası Ergin (ORT±S.H)*
14:0	0.08±0.004a	0.76±0.05b	0.67±0.04b	0.91±0.05c	0.26±0.02d
15:0	0.07±0.005a	0.06±0.01a	0.27±0.02b	0.19±0.02c	0.80±0.04d
16:0	25.67±1.12a	14.08±0.72b	27.86±1.38a	21.88±0.87c	3.30±0.17d
18:0	17.45±0.80a	23.33±1.07b	21.80±0.97b	18.50±0.83c	1.59±0.10d
∑SFA	43.27±2.13a	38.23±1.82b	50.60±2.40c	41.48±2.14a	5.95±0.42d
16:1n-7	4.64±0.020a	2.04±0.33b	0.60±0.04c	1.43±0.12d	8.60±0.44e
18:1n-9	28.15±1.32a	13.99±0.58b	39.68±1.91c	20.36±1.10d	21.29±1.11d
∑MUFA	32.79±1.61a	16.03±0.70b	40.28±1.93c	21.79±1.04d	29.89±1.43e
18:2n-6	22.44±1.13a	35.46±1.65b	6.64±0.31c	32.52±1.51d	62.75±2.38e
18:3n-3	0.98±0.07a	0.43±0.03b	0.01±0.001c	1.73±0.12d	1.00±0.07a
AA	0.06±0.004a	1.77±0.06b	0.44±0.03c	1.20±0.04d	0.12±0.02e
EPA	0.11±0.01a	1.76±0.05b	0.90±0.07c	0.15±0.02a	0.17±0.03a
∑PUFA	23.59±1.04a	39.42±1.62b	7.99±0.41c	35.60±1.52d	64.04±2.79e
∑UFA	56.38±2.82a	55.45±2.73a	48.2±2.47b	57.39±2.68a	93.93±3.32c
∑n-3	1.09±0.08a	2.19±0.16b	0.91±0.07a	1.88±0.13b	1.17±0.10a
∑n-6	22.50±1.13a	37.23±0.73b	7.08±0.33c	33.72±1.52d	62.87±2.48e
UFA/SFA	1.30	1.45	0.95	1.38	15.78
PUFA/SFA	0.54	1.03	0.15	0.85	10.76
n-3/n-6	0.05	0.06	0.12	0.05	0.02

\*Her veri 3 tekrarın ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

§ her satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

S.H.: Standart hata, SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri,

UFA: Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Aşırı Doymamış Yağ Asitleri.

### 4.3. Süne *Eurygaster integriceps*'in Fosfatidilinositol Yağ Asiti Yüzdelerinin Değişik Gelişim Evrelerindeki Değişimi

Süne, *E. integriceps*'in yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi değişik gelişim evrelerinde PI yağ asiti analizi Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Böceğin tüm evrelerinde SFA içinde 16:0 ve 18:0'ın, MUFA'lardan 18:1n-9'un, PUFA'lardan ise 18:2n-6'nın dominant bileşenler olduğu saptanmıştır. Böceğin diyapoz öncesi ve sonrasındaki yağ asiti değişimlerine baktığımızda doymuş yağ asitlerinden 16:0 ve 18:0'ın ve dolayısıyla  $\sum$ SFA'nın diyapoz sonrası erginlerde azaldığı ancak bu azalmanın PC ve PE kadar çok yüksek oranda olmadığı görülmüştür. Bir diğer önemli bulgu da diyapoz öncesi evrede % 20,91 olan 18:1n-9'un diyapoz sonrası böceklerde yaklaşık üç kat artarak % 59,31'e ulaşması ve diyapoz öncesi sünelerde % 45,60 olan 18:2n-6'nın diyapoz sonrası yarı yarıya azalarak % 22,74'e düşmesidir. Linoleik asit nedeniyle diyapoz öncesi erginlerde, diyapoz sonrası olanlara oranla  $\sum$ PUFA yüzdesi iki kat artış göstermiştir. Ancak 18:1n-9 düzeyi diyapoz sonrası üç kat arttığı için diyapoz öncesi bireylerde 3,63 olarak belirlenen UFA/SFA oranı diyapoz sonrası sünelerde artarak 6,10'a yükselmiştir (Çizelge 4.3.).

Yağ asiti kompozisyonu bakımından tüm gelişim evreleri incelendiğinde dominant SFA'lardan 16:0, 18:0  $\sum$ SFA'nın diğer evrelere oranla diyapoz öncesi ve sonrası böceklerde azaldığı; 18:1n-9 ve  $\sum$ MUFA'nın en çok diyapoz sonrası erginlerde bulunduğu, buna karşılık 18:2n-6 ile  $\sum$ PUFA'nın da diyapoz öncesi ergin sünelerde en fazla düzeyde görüldüğü tespit edilmiştir (Çizelge 4.3.).

Diğer hayvanlarda olduğu gibi böceklerde de PI, PC ve PE'ye oranla hücre zarlarında çok daha az miktarda bulunmaktadır. Meyve sineğinin tüm vücut ekstraktında PI %4–5 olarak bulunmuştur (Colinet ve ark. 2016). Negatif yük taşıyan bu PL alt sınıfı, eikosanoidlerin öncül maddesi olan AA kaynağıdır.

Laboratuvarda ortama alıştırma (acclimation) deneyleri; diğer PL alt sınıflarına oranla PI alt sınıfının çevresel sıcaklığa daha az bağlı olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, PI alt sınıfının; sıcaklık adaptasyonunda ve membran fonksiyonunda PE ve PC den farklı rollere sahip olduğunu göstermektedir (Käkelä ve ark. 2008). Fosfatidilinositol, daha çok ökaryotlarda endositoz ve eksositoz mekanizmalarıyla hücre sinyalizasyonunda (haberleşmesinde) önemli rol oynamaktadır (Gardocki ve ark. 2005).

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

**Çizelge 4.3.** Süne *Eurygaster integriceps*'in fosfatidilinositol yağ asidi yüzdelерinin değışik gelişim evrelerindeki değışimi

Yağ asidi	Yumurta (ORT±S.H)*	Nimf (ORT±S.H)*	Yeni nesil Ergin (ORT±S.H)*	Diyapoz öncesi Ergin (ORT±S.H)*	Diyapoz sonrası Ergin (ORT±S.H)*
14:0	0.5±0.03a	0.45±0.08a	1.06±0.07b	1.58±0.07c	0.26±0.02d
15:0	0.23±0.02a	0.34±0.04b	0.17±0.01c	0.16±0.01c	0.02±2.02d
16:0	28.79±1.33a	18.18±1.13b	25.80±1.36c	13.34±0.55d	10.34±0.43e
18:0	26.63±1.30a	28.12±1.43a	12.83±0.72b	5.11±0.29c	3.23±0.15d
∑SFA	56.15±2.74a	47.09±2.23b	39.86±1.86c	20.19±0.98d	13.85±0.62e
16:1n-7	1.68±0.07a	1.05±0.11b	3.74±0.14c	2.91±0.18d	0.68±0.08e
18:1n-9	22.08±1.15a	16.55±0.72b	30.13±1.41c	20.91±1.08a	59.31±1.86d
∑MUFA	23.76±1.17a	17.60±0.73b	33.87±1.47c	23.82±1.20a	59.99±2.13d
18:2n-6	16.42±0.68a	33.05±1.62b	23.10±1.27c	45.60±2.30d	22.74±1.92c
18:3n-3	0.35±0.03a	0.31±0.04a	0.21±0.02b	1.97±0.22c	0.75±0.09d
AA	1.36±0.06a	1.60±0.08a	0.14±0.02b	0.25±0.02c	0.20±0.04c
EPA	0.2±0.02a	0.15±0.01a	1.33±0.07b	1.80±0.07c	0.91±0.08d
∑PUFA	18.33±0.85a	35.11±1.80b	24.78±1.07c	49.62±2.56d	24.60±1.83c
∑UFA	42.09±1.98a	52.71±2.65b	58.65±2.75c	73.44±2.64d	84.59±3.26e
∑n-3	0.55±0.04a	0.46±0.02a	1.54±0.09b	3.77±0.22c	1.66±0.16b
∑n-6	17.78±0.79a	34.65±1.69b	23.24±1.07c	45.85±2.16d	22.94±1.25c
UFA/SFA	0.74	1.11	1.47	3.63	6.10
PUFA/SFA	0.32	0.74	0.62	2.45	1.77
n-3/n-6	0.03	0.01	0.06	0.08	0.07

\*Her veri 3 tekrarin ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

§ her satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

S.H.: Standart hata, SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri,

UFA: Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Aşırı Doymamış Yağ Asitleri.

#### 4.4. Süne *Eurygaster integriceps*'in Fosfatidilserin Yağ Asiti Yüzdelerinin Değişik Gelişim Evrelerindeki Değişimi

Süne, *E. integriceps*'in yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi değişik gelişim evrelerinde PS yağ asidi analizi Çizelge 4.4.'de verilmiştir. Diğer PL alt sınıflarında olduğu gibi, sünenin tüm evrelerinde SFA içinde 16:0 ve 18:0'ın MUFA'lardan 18:1n-9'un, PUFA'lardan ise 18:2n-6'nın baskın bileşenler olduğu tespit edilmiştir. Böceğin diyapoz öncesi ve sonrasındaki yağ asidi değişimlerine baktığımızda doymuş yağ asitlerinden 16:0 ve 18:0'ın ve dolayısıyla  $\sum$ SFA'nın diyapoz sonrası erginlerde azaldığı, dominant MUFA'lardan 18:1n-9 yüzdesinin her iki evrede yakın olduğu; dominant çoklu doymamışlardan 18:2n-6'nın diyapoz sonrası erginlerde 3 kat, bu yağ asidine bağlı olarak aynı dönemde  $\sum$ PUFA 2.74 kat artış göstermiştir. Bu verilerden dolayı diyapoz sonrası böceklerde  $\sum$ UFA yüzdesi ile UFA/SFA ve PUFA/SFA oranının önemli oranda arttığı görülmüştür (Çizelge 4.4).

Yağ asiti kompozisyonu bakımından tüm gelişim evreleri incelendiğinde, diğer gelişim evrelerine oranla 16:0 ve 18:0'ın diyapoz sonrası erginlerde, 18:1n-9 ve 18:2n-6'nın ise nimf evresinde en az düzeyde oldukları belirlenmiştir. Bu evrede doymamış yağ asitlerinden dolayı  $\sum$ MUFA,  $\sum$ PUFA,  $\sum$ UFA düzeylerinin ve UFA/SFA ile PUFA/SFA oranlarının önemli oranda azaldığı, 16:0 ve 18:0'ın ve bunlara bağlı  $\sum$ SFA'nın ise arttığı saptanmıştır (Çizelge 4.4.).

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

**Çizelge 4.4.** Süne *Eurygaster integriceps*'in fosfatidilserin yağ asidi yüzdelerinin değişik gelişim evrelerindeki değişimi

Yağ asidi	Yumurta (ORT±S.H)*	Nimf (ORT±S.H)*	Yeni nesil Ergin (ORT±S.H)*	Diyapoz öncesi Ergin (ORT±S.H)*	Diyapoz sonrası Ergin (ORT±S.H)*
14:0	1.71±0.08a	6.20±0.32b	0.40±0.03c	3.82±0.20d	0.72±0.05e
15:0	0.31±0.02a	0.30±0.05a	0.12±0.01b	0.34±0.04a	0.09±0.02b
16:0	23.17±1.18a	34.50±1.58b	14.06±0.67c	27.85±1.40d	9.21±0.52e
18:0	14.69±0.63a	27.85±1.39b	7.93±0.38c	15.04±0.65a	6.55±0.32c
∑SFA	39.88±1.85a	68.85±2.86b	22.51±1.03c	47.05±2.43d	16.57±0.083e
16:1n-7	5.31±0.27a	0.67±0.07b	7.37±0.37c	1.05±0.05b	5.62±0.33a
18:1n-9	26.52±1.26a	15.70±0.69b	24.39±1.07c	27.00±1.25a	28.01±1.39a
∑MUFA	31.83±1.58a	16.37±0.65b	31.76±1.45a	28.05±1.32a	33.63±1.65c
18:2n-6	22.57±1.04a	10.92±0.53b	41.57±2.09c	15.69±0.82d	47.32±2.14c
18:3n-3	1.11±0.06a	0.30±0.04b	0.41±0.03b	0.16±0.01c	0.54±0.08d
AA	0.82±0.05a	1.62±0.05b	0.71±0.05a	1.12±0.03c	0.19±0.04d
EPA	0.72±0.04a	0.20±0.03b	1.01±0.08c	0.85±0.04a	0.78±0.12a
∑PUFA	25.22±1.20a	13.04±0.85b	43.70±1.89c	17.82±0.82d	48.83±2.33e
∑UFA	57.05±2.79a	29.41±1.41b	75.46±2.86c	45.87±2.32d	82.46±3.17e
∑n-3	1.83±0.09a	0.50±0.04b	1.42±0.08c	1.01±0.06d	1.32±0.09c
∑n-6	23.39±1.26a	12.54±0.62b	42.28±1.87c	16.81±0.72d	47.51±2.86e
UFA/SFA	1.43	0.42	3.35	0.97	4.97
PUFA/SFA	0.63	0.18	1.94	0.37	2.94
n-3/n-6	0.08	0.04	0.03	0.060	0.03

\*Her veri 3 tekrarin ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

§ her satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

S.H.: Standart hata, SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri,

UFA: Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Aşırı Doymamış Yağ Asitleri.

#### 4.5. Süne *Eurygaster integriceps*'in Değişik Gelişim Evrelerinde Fosfolipit Altsınıflarının Yağ Asiti Kompozisyonunda Belirlenen Ortak Değişimler

Süne, *E. integriceps*'in yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi değişik gelişim evrelerinde PE, PC, PI ve PS gibi PL altsınıflarının yağ asiti içeriğinde bazı ortak değişimler saptanmıştır. Dört altsınıfta da SFA'lerden 16:0 ve 18:0'ın, MUFA'lerden 18:1n-9'un ve PUFA'lerden 18:2n-6'nın sünenin tüm gelişim evrelerinde dominant bileşenler olduğu görülmüştür. Diyapoz öncesi ve diyapoz sonrası erginler karşılaştırıldığında diyapoz sonrası dönemde major SFA'lerden 16:0 ve 18:0'ın azaldığı, PI dışında diğer altsınıflarda ise dominant PUFA'lerden 18:2n-6'nın arttığı tespit edilmiştir. Artma ve azalma oranlarının farklı olduğu görülmüştür. Örneğin PC'de 16:0, 6.9 kat, PE'de 6.63 kat, PS'de ise 3.02 kat, PI'da ise sadece % 22.48 oranında azalmıştır. Diyapoz sonrası erginlerin PC'sinde 18:2n-6, % 39.46, PE'de % 92.95, PS'de % 200 oranında artış göstermiştir. Diğer altsınıflardan farklı olarak PI'da 18:2n-6 diyapoz sonrası erginlerde, diyapoz öncesindekilere oranla azalmıştır (Çizelge 4.3.). Ancak bu altsınıfta diğer doymamış yağ asitlerinden 18:1n-9'un diyapoz sonrası sünelerde aynı dönemde üç kat artması; tüm altsınıflarda diyapoz öncesi erginlere oranla diyapoz geçirmiş böceklerde toplam doymamış yağ asitlerinin artmasına, doymuş yağ asitlerinin ise azalmasına neden olmuştur. Tüm bu veriler, sünedeki diyapozun PL altsınıf yağ asiti kompozisyonuna etki ettiğini ve diyapozun böcekte total doymamış yağ asitlerinde artmaya, doymuş yağ asitlerinde ise azalmaya neden olduğunu göstermektedir. PL altsınıflarından PC, PE ve PS'de doymamışlığı arttıran bileşenin çoklu doymamış yağ asitlerinden 18:2n-6, PI'da ise tekli doymamışlardan 18:1n-9 olduğu görülmüştür. Bu yağ asitlerine bağlı olarak dört PL altsınıfta da diyapoz sonrası evrede  $\sum$ UFA yüzdesi ile UFA/SFA oranının arttığı saptanmıştır (Çizelge 4.9.). Diyapoz geçirmiş sünelerde doymamışlığın artıp, doymuşların azalmasının nedeni, böceğin soğuk kış şartlarında membranın akıcılığını korumaya yönelik bir adaptasyondan dolayı olabilir.

Sünenin yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi değişik gelişim evrelerinde PL altsınıf yağ asiti içeriği incelendiğinde tüm altsınıflarda diğer evrelere oranla, 16:0 ve 18:0 gibi SFA'ların en az yüzdeleri ile PI

dışında diğer altsınıflarda PUFA'lardan 18:2n-6'nın en yüksek oranının diyapoz sonrası erginlerde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9.).

Tüm altsınıflarda belirlenen bir başka ortak bulgu, 18:0'ın diğer gelişim evrelerine oranla en çok nimf evresinde olduğu saptanmıştır. Aynı evrede PC altsınıfı dışında diğer PL altsınıflarında dominant MUFA'lardan 18:1n-9'un en az yüzdesi tespit edilmiştir.

Her bir altsınıfın dominant yağ asitlerinin sünenin yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi çeşitli gelişim evrelerindeki ortalama düzeylerine bakıldığında, 16:0'ın PC altsınıfında % 13.82, PE'de % 18.55, PI'da % 19.29, PS'de % 21.75; 18:0'ın PC'de % 7.14, PE'de % 16.53, PI'da % 15.18, PS'de % 14.41; MUFA'lardan 18:1n-9 PC'de % 33.26, PE'de % 24.69, PI'da 29.79, PS'de % 24.32; PUFA'lardan 18:2n-6'ın PC'de % 36.92, PE'de 31.96, PI'da % 28.18, PS'de % 27.61;  $\Sigma$  SFA'nın PC'de ortalama olarak % 21.72, PE'de % 35.90, PI'da % 35.42, PS'de % 38.97;  $\Sigma$  SFA 38.60, PE'de % 28.15, PI'da % 31.80, PS'de % 28.32;  $\Sigma$  PUFA'nın PC'de % 38.96, PE'de % 34.12, PI'da % 30.48, PS'de % 29.72;  $\Sigma$  UFA'nın PC'de % 77.57, PE'de % 62.28, PI'da % 62.29, PS'de % 58.05 olduğu görülmüştür. Bu verilere göre; PC'nin doymamış yağ asiti içeriğinin yüksek, doymuş yağ asidi yüzdesinin düşük olduğu ve bu altsınıfta diğer PL altsınıflarına oranla, 18:1n-9, 18:2n-6,  $\Sigma$ MUFA,  $\Sigma$ PUFA ve  $\Sigma$ UFA düzeylerinin daha fazla, 16:0 ve  $\Sigma$ SFA'nın ise daha az olduğu görülmektedir. Negatif yüklü altsınıflar olan PI ve PS'nin PE ve PC'ye oranla daha az yüzdede 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA'ya sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada *E. integriceps*'in çeşitli gelişim evresinde PL altsınıflarında belirlediğimiz yüzde dağılımında en çok saptadığımız yağ asitleri, daha önce yapılan çalışmada diğer heteropter (Bashan ve Cakmak 2005) ve dipterlerde de (Kostal ve ark., 2003; Overgaard ve ark. 2006) tespit edilmiştir. Örneğin, Meyve sineklerinin PL altsınıflarında en çok bulunan yağ asitleri 16:0, 16:1n-7, 18:0, 18:1n-9 ve 18:2n-6 olmuştur (Kostal ve ark. 2003; Overgaard ve ark. 2006).

Daha önce yapılan çalışmada sünenin yumurta, nimf, yeni nesil ergin ve diyapozlu (diyapoz geçirmiş) bireylerinin total PL yağ asiti analizinde elde edilen verilerin bir kısmı, bu çalışmada temel PL altsınıfları olan PC ve PE'nin yağ asiti analizleriyle uyuşmakta, bir kısmı ise uyuşmamaktadır. Önceki çalışmada, diyapozlu

böceklerde diğer gelişim dönemlerine oranla 16:0 en çok, 18:2n-6 ise en az oranda saptanmıştır (Bashan ve ark. 2002). Oysa çalışmamızda PL'nin temel altsınıfları olan PC ve PE'nin yağ asiti analizinde tam tersi bulgular elde edilmiş, her iki altsınıfta da diyapoz sonrası dönemde 16:0 en az, 18:2n-6 ise en fazla yüzde de belirlenmiştir. Her iki çalışmada belirlenen ortak bulgu diyapoz öncesine oranla diyapozlu sünelerde 18:1n-9 ve toplam doymamış yağ asiti yüzdesinin artmış olmasıdır.

Böcekler metabolik olarak sıfırın altına ulaştığında, çevresel faktörlerdeki değişikliklere adapte olmak için lipitlerini sıvı olarak tutmak zorundadırlar (Sinclair ve Marshall 2018). Fosfolipit yağ asitlerinin doymuşluğundaki değişiklikler, soğukta akıcılığı sürdürmek içindir (Somero ve ark. 2017). Böceklerle yapılan daha önceki çalışmalarda; sıcaklığın düşmesiyle fosfolipitteki doymamış yağ asitlerinin arttığı saptanmıştır (Rapport 1986; Kostal ve Simek 1998; Kostal ve ark. 2003, Overgaard ve ark. 2005). Çünkü doymamış yağ asitleri, doymuşlara oranla daha düşük erime noktasına sahip olup, membran lipit çift katmanında büyük bir yer kaplamaktadır (Hazel 1979, Skalli ve ark. 2006).

Fosfolipit kompozisyonundaki değişimler, hem laboratuvar ortamında (RCH) hem de kışın soğuk arazi şartlarında (diyapoz) belirlenmiştir (Bennet ve ark. 1997; Hodková ve ark. 1999; Kostál ve ark. 2003).

RCH esnasında PL yağ asitlerinin doymamışlık derecesinin artması, düşük sıcaklıklarda membran faz değişimini önlemeye yardımcı olur ( Overgaard ve ark. 2005).

*S. crassipalpis*'te RCH' (deneysel olarak hızlıca soğuğa maruz bırakma) durumunda ve diyapozda hücre zarında 18:1n-9 artmıştır. Oleik asit hem düşük sıcaklıkta membran akışkanlığını düzenler hem de sıcaklık arttığında zarın sıvı kristal halinin devamını sağlar. RCH işleminde 16:0 ve 18:2n-6 yağ asitlerinde değişiklik saptanmamıştır (Michaud ve Denlinger 2006).

RCH ye maruz bırakılan *D. melanogaster*'de membran akışkanlığının artırılması için 18:2n-6 artarken 18:1n-9 azalmıştır (Overgaard ve ark. 2005).

Dişi *D. melanogaster*, 25 °C'den 0 °C'ye dakikada 0.01, 0.05, 0.1 ve 0.5 °C olacak şekilde kademe kademe soğutulup fosfolipit yağ asiti içeriğine bakılmıştır. Dakikada 0.05 veya 0.1°C soğutulan RCH işlemi;

18:2n-6'nın artmasını, 16:0 ve 18:1n-9'un azalmasını tetiklemiş, sonuçta doymamışlık derecesinin ve doymamış yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerine oranında artışa neden olmuştur (Overgaard ve ark. 2006).

Deneyssel olarak yapılan bir başka çalışmada çalışmada, 21 °C'den 15 °C ye getirilen üç *Drosophila* türünün (*D. curviceps*, *D. immigrans*, ve *D. albomicans*) PL fraksiyonunda dominant MUFA'lar olan 16:1n-7 ve 18:1n-9'un arttığı görülmüştür (Ohtsu ve ark. 1999).

Görüldüğü gibi deneyssel olarak kademeli bir şekilde soğuk ortama getirilen böceklerin PL yağ asiti analizinde bazı türlerde 18:2n-6, bazı türlerde 18:1n-9 oranı artmaktadır. Sonuçta membran lipitlerinde toplam doymamış yağ asitlerinde artış meydana gelmektedir. Bizim çalışmada da araziden toplanan sünenin diyapoz öncesi bireylerine oranla diyapoz geçirmiş böceklerin dominant PL alt sınıfları olan PE ve PC'de ortak olarak 16:1n-7, 18:2n-6 ve dolayısıyla toplam doymamış yağ asitleri önemli oranda artmış; 16:0, 18:0 ve toplam doymuş yağ asitleri ise azalma göstermiştir.

Diyapozun tetiklemesiyle zar PL'lerinde oluşan değişiklikler kimi böceklerde çalışılmıştır (Furusawa ve ark. 1994; Hodkova ve ark. 1999; Kostal ve ark. 2003; Bashan ve Cakmak 2005). Daha önce yapılan çalışmalarda, böceklerin soğuk toleransındaki mevsimsel değişikliklerin, fosfolipit yağ asiti kompozisyonundaki değişikliklerle ilgili olduğu saptanmıştır (Bennett ve ark. 1997; Kostal ve Simek 1998; Ohtsu ve ark. 1998).

Hücre membranındaki yağ asiti bileşimlerinin böceklerin diyapoz evresinde de değiştiği saptanmıştır. Soğuk ortamın neden olduğu olumsuz koşulların üstesinden gelmek için homeoviskoz adaptasyonu gereğince membran lipidleri yeniden şekillenir, fosfolipidlerin kimyasal kompozisyonu, baş grupları, kolesterol içeriği ve yağ açıl zincirleri yeniden düzenlenir. Fosfolipitlerin yapısında uzun zincirli doymamış yağ asitlerinin miktarı artar (Cossins ve ark. 2002), PL alt sınıfları yeniden yapılandırılır, PE'nin PC'ye oranı artar. Böylece sıcaklık stresine maruz bırakılan membranların akıcılığı ve yapısal bütünlüğü korunmuş olur (Hazel 1995).

Beslenmenin olmadığı diyapoz esnasında yağ asiti bileşiminde görülen değişiklikler endojen yağ asiti senteziyle ilgilidir (Vukašinović ve ark. 2013).

*E. solidaginis*'te sonbahar mevsiminde zardaki doymamış yağ asitlerinin miktarı % 50 oranında artış göstermiştir (Bennett ve Lee 1997).

Deneysel olarak diyapoz sokulan et sineği *S. crassipalpis*'ta 18:1n-9 yüzdesi ve UFA/SFA oranı önemli oranda artmış, 18:2n-6 ise azalmıştır (Michaud ve Denlinger 2006). Ancak soğuk kış aylarında kimi böceklerin PL fraksiyonunda 18:2n-6 artmıştır (Hodkova ve ark. 1999; Overgaard ve ark. 2005).

Bir başka çalışmada, *O. nubilalis*'in (Lepidoptera) diyapozsuz ve diyapozlu dördüncü evre larvalarının yağ doku ve hemolenfindeki total lipitlerin yağ asiti analizi yapılmıştır. Diyapozlu larvaların hemolenf ve yağ dokusunda ortak olarak 18:1n-9 ve  $\Sigma$ MUFA yüzdeleri ile UFA/SFA oranında artış; 16:0,  $\Sigma$ SFA, 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA yüzdelerinde azalma kaydedilmiştir (Vukašinović ve ark. 2013).

*D. baccarum*'un diyapozlu bireylerinin PL ve TAG'deki doymamış yağ asitlerinden 18:1n-9 ve 18:2n-6, *P. lituratus*'ta ise sadece 18:1n-9 düzeyinin, diyapoz öncesi bireylere oranla arttığı, baskın doymuş yağ asitlerinden 16:0 ve 18:0 gibi yağ asitlerinin ise her iki böcekte de azaldığı görülmüştür (Bashan ve Cakmak 2005).

Süne, *E. integriceps*'te daha önce yapılan çalışmada böceğin yumurta, nimf, YNE (Yeni Nesil Ergin) dişi ve erkek ile diyapozlu dişi ve erkek bireylerin PL fraksiyonundaki yağ asitleri analizi yapılmıştır. Diyapozlu ve YNE (diyapoz öncesi) böcekler karşılaştırıldığında; doymuş yağ asitlerinden 16:0 ile tekli doymamışlardan 16:1n-7 ve 18:1n-9'un diyapozlu evrede her iki eşeyde de önemli oranda arttığı, PUFA'lardan 18:2n-6'nın diyapoz geçirmiş her iki eşeyde de belirlenmiştir (Bashan ve ark. 2002).

Yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi diyapozlu böceklerin bazılarında dominant MUFA'lardan 18:1n-9'un bazılarında ise PUFA'lardan 18:2n-6 arttığı belirlenmiştir. Sünenin değişik gelişim evrelerindeki bireylerin PL alt sınıflarının yağ asiti analiziyle ilgili bu çalışmamızda, yukarıda daha önce belirtildiği gibi, dominant PL alt sınıfı olan PE ve PC'nin yağ asitinde ortak olarak diyapoz öncesi sünelere oranla diyapoz geçirmiş (Diyapoz sonrası) böceklerde 16:0, 18:0 ve  $\Sigma$ SFA yüzdeleri azalmış, doymamış yağ asitlerinden 16:1n-7, 18.2n-6 yüzdeleri ile UFA/SFA oranı artmıştır. Yalnız diyapozlu bireylerin PC fraksiyonunda 18:1n-9'un arttığı görülmüştür.

Oleik asit hem düşük sıcaklıkta membran akışkanlığını düzenler hem de sıcaklık arttığında zarın sıvı kristal halinin devamını sağlar (Michaud ve Denlinger 2006). Oleik asitin açıl zincirindeki çift bağ, zincirin merkezinde yerleşmiştir. Bu merkez, membran akıcılığını sağlamada tekli doymamış bağ için en iyi lokasyondur (Barton ve Gunstone 1975). Oleik asit sentezini yapan  $\Delta^9$  ve linoleik asit sentezini yapan  $\Delta^{12}$  enzim grubunun her ikisinin de düşük sıcaklıklarda transkribe ve aktive edildiği gösterilmiştir (Batcabe ve ark. 2000; Hsieh ve Kuo 2005).

Diyapoz geçirmiş sünelerde belirlediğimiz UFA/SFA oranındaki artış, daha önce yapılan çalışmalarda birçok diyapozlu böceklerde de saptanmıştır. Böcekler, sonbahar ve kış mevsimindeki soğuklara adaptasyon için lipitlerinde UFA/SFA oranı arttırmıştır (Ohtsu ve ark. 1993; Kostal ve Simek 1998; Michaud ve Denlinger 2006; Khani ve ark. 2007; Vukašinić ve ark. 2013). Doymamış yağ asitlerinin artması; düşük sıcaklıklarda membran akışkanlığının devamını sağlamakta ve böceklerin soğuğa karşı toleransına katkıda bulunmaktadır.

#### **4.6. Süne *Eurygaster integriceps*'in Fosfolipit Altsınıflarındaki Yağ Asidi Yüzdelerinin Yumurta Evresindeki Değişimi**

Süne *E. integriceps*'in fosfolipit altsınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin yumurta evresindeki değişimi Çizelge 4.5.'de verilmiştir. Böceğin bu gelişim evresinde tüm PL altsınıflarında dominant yağ asitlerinin aynı olduğu görülmüştür. Çizelge 4.5.'de de görüldüğü gibi SFA'lardan 16:0 ve 18:0, MUFA'lardan 18:1n-9 ve PUFA'lardan 18:2n-6 tüm altsınıflarda en yüksek yüzdeye sahip yağ asitleri olarak belirlenmiştir. Ancak bu bileşenlerin düzeylerinin altsınıflarda farklı olduğu saptanmıştır. Örneğin; diğer PL altsınıflarından farklı olarak PC fraksiyonunda 16:0, 18:0 ve bu yağ asitlerine bağlı olarak  $\Sigma$ SFA ile 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA'nın en düşük yüzdeleri ile 18:1n-9,  $\Sigma$ MUFA,  $\Sigma$ UFA'nın en yüksek yüzdeleri ve UFA/SFA'nın en yüksek oranı belirlenmiştir. Altsınıflardan PE ve PS'nin yumurta evresindeki kompozisyonlarının birbirlerine yakın oldukları görülmüştür. Dominant bileşenlerden 16:0 oranı; PE'de % 25.67, PS'de % 23.17, 18:1n-9; PE'de % 28.15, PS'de % 26.52, 18:2n-6; PE'de % 22.44 PS'de % 22.57 olarak saptanmıştır. Bu yağ asitlerine bağlı olarak her iki altsınıflarda  $\Sigma$ MUFA,  $\Sigma$ PUFA,  $\Sigma$ UFA yüzdeleri ile UFA/SFA oranının birbirine yakın oldukları görülmüştür. Bu iki altsınıfın yağ asiti kompozisyonlarının benzer olmasının nedeni, sentez yollarının

yakın olmasına bağlanabilir. Çünkü, PE'deki etanolaminin alkol grubunun L- serin ile enzimatik olarak değiştirilmesi ile PS oluşmaktadır (Çizelge 4.5.).

Sünenin yumurta evresinde, tüm PL alt sınıflarında SFA'lar içinde yüzde olarak en fazla 16:0, doymamışlar arasında ise en çok 18:1n-9 tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.5.** Süne *Eurygaster integriceps*'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin yumurta evresindeki değişimi

Yağ asidi	PC	PE	PI	PS
	(ORT±S.H)*	(ORT±S.H)*	(ORT±S.H)*	(ORT±S.H)*
14:0	0.19±0.01a	0.08±0.004b	0.5±0.03c	1.71±0.08d
15:0	0.13±0.01a	0.07±0.005b	0.23±0.02c	0.31±0.02d
16:0	15.51±0.67a	25.67±1.12b	28.79±1.33c	23.17±1.18b
18:0	7.20±0.38a	17.45±0.80b	26.63±1.30c	14.69±0.63d
∑SFA	23.03±1.03a	43.27±2.13b	56.15±2.74c	39.88±1.85d
16:1n-7	4.35±0.18a	4.64±0.02a	1.68±0.07b	5.31±0.27a
18:1n-9	58.74±2.78a	28.15±1.32b	22.08±1.15c	26.52±1.26b
∑MUFA	63.09±2.81a	32.79±1.61b	23.76±1.17c	31.83±1.58b
18:2n-6	11.99±0.57a	22.44±1.13b	16.42±0.68c	22.57±1.04b
18:3n-3	0.50±0.04a	0.98±0.07b	0.35±0.03a	1.11±0.06b
AA	0.10±0.01a	0.06±0.004b	1.36±0.06c	0.82±0.05d
EPA	0.79±0.05a	0.11±0.01b	0.2±0.02c	0.72±0.04a
∑PUFA	13.38±0.65a	23.59±1.04b	18.33±0.85c	25.22±1.20b
∑UFA	76.47±2.89a	56.38±2.82b	42.09±1.98c	57.05±2.79b
∑n-3	1.29±0.05a	1.09±0.08a	0.55±0.04b	1.83±0.09c
∑n-6	12.09±0.50a	22.50±1.13b	17.78±0.79c	23.39±1.26b
UFA/SFA	3.32	1.30	0.74	1.43
PUFA/SFA	0.58	0.54	0.32	0.63
n-3/n-6	0.10	0.05	0.03	0.08

\*Her veri 3 tekrarın ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

§ her satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

S.H.: Standart hata, SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri,

UFA: Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Aşırı Doymamış Yağ Asitleri.

#### 4.7. Süne *Eurygaster integriceps*'in Fosfolipit Alt sınıflarındaki Yağ Asidi Yüzdelerinin Nimf Evresindeki Değişimi

Süne *E. integriceps*'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin nimf evresindeki değişimi Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Böceğin bu gelişim evresinde tüm PL alt sınıflarında dominant yağ asitlerinin yumurta evresinde olduğu gibi aynı olduğu saptanmıştır. Çizelge 4.6.'da da görüldüğü gibi SFA'lardan 16:0 ve 18:0, MUFA'lardan 18:1n-9 ve PUFA'lardan 18:2n-6 tüm alt sınıflarda en yüksek yüzdeye sahip yağ asitleri olarak belirlenmiştir. Ancak bu yağ asitleri oranının alt sınıflarda farklı olduğu

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

saptanmıştır. Major alt sınıflar olan PE ve PC'nin  $\Sigma$ SFA bakımından fakir olduğu, 16:0 düzeyinin PE'de, 18:0'ın ise PC'de en az olduğu saptanmıştır. Diğer alt sınıflara oranla 18:1n-9, 18:2n-6,  $\Sigma$ MUFA,  $\Sigma$ PUFA,  $\Sigma$ UFA yüzdeleri ile UFA/SFA ve PUFA/SFA oranlarının PC'de daha fazla olduğu belirlenmiştir. Fosfolipit alt sınıfları arasında PS'nin 16:0 ve  $\Sigma$ SFA bakımından zengin, 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA bakımından fakir olduğu görülmüştür (Çizelge 4.6.).

**Çizelge 4.6.** Süne *Eurygaster integriceps*'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin nimf evresindeki değişimi

Yağ asidi	PC (ORT $\pm$ S.H)*	PE (ORT $\pm$ S.H)*	PI (ORT $\pm$ S.H)*	PS (ORT $\pm$ S.H)*
14:0	0.46 $\pm$ 0.03a	0.76 $\pm$ 0.05b	0.45 $\pm$ 0.08a	6.20 $\pm$ 0.32c
15:0	0.18 $\pm$ 0.02a	0.06 $\pm$ 0.01b	0.34 $\pm$ 0.04c	0.30 $\pm$ 0.05c
16:0	18.54 $\pm$ 0.95a	14.08 $\pm$ 0.72b	18.18 $\pm$ 1.13a	34.50 $\pm$ 1.58c
18:0	11.86 $\pm$ 0.55a	23.33 $\pm$ 1.07b	28.12 $\pm$ 1.43c	27.85 $\pm$ 1.39c
$\Sigma$ SFA	31.04 $\pm$ 1.43a	38.23 $\pm$ 1.82b	47.09 $\pm$ 2.23c	68.85 $\pm$ 2.86d
16:1n-7	1.28 $\pm$ 0.13a	2.04 $\pm$ 0.33b	1.05 $\pm$ 0.11a	0.67 $\pm$ 0.07c
18:1n-9	23.35 $\pm$ 1.07a	13.99 $\pm$ 0.58b	16.55 $\pm$ 0.72c	15.70 $\pm$ 0.69c
$\Sigma$ MUFA	24.63 $\pm$ 1.14a	16.03 $\pm$ 0.70b	17.60 $\pm$ 0.73b	16.37 $\pm$ 0.65b
18:2n-6	42.63 $\pm$ 2.38a	35.46 $\pm$ 1.65b	33.05 $\pm$ 1.62b	10.92 $\pm$ 0.53c
18:3n-3	0.39 $\pm$ 0.02a	0.43 $\pm$ 0.03a	0.31 $\pm$ 0.04a	0.30 $\pm$ 0.04a
AA	1.60 $\pm$ 0.09a	1.77 $\pm$ 0.06a	1.60 $\pm$ 0.08a	1.62 $\pm$ 0.05a
EPA	0.21 $\pm$ 0.02a	1.76 $\pm$ 0.05b	0.15 $\pm$ 0.01a	0.20 $\pm$ 0.03a
$\Sigma$ PUFA	44.83 $\pm$ 2.52a	39.42 $\pm$ 1.62b	35.11 $\pm$ 1.80c	13.04 $\pm$ 0.85d
$\Sigma$ UFA	69.46 $\pm$ 2.85a	55.45 $\pm$ 2.73b	52.71 $\pm$ 2.65b	29.41 $\pm$ 1.41c
$\Sigma$ n-3	0.60 $\pm$ 0.05a	2.19 $\pm$ 0.16b	0.46 $\pm$ 0.02a	0.50 $\pm$ 0.04a
$\Sigma$ n-6	44.23 $\pm$ 2.63a	37.23 $\pm$ 0.73b	34.65 $\pm$ 1.69b	12.54 $\pm$ 0.62c
UFA/SFA	2.23	1.45	1.11	0.42
PUFA/SFA	1.44	1.03	0.74	0.18
n-3/n-6	0.01	0.06	0.01	0.04

\*Her veri 3 tekrarin ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

§ her satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

S.H.: Standart hata, SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri,

UFA: Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Aşırı Doymamış Yağ Asitleri.

#### 4.8. Süne *Eurygaster integriceps*'in Fosfolipit Alt sınıflarındaki Yağ Asidi

##### Yüzdelerinin Yeni Nesil Ergin Evresindeki Değişimi

Süne *E. integriceps*'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin yeni nesil ergin evresindeki değişimi Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Yeni nesil ergin böceklerin tüm PL alt sınıflarında dominant yağ asitlerinin diğer gelişim evrelerine benzer olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.7.'de de görüldüğü gibi SFA'lardan 16:0 ve 18:0,

MUFA'lardan 18:1n-9 ve PUFA'lardan 18:2n-6 tüm alt sınıflarda en yüksek yüzdeye sahip yağ asitleri olarak belirlenmiştir. Ancak bu yağ asiti yüzdelерinin PL alt sınıflarındaki yüzdelерinin farklı olduğu görülmüştür. Örneğin 16:0, 18:0 ve  $\Sigma$ SFA düzeyleri en az PC ve PS'de, 18:1n-9 ve  $\Sigma$ MUFA en az PI ve PS'de, 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA ise en az yüzde de PE alt sınıfında belirlenmiştir. Çizelge 4.7.'de görüldüğü gibi, PE'deki 16:0, 18:0 ve  $\Sigma$ SFA; PC ve PE'deki 18:1n-9 ve  $\Sigma$ MUFA'nın; PC ve PS'deki 18:2n-6,  $\Sigma$ PUFA,  $\Sigma$ UFA'nın yüzdeleri ile UFA/SFA ve PUFA/SFA'nın oranları, diğer alt sınıflardan yüksek bulunmuştur. Sünenin bu gelişim evresinde PE'nin doymuş yağ asitleri, PS'nin ise çoklu doymamış yağ asitleri bakımından daha zengin oldukları görülmüştür (Çizelge 4.7.).

**Çizelge 4.7.** Süne *Eurygaster integriceps*'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelерinin yeni nesil ergin evresindeki değişimi

Yağ asidi	PC	PE	PI	PS
	(ORT $\pm$ S.H)*	(ORT $\pm$ S.H)*	(ORT $\pm$ S.H)*	(ORT $\pm$ S.H)*
14:0	1.05 $\pm$ 0.06a	0.67 $\pm$ 0.04b	1.06 $\pm$ 0.07a	0.40 $\pm$ 0.03c
15:0	0.13 $\pm$ 0.01a	0.27 $\pm$ 0.02b	0.17 $\pm$ 0.01a	0.12 $\pm$ 0.01a
16:0	12.70 $\pm$ 0.67a	27.86 $\pm$ 1.38b	25.80 $\pm$ 1.36b	14.06 $\pm$ 0.67a
18:0	5.80 $\pm$ 0.26a	21.80 $\pm$ 0.97b	12.83 $\pm$ 0.72c	7.93 $\pm$ 0.38d
$\Sigma$ SFA	19.68 $\pm$ 0.15a	50.60 $\pm$ 2.40b	39.86 $\pm$ 1.86c	22.51 $\pm$ 1.03d
16:1n-7	4.11 $\pm$ 0.18a	0.60 $\pm$ 0.04b	3.74 $\pm$ 0.14a	7.37 $\pm$ 0.37c
18:1n-9	38.28 $\pm$ 1.89a	39.68 $\pm$ 1.91a	30.13 $\pm$ 1.41b	24.39 $\pm$ 1.07c
$\Sigma$ MUFA	42.39 $\pm$ 2.11a	40.28 $\pm$ 1.93a	33.87 $\pm$ 1.47b	31.76 $\pm$ 1.45c
18:2n-6	33.97 $\pm$ 1.46a	6.64 $\pm$ 0.31b	23.10 $\pm$ 1.27c	41.57 $\pm$ 2.09d
18:3n-3	0.20 $\pm$ 0.02a	0.01 $\pm$ 0.001b	0.21 $\pm$ 0.02a	0.41 $\pm$ 0.03c
AA	0.52 $\pm$ 0.06a	0.44 $\pm$ 0.03a	0.14 $\pm$ 0.02b	0.71 $\pm$ 0.05c
EPA	1.80 $\pm$ 0.10a	0.90 $\pm$ 0.07b	1.33 $\pm$ 0.07c	1.01 $\pm$ 0.08c
$\Sigma$ PUFA	36.49 $\pm$ 1.79a	7.99 $\pm$ 0.41b	24.78 $\pm$ 1.07c	43.70 $\pm$ 1.89d
$\Sigma$ UFA	78.88 $\pm$ 2.88a	48.2 $\pm$ 2.47b	58.65 $\pm$ 2.75c	75.46 $\pm$ 2.86a
$\Sigma$ n-3	2.00 $\pm$ 0.14a	0.91 $\pm$ 0.07b	1.54 $\pm$ 0.09c	1.42 $\pm$ 0.08d
$\Sigma$ n-6	34.49 $\pm$ 1.48a	7.08 $\pm$ 0.33b	23.24 $\pm$ 1.07c	42.28 $\pm$ 1.87d
UFA/SFA	4.00	0.95	1.47	3.35
PUFA/SFA	1.85	0.15	0.62	1.94
n-3/n-6	0.06	0.12	0.006	0.03

\*Her veri 3 tekrarin ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

§ her satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

S.H.: Standart hata, SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri,

UFA: Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Aşırı Doymamış Yağ Asitleri.

#### 4.9. Süne *Eurygaster integriceps*'in Fosfolipit Alt sınıflarındaki Yağ Asidi Yüzdelerinin Diyapoz Öncesi Ergin Evresindeki Değişimi

Süne *E. integriceps*'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin diyapoz öncesi ergin evresindeki değişimi Çizelge 4.8.'de verilmiştir. Çizelge 4.8.'de de görüldüğü gibi sünenin diyapoz öncesi erginlerinde PC, PE, PS ve PI alt sınıflarında dominant yağ asitlerinin benzer oldukları görülmüştür. Bu yağ asitlerinin başlıcaları SFA'dan 16:0 ve 18:0, MUFA'lardan 18:1n-9 ve PUFA'lardan 18:2n-6 olmuştur. Böceğin diğer gelişim evrelerinde olduğu gibi baskın yağ asitlerinin oranının alt sınıflarda farklı olduğu tespit edilmiştir. Örneğin; diğer alt sınıflara oranla PI'da 16:0, 18:0 ve  $\Sigma$ SFA; PS'de ise 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA yüzdesi en düşük olarak saptanmıştır. Fosfatidilkolin ve PI'nın 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA, PE ve PS'nin ise 16:0, 18:0 ve  $\Sigma$ SFA bakımından zengin oldukları görülmüştür (Çizelge 4.8.).

**Çizelge 4.8.** Süne *Eurygaster integriceps*'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin diyapoz öncesi evresindeki değişimi

	PC	PE	PI	PS
4Yağ asidi	(ORT $\pm$ S.H)*	(ORT $\pm$ S.H)*	(ORT $\pm$ S.H)*	(ORT $\pm$ S.H)*
14:0	1.08 $\pm$ 0.08a	0.91 $\pm$ 0.05a	1.58 $\pm$ 0.07b	3.82 $\pm$ 0.20c
15:0	0.18 $\pm$ 0.02a	0.19 $\pm$ 0.02a	0.16 $\pm$ 0.01a	0.34 $\pm$ 0.04b
16:0	19.53 $\pm$ 0.85a	21.88 $\pm$ 0.87a	13.34 $\pm$ 0.55b	27.85 $\pm$ 1.40c
18:0	9.88 $\pm$ 0.57a	18.50 $\pm$ 0.83b	5.11 $\pm$ 0.29c	15.04 $\pm$ 0.65d
$\Sigma$ SFA	30.67 $\pm$ 1.32a	41.48 $\pm$ 2.14b	20.19 $\pm$ 0.98c	47.05 $\pm$ 2.43d
16:1n-7	6.30 $\pm$ 0.30a	1.43 $\pm$ 0.12b	2.91 $\pm$ 0.18c	1.05 $\pm$ 0.05d
18:1n-9	19.10 $\pm$ 0.94a	20.36 $\pm$ 1.10a	20.91 $\pm$ 1.08a	27.00 $\pm$ 1.25b
$\Sigma$ MUFA	25.40 $\pm$ 1.22a	21.79 $\pm$ 1.04b	23.82 $\pm$ 1.20a	28.05 $\pm$ 1.32c
18:2n-6	40.11 $\pm$ 1.96a	32.52 $\pm$ 1.51b	45.60 $\pm$ 2.30c	15.69 $\pm$ 0.82d
18:3n-3	0.65 $\pm$ 0.06a	1.73 $\pm$ 0.12b	1.97 $\pm$ 0.22b	0.16 $\pm$ 0.01c
AA	0.18 $\pm$ 0.01a	1.20 $\pm$ 0.04b	0.25 $\pm$ 0.02a	1.12 $\pm$ 0.03b
EPA	1.59 $\pm$ 0.08a	0.15 $\pm$ 0.02b	1.80 $\pm$ 0.07a	0.85 $\pm$ 0.04c
$\Sigma$ PUFA	42.53 $\pm$ 2.20a	35.60 $\pm$ 1.52b	49.62 $\pm$ 2.56c	17.82 $\pm$ 0.82d
$\Sigma$ UFA	67.93 $\pm$ 2.53a	57.39 $\pm$ 2.68b	73.44 $\pm$ 2.64c	45.87 $\pm$ 2.32d
$\Sigma$ n-3	2.24 $\pm$ 0.15a	1.88 $\pm$ 0.13a	3.77 $\pm$ 0.22b	1.01 $\pm$ 0.06d
$\Sigma$ n-6	40.29 $\pm$ 2.12a	33.72 $\pm$ 1.52b	45.85 $\pm$ 2.16c	16.81 $\pm$ 0.72d
UFA/SFA	2.21	1.38	3.63	0.97
PUFA/SFA	1.38	0.85	2.45	0.37
n-3/n-6	0.05	0.05	0.08	0.06

\*Her veri 3 tekrarı ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

§ her satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

S.H.: Standart hata, SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri,

UFA: Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Aşırı Doymamış Yağ Asitleri.

#### 4.10. Süne *Eurygaster integriceps*'in Fosfolipit Altsınıflarındaki Yağ Asidi Yüzdelerinin Diyapoz Sonrası Ergin Evresindeki Değişimi

Süne *E. integriceps*'in fosfolipit altsınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin diyapoz sonrası ergin evresindeki değişimi Çizelge 4.9.'da verilmiştir. Çizelge 4.9'da da görüldüğü gibi sünenin diyapoz sonrası erginlerinde PC, PE, PS ve PI altsınıflarında dominant yağ asitlerinin benzer oldukları ancak bunların düzeylerinin altsınıflarda farklı olduğu görülmüştür. Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi sünenin bu evresinde 16:0, 18:0 gibi majör SFA'lar ile  $\Sigma$ SFA yüzdelerinin, temel ve dominant altsınıflar olan PE ve PC'de oldukça az, asidik ve negatif alt sınıflar olan PI ve PS'de ise daha fazla oldukları görülmektedir. Baskın MUFA'lardan 18:1n-9 ile bu yağ asidine bağlı olarak  $\Sigma$ MUFA düzeylerinin diğer altsınıflara oranla PI fraksiyonunda çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yaptığımız bu çalışmada, sünenin diyapoz geçirmiş (diyapoz sonrası) üyelerinde, diğer gelişim evrelerine oranla PUFA'lardan 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA'nın çok daha fazla oranda olduğunu belirtmiştik. Diyapoz sonrası dört PL altsınıfı arasında 18:2n-6 yüzdesinin en fazla PE ve PC'de olduğu, bu altsınıflarda 18:2n-6'dan dolayı  $\Sigma$ PUFA,  $\Sigma$ UFA miktarları ile UFA/SFA ve PUFA/SFA oranlarınının PI ve PS'den çok daha fazla oldukları görülmüştür (Çizelge 4.9.).

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

**Çizelge 4.9.** Süne *Eurygaster integriceps*'in fosfolipit alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelilerinin diyapoz sonrası evresindeki değişimi

Yağ asidi	PC (ORT±S.H)*	PE (ORT±S.H)*	PI (ORT±S.H)*	PS (ORT±S.H)*
14:0	0.29±0.02a	0.26±0.02a	0.26±0.02a	0.72±0.05b
15:0	0.08±0.01a	0.80±0.04b	0.02±2.02c	0.09±0.02a
16:0	2.83±0.12a	3.30±0.17b	10.34±0.43c	9.21±0.52c
18:0	1.00±0.06a	1.59±0.10b	3.23±0.15c	6.55±0.32d
∑SFA	4.20±0.22a	5.95±0.42b	13.85±0.62c	16.57±0.083
16:1n-7	10.70±0.48a	8.60±0.44b	0.68±0.08c	5.62±0.33d
18:1n-9	26.83±1.23a	21.29±1.11b	59.31±1.86c	28.01±1.39a
∑MUFA	37.53±1.72a	29.89±1.43b	59.99±2.13c	33.63±1.65d
18:2n-6	55.94±2.48a	62.75±2.38b	22.74±1.92c	47.32±2.14d
18:3n-3	1.22±0.06a	1.00±0.07a	0.75±0.09b	0.54±0.08c
AA	0.08±0.02a	0.12±0.02b	0.20±0.04c	0.19±0.04c
EPA	0.35±0.04a	0.17±0.03b	0.91±0.08c	0.78±0.12d
∑PUFA	57.59±2.83a	64.04±2.79b	24.60±1.83c	48.83±2.33d
∑UFA	95.12±3.86a	93.93±3.32a	84.59±3.26b	82.46±3.17b
∑n-3	1.57±0.08a	1.17±0.10b	1.66±0.16a	1.32±0.09c
∑n-6	56.02±2.53a	62.87±2.48b	22.94±1.25c	47.51±2.86d
UFA/SFA	22.64	15.78	6.10	4.97
PUFA/SFA	13.71	10.76	1.77	2.94
n-3/n-6	0.03	0.02	0.07	0.03

\*Her veri 3 tekrarin ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

§ her satırda aynı harflerle belirlenen veriler P>0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

S.H.: Standart hata, SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri,

UFA: Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Aşırı Doymamış Yağ Asitleri.

#### 4.11. Aynı fosfolipit Altsınıfının Yağ Asidi Yüzdelerinin Süne *Eurygaster integriceps*'in Değişik Gelişim Evresindeki Değişimi ile İlgili Belirlenen Ortak Bulgular

Fosfolipit altsınıflarından PC'de  $\sum$ SFA'nın yumurta, nimf, yeni nesil ergin ve diyapoz sonrası ergin, 16:0 ve 18:0 gibi dominant SFA'ların ise yumurta, yeni nesil ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi gelişim evrelerinde ortak olarak diğer PL altsınıflarına oranla en az yüzde de buldukları, 18:1n-9 ve dolayısıyla  $\sum$ MUFA'nın hem nimf hem de yeni nesil erginlerde fazla oranda oldukları saptanmıştır.

Negatif yüklü asidik altsınıflardan PI'da 18:0 düzeyinin yumurta, nimf, diyapoz sonrası ergin dönemlerde, PS'de ise 16:0 ve  $\sum$ SFA'nın nimf, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi dönemlerde diğer altsınıflara oranla daha fazla oldukları belirlenmiştir. Bu veriler, doymuş yağ asitlerinin PC'de daha az, PI ve PS'de daha fazla olduğunu göstermektedir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Süne *E. integriceps*'in yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi değişik gelişim evrelerinde PC, PE, PI ve PS gibi PL alt sınıflarının yağ asiti analizinde SFA'lardan 14:0, 15:0, 16:0, 18:0; MUFA'lardan 16:1n-7 ve 18:1n-9; PUFA'lardan 18:2n-6, 18:3n-3, 20:4n-6 ve 20:5n-3 olmak üzere toplam on farklı yağ asiti saptanmıştır. Doymuş yağ asitlerinden 16:0 ve 18:0'ın, MUFA'dan 18:1n-9'un, PUFA'dan 18:2n-6'nın dominant olduğu belirlenmiştir.

Böceğin yumurta, nimf, yeni nesil ergin, diyapoz öncesi ergin ve diyapoz sonrası ergin gibi tüm değişik gelişim evrelerinin PC yağ asiti kompozisyonu incelendiğinde, diyapoz öncesi erginlere oranla diyapoz sonrası (diyapoz geçirmiş) erginlerde SFA'lardan 16:0, 18:0 ve  $\sum$ SFA'nın azaldığı, ancak 16:1n-7 ve 18:1n-9,  $\sum$ MUFA ile 18:2n-6, 18:3n-3 ve  $\sum$ PUFA'nın arttığı saptanmıştır. Böcek yumurtalarının, diğer gelişim evrelerine oranla 18:1n-9 ve  $\sum$ MUFA bakımından zengin ancak 18:2n-6 ve  $\sum$ PUFA yüzdesi bakımından fakir olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.1.).

Sünenin PE yağ asidi bileşimine bakıldığında diyapoz öncesi erginlere oranla diyapoz sonrası böceklerde 16:0 ve 18:0 yüzdelerinin önemli düzeyde azaldığı, buna karşılık oranda 16:1n-7 ve PUFA'lardan 18:2n-6'nın artış gösterdiği görülmüştür. Diğer gelişim safhaları ile karşılaştırıldığında, yeni nesil erginlerde 18:1n-9 ve  $\sum$ MUFA'ların en yüksek, 18:2n-6 ve  $\sum$ PUFA'ların en düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2.).

Fosfolipit alt sınıflarından PI'nın diyapoz öncesi ve sonrasındaki yağ asiti değişimleri incelendiğinde 16:0 ve 18:0 ve  $\sum$ SFA'nın diyapoz sonrası erginlerde bir miktar, 18:2n-6'nın ise önemli düzeyde azaldığı, diyapoz sonrası böceklerde ise 18:1n-9'un üç kat arttığı saptanmıştır (Çizelge 4.3.).

Böceğin PS yağ asitlerinden 16:0 ve 18:0 ve  $\sum$ SFA'nın diyapoz sonrası erginlerde azaldığı, ancak 18:2n-6'nın diyapoz sonrası erginlerde üç kat,  $\sum$ PUFA'nın da 2.74 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Tüm gelişim evrelerine bakıldığında, diğer gelişim evrelerine oranla 16:0 ve 18:0'ın diyapoz sonrası erginlerde, 18:1n-9 ve 18:2n-6'nın ise nimf evresinde en az düzeyde oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.4.).

Süne, *E. integriceps*'in değişik gelişim evrelerinin PE, PC, PI ve PS gibi PL alt sınıflarının yağ asiti içeriğinde bazı ortak değişimler saptanmıştır. Diyapoz öncesi ve diyapoz sonrası erginler karşılaştırıldığında diyapoz sonrası dönemde 16:0 ve 18:0'ın azaldığı, PI dışında diğer alt sınıflarda ise dominant PUFA'lardan 18:2n-6'nın, PI'da ise 18:1n-9'un arttığı tespit edilmiştir. Diyapoz geçirmiş böceklerin tüm PL alt sınıflarında toplam doymamış yağ asitleri artmış, doymuş yağ asitleri ise azalmıştır. Tüm bu veriler, *E. integriceps*'te diyapozun PL alt sınıf yağ asiti kompozisyonuna etki ettiğini göstermiştir. Tüm alt sınıflarda belirlenen bir başka ortak bulgu, 18:0'ın diğer gelişim evrelerine oranla en çok nimf evresinde olduğu görülmüştür (Çizelge 4.6.).

Çalışmanın bir başka serisinde her bir alt sınıfın dominant yağ asitlerinin sünenin çeşitli gelişim evrelerindeki ortalama düzeylerine bakılmış ve PC'nin doymamış yağ asiti içeriğinin yüksek, doymuş yağ asidi yüzdesinin düşük olduğu ve bu alt sınıfta diğer PL alt sınıflarına oranla, 18:1n-9, 18:2n-6,  $\Sigma$ MUFA,  $\Sigma$ PUFA ve  $\Sigma$ UFA düzeylerinin daha fazla, 16:0 ve  $\Sigma$ SFA'nın ise daha az olduğu görülmüştür. Negatif yüklü alt sınıflar olan PI ve PS'nin PE ve PC'ye oranla daha az yüzdede 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA'ya sahip olduğu belirlenmiştir.

Sünenin PL alt sınıflarındaki yağ asidi yüzdelerinin değişik gelişim evrelerindeki değişimine bakıldığında, yumurtada diğer PL alt sınıflarından farklı olarak PC fraksiyonunda 16:0, 18:0,  $\Sigma$ SFA ile 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA'nın en düşük yüzdeleri ile 18:1n-9,  $\Sigma$ MUFA, total doymamış yağ asidinin ( $\Sigma$ UFA'nın) en yüksek yüzdeleri ve UFA/SFA'nın en yüksek oranı belirlenmiştir (Çizelge 4.5.). Alt sınıflardan PE ve PS'nin yumurta evresindeki kompozisyonlarının birbirlerine yakın oldukları görülmüştür. Böceğin nimf evresindeki alt sınıflardan PE ve PC'nin  $\Sigma$ SFA bakımından fakir olduğu, 16:0 düzeyinin en az PE'de, 18:0'ın ise PC'de olduğu saptanmıştır. Diğer alt sınıflara oranla 18:1n-9, 18:2n-6,  $\Sigma$ MUFA,  $\Sigma$ PUFA,  $\Sigma$ UFA yüzdeleri ile UFA/SFA ve PUFA/SFA oranlarının PC'de daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yeni nesil erginlerde 16:0, 18:0 ve  $\Sigma$ SFA düzeylerinin en az PC ve PS'de, 18:1n-9 ve  $\Sigma$ MUFA'nın en az PI ve PS'de, 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA'nın ise en az yüzde de PE alt sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bu evrede PE'deki 16:0, 18:0 ve  $\Sigma$ SFA; PC ve PE'deki 18:1n-9 ve  $\Sigma$ MUFA'nın; PC ve PS'deki 18:2n-6,  $\Sigma$ PUFA,  $\Sigma$ UFA'nın yüzdeleri ile UFA/SFA ve PUFA/SFA'nın oranları, diğer alt sınıflardan yüksek bulunmuştur. Diyapoz öncesi ergin sünelerde diğer alt sınıflara oranla PI'da 16:0, 18:0 ve  $\Sigma$ SFA; PS'de ise 18:2n-6 ve

$\Sigma$ PUFA yüzdesi en düşük oranda saptanmıştır. Fosfatidilkolin ve PI'nın ise 18:2n-6 ve  $\Sigma$ PUFA, PS'nin de 16:0, 18:0 ve  $\Sigma$ SFA bakımından zengin oldukları görülmüştür. Diyapoz sonrası erginlerde 16:0, 18:0 ile  $\Sigma$ SFA yüzdelerinin, PE ve PC'de oldukça az, PI ve PS'de ise daha fazla oldukları görülmüştür. Oleik asit ve  $\Sigma$ MUFA düzeylerinin diğer alt sınıflara oranla PI fraksiyonunda çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.9.).

Kışlama esnasında sadece membran lipitlerinin yağ asiti bileşiminde değişiklik meydana gelmez. Bu süreçte böcek tarafından kriyoprotektan olarak adlandırılan ve aşırı soğuk ortamda yaşamayı devam ettirmeyi sağlayan kimi kimyasal maddelerin sentezi artmaktadır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, kriyoprotektan olarak işlev gören gliserol, sorbitol, inositol gibi şeker alkollerle, trehaloz şekeri ve prolin amino asitinin miktarları sünenin diyapoz öncesi ve diyapozlu erginlerinde ölçülerek bu bileşenlerin kışlama diyapozundaki rolleri açıklığa kavuşturulabilir. Ayrıca yapılacak deneysel çalışmada süne, ölümcül olmayan düşük sıcaklıklara kısa bir süre (birkaç dakika-birkaç saat arası) maruz bırakılarak, böcekte PE ve PC gibi temel PL alt sınıflarının miktarına, bunların yağ asidi bileşimine ve kriyoprotektanların miktarına bakılarak değişimler saptanabilir.



## 6. KAYNAKLAR

- Arrese, E. L. and Soulages, J. L. 2010. Insect fat body: energy, metabolism, and regulation. *Annual Review of Entomology*, 55: 207–225.
- Athenstaedt, K., Daum, G. 2006. The life cycle of neutral lipids: synthesis, storage and degradation. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 63: 1355–69.
- Azuma, M., Yoshimi, Y., Furusawa, T. 1989. Fatty acid composition in phosphoglycerides related to egg diapause of the silkworm, *Bombyx mori*. *Applied Entomology and Zoology*, 24: 180–185.
- Baldus, T. J. and Mutchmor, J. A. 1988. The effects of temperature acclimation on the fatty acid composition of the nerve cord and fat body of the American cockroach, *Periplaneta americana*, *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 89A: 141- 147.
- Barton, P.G., Gunstone, F.D. 1975. Hydrocarbon chain packing and molecular motion in phospholipid bilayers formed from unsaturated lecithins. Synthesis and properties of sixteen positional isomers of 1,2-dioctadecenoyl-sn-glycero-3-phosphorylcholine. *Journal of Biological Chemistry*, 250: 4470–4476.
- Bashan, M., Akbas, H., Yurdakoc, K. 2002. Phospholipid and triacylglycerol fatty acid composition of major life stages of sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Heteroptera:Scutelleridae), *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 132: 375–380.
- Bashan, M., Cakmak, O. 2005. Changes in composition of phospholipid and tracylglycerol fatty acids prepared from prediapausing and diapausing individuals of *Dolycoris baccarum* and *Piezodorus lituratus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 95: 575–579.
- Başhan, M., and Çelik, S. 1995. Linoleic acid biosynthesis in the Black Cricket *Melanogryllus desertus* Pal., *Turkish Journal of Biology*, 19: 391-397.
- Batcabe, J.P., Howell, J.D., Blomquist, G.J., Borgeson, C.E. 2000. Effects of developmental age, ambient temperature, and dietary alterations on  $\Delta^{12}$  desaturase activity in the house cricket, *Acheta domesticus*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 44: 112–119.
- Beenackers, A. M.T., Vanderhorst, D. J., Vanmarrewijk, W. J. A. 1984. Insect flight metabolism. *Insect Biochemistry*, 14: 243–60.

- Bennett, V. A., N. L. Pruitt and R. E. Lee. 1997. Seasonal changes in fatty acid composition associated with coldhardening in third instar larvae of *Eurosta solidaginis*. *Journal of Comparative Physiology B*, 167: 249-255.
- Bennett, V.A. ve Lee, R.E. 1997. Modeling seasonal changes in intracellular freeze-tolerance of fat body cells of the gall fly *Eurosta solidaginis* (Diptera, Tephritidae). *Journal of Experimental Biology*, 200: 185–192.
- Blomquist, G. J., Dwyer, L. A., Chu, A. J., Ryan, R. O, de Renobales, M. 1982. Biosynthesis of linoleic acid in a termite, cockroach and cricket. *Insect Biochemistry*, 12: 349–353.
- Buckner, J. S., Hagen, M. M. 2003. Triacylglycerol and Phospholipid Fatty Acids of the Silverleaf Whitefly: Composition and Biosynthesis, *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 53: 66-79.
- Canavoso, L.E., Jouni, Z.E., Karnas, K.J., Pennington, J.E., Wells, M.A. 2001. Fat metabolism in insects. *Annual Review of Nutrition*, 21: 23–46.
- Canty, D.J, Zeisel, S.H. 1994. Lecithin and choline in human health and disease. *Nutrition Reviews*, 52(10): 327-339.
- Colinet, H., Renault, D., Javal, M., Berková, P., Šimek, P., Košťál, V. 2016. Uncovering the benefits of fluctuating thermal regimes on cold tolerance of *Drosophila flies* by combined metabolomic and lipidomic approach. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1861: 1736–1745.
- Cooper, G. M. 2000. The Cell: A Molecular Approach. 2nd edition. Erişim [<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9898/figure/A1970/?report=objectonly>]. Erişim Tarihi: 27.04.2019.
- Cossins, A.R., Murray, P.A., Gracey, A.Y., Logue, J., Polley, S., Caddick, M., Brooks, S., Postle, T., Maclean, N. 2002. The role of desaturases in cold-induced lipid restructuring. *Biochemical Society Transactions*, 30: 1082–1086.
- Cripps, C., Blomquist, G.J., Renobales, D.M. 1986. De novo biosynthesis of linoleic acid in insects. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 876: 572–580.
- Dadd, R. H., 1985. Nutrition: Organisms. In *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology* (Ed. By Kerkut, G. A. and Gilbert, L. I), 8: 313-390. Pergamon Press.
- Danks, S.M. and Tribe M.A., 1979. Biochemical changes in blowfly flight muscle mitochondria following temperature acclimation, *Journal of Thermal Biology*, 4: 183-195.

- Denlinger, D.L., 1991. Relationship between cold-hardiness and diapause. *Insects at Low Temperature*, pp 174-198
- Downer, R. G. H. 1978. Functional role of lipids in insects. In: Rockstein M, editor. *Biochemistry of insects*, New York: Academic Press. p 57–92.
- Downer, R. G. H. 1985. Lipid metabolism. In: Kerkut GA, Gilbert LI, editors. *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology*, Oxford Pergamon Press,. P 77–113.
- Dwyer, L. A., Blomquist, G. J. 1981. Biosynthesis of linoleic acid in the American cockroach. *Progress Lipid Research*, 20: 215–218.
- Erişim [<https://www.hobitohum.com/sune/>]. Erişim Tarihi: 24.02.2018.
- Fast, P.G., 1966. A comparative study of phospholipids and fatty acids of some insects. *Lipids*, 1, 209–215.
- Fast, P.G., 1970. Insect lipids. In: Holman, R.T. (Ed.), *Progress in the chemistry of fats and other lipids*, Oxford Pergamon Press,. 11: pp. 181–242.
- Fast, P. G., 1971. Insect lipids. *Progress in the Chemistry of Fats and Other Lipids*, 11: 179-142.
- Folch, J., Lees, M., Sladane-Stanley, G.H.A. 1957. Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal Biological Chemistry*, 226: 497-509.
- Furusawa, T., Nishida, M., Narutaki, A., 1994. Changes in fatty acid composition of phosphoglycerides during the diapause and embryonic development of the Japanese oak silkworm, *Antheraea yamamai*. *Journal of Sericultural Science of Japan*, 63: 57–63.
- Gardocki, M.E., Jani, N.J., Lopes, M. 2005. Phosphatidylinositol biosynthesis: biochemistry and regulation, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1735: 89–100.
- Gurr, M.I., Harwood, J.L., 1991. *Lipid Biochemistry*. Chapman & Hall, London.
- Hahn, D. A., Denlinger, D. L. 2007. Meeting the energetic demands of insect diapause: nutrient storage and utilization. *Journal of Insect Physiology*, 53: 760–73.
- Hahn, D. A. and Denlinger, D. L. 2011. Energetics of insect diapause. In *Annual Review of Entomology*, Vol. 56 (ed. M. R. Berenbaum, R. T. Cardé and G. E. Robinson), pp. 103-121. Palo Alto: Annual Reviews.

- Hanson, B.J., Cummins, K.W., Cargill, A.S., Lowery, R.R., 1985. Lipid content, fatty acid composition and the effect of diet on fats of aquatic insects. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 80B: 257–276.
- Harlow, R.D., Lumb, R.H., and Wood, R., 1969. Insect lipids: Carbon number distribution of triglycerides in five species. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 30: 761-769.
- Hazel, J.R., 1979. Influence of thermal acclimation on membrane lipid composition of rainbow trout liver. *American Journal of Physiology*, 236: 91–101.
- Hazel, J.R. 1989. Cold adaptation in ectotherms: Regulation of membrane function and cellular metabolism, *Advances in Comparative and Environmental Physiology*, 4: 1–50.
- Hazel, J.R., 1995. Thermal adaptation in biological membranes: is homeoviscous adaptation the explanation?. *Annual Review of Physiology*, 57: 19–42.
- Hodkova, M., Simek, P., Ckova, H.Z., Novakova, O., 1999. Seasonal changes in the phospholipids composition in thoracic muscles of a heteropteran, *Pyrrhocoris apterus*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 4: 367–376.
- Hsieh, S.L., Kuo, C.-M., 2005. Stearoyl-CoA desaturase expression and fatty acid composition in milkfish (*Chanos chanos*) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) during cold acclimation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 141: 95–101.
- Joanisse, D. R. and Storey, K. B. 1996. Fatty acid content and enzymes of fatty acid metabolism in overwintering cold-hardy gall insects. *Physiological and Biochemical Zoology*, 69: 1079-1095.
- Käkelä, R., Mattila, M., Hermansson, M., Haimi, P., Uphoff, A., Paajanen, V., Somerharju, P., Vornanen, M. 2008. Seasonal acclimatization of brain lipidome in a eurythermal fish (*Carassius carassius*) is mainly determined by temperature, *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 294: R1716–R1728.
- Kerkhove, E.V., Pirotte, P., Petzel, D.H., Stanley-Samuelson, D.W., (1994), Eicosanoid biosynthesis inhibitors modulate basal fluid secretion rates in the malpighian tubules of the Ant, *Formica polyctema*, *Journal of Insect Physiology*, 41: 435-441.
- Khani, A., Moharramipour, S., Barzegar, M., Manesh-Naderi, H., 2007. Comparison of fatty acid composition in total lipid of diapause and non-diapause larvae of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *Insect Science*, 14: 125–131.

- Kilincer, N., Gurkan, M.O., Melan, K., 1987. Researches on the lipids of *Aelia rostrata* Boh. and *Eurygaster maura* L. (Heteroptera: Scutelleridae) during the hibernation. **First Entomology Congress of Turkey**, 13–16 October, pp. 417–426.
- Kostal, V., Simek, P., 1995. Dynamics of cold hardiness, supercooling and cryoprotectants in diapause and non-diapause pupae of the cabbage root fly, *Delia radicum* L. **Journal of Insect Physiology**, 41: 627–634.
- Kostal, V., Simek, P., 1998. Changes in fatty acid composition of phospholipids and triacylglycerols after cold-acclimation of an aestivating insect prepupa. **Journal of Comparative Physiology B**, 168: 453–460.
- Košťál, V., Berkova, P., Simek, P., 2003. Remodelling of membrane phospholipids during transition to diapause and cold-acclimation in the larvae of *Chymomyza costata* (Drosophilidae). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, 135: 407–419.
- Košťál, V., Vambera, J., Bastl, J. 2004. On the nature of pre-freeze mortality in insects: water balance, ion homeostasis and energy charge in the adults of *Pyrrhocoris apterus*, **Journal of Experimental Biology**, 207: 1509–1521.
- Lambremont, E.N., Blum, M.S., and Schrader, R.M., 1964. Storage and fatty acid composition of triglycerides during adult diapause of the boll weevil. **Annals of the Entomological Society of America**, 57: 526-532.
- Lee, R.E., Damodaran, K., Yi, S.-X. Lorigan, G.A. 2006. Rapid cold-hardening increases membrane fluidity and cold tolerance of insect cells. **Cryobiology**, 52: 459–463.
- Lee, R. E. 2010. A primer on insect cold tolerance. In *Low Temperature Biology of Insects* (ed. D. L. Denlinger and R. E. Lee), pp. 3-34. Cambridge: Cambridge University Press,
- Lodos, N., 1986. Türkiye Entomolojisi II. Genel Uygulamalı ve Faunistik. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları**, No: 429-580s.
- Los, D.A. ve Murata N., 2004. Membrane fluidity and its roles in the perception of environmental signals, **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes Biochim**, 1666: 142–157.
- MacMillan, H.A., Sinclair, B.J., 2011. Mechanisms underlying insect chill-coma, **Journal of Insect Physiology**, 57: 12–20.

- Michaud, M.R. ve Denlinger, D.L. 2006. Oleic acid is elevated in cell membranes during rapid cold-hardening and pupal diapause in the flesh fly, *Sarcophaga crassipalpis*. ***Journal of Insect Physiology***, 52: 1073-1082.
- Miller, J.S., Howard, R.W., Nguyen, A., Rosario, R.M.T., Stanley-Samuelson, D.W., 1991. Eicosanoid mediate nodulation responses to bacterial infections is mediated by eicosanoids, ***Proceedings of the National Academy of Sciences***, 88: 1064-1068.
- Nelson, D.R., and Sukkestad, D.R., 1986. Fatty acid composition of the diet and larvae and biosynthesis of fatty acids from <sup>14</sup>C-acetate in the cabbage looper, *Trichoplusia ni*, ***Journal of Insect Physiology***, 14: 193-300.
- Nicholas, M. T., Denlinger D.L. , 2013. Physiological mechanisms of seasonal and rapid cold-hardening in insects, ***Physiological Entomology***, 38(2): 105-116.
- Ohtsu, T., Katagiri, C., Kimura, T., Hori, S., 1993. Cold adaptations in *Drosophila*. Qualitative changes of triacylglycerols with relation to overwintering. ***Journal of Biological Chemistry***, 268: 1830–1834.
- Ohtsu, T., Kimura, M.T., Katagiri, C., 1998. How *Drosophila* species acquire cold tolerance—qualitative changes of phospholipids. ***European Journal of Biochemistry***, 252: 608–611.
- Ohtsu T, Katagiri C, Kimura MT (1999) Biochemical aspects of climatic adaptations in *Drosophila curviceps*, *D. immigrans*, and *D. albomicans* (Diptera: Drosophilidae). ***Environmental Entomology***, 28: 968-972.
- Overgaard, J., Sørensen, J.G., Petersen, S.O., Loeschcke, V., Holmstrup, M. 2005. Changes in membrane lipid composition following rapid cold hardening in *Drosophila melanogaster*. ***Journal of Insect Physiology***, 51: 1173–1182.
- Overgaard, J., Sørensen, J.G., Petersen, S.O., Loeschcke, V., Holmstrup, M., 2006. Reorganization of membrane lipids during fast and slow cold hardening in *Drosophila melanogaster*. ***Physiological Entomology***, 31: 328–335.
- Overgaard, J., Tomcala, A., Sørensen, J. G., Holmstrup, M., Krogh, P.H., Šimek, P., Košťál, V. 2008. Effects of acclimation temperature on thermal tolerance and membrane phospholipid composition in the fruit fly *Drosophila melanogaster*. ***Journal of Insect Physiology***, 54: 619–629.
- Pol, A., Gross, S. P. and Parton, R. G. 2014. Biogenesis of the multifunctional lipid droplet: Lipids, proteins, and sites. ***Journal of Cell Biology***, 204: 635–646.

- Rapport, E.W., 1986. Fatty acid composition of wild type and mutant *Drosophila*. *Insect Biochemistry*, 16, 653–657
- Renobales, D.M., Crippsa, C., Stanley-Samuelson, D.W., Jurenka, R.A., Blomquist, G.J., 1987. Biosynthesis of linoleic acid in insects. *Trends in Biochemical Sciences*, 12: 364–366.
- Rozsypal, J., Košťál, V., Berková, P., Zahradničková, H. and Šimek, P. 2015. Seasonal changes in the composition of storage and membrane lipids in overwintering larvae of the codling moth, *Cydia pomonella*. *Jornal of Thermal Biology*, 54: 20-29.
- Schaefer, C.H. and Robert , K., Washino, 1986. Changes in the composition of lipids and fatty acids in adult *Culex torsalis* and *Anopheles freeborni* during the overwintering period., *Journal of Insect Physiology*, 15: 395-402.
- Sinclair, B. J. 2015. Linking energetics and overwintering in temperate insects. *Jornal of Thermal Biology*, 54: 5-11.
- Sinclair, B.J., Marshall, K. E. 2018., The many roles of fats in overwintering insects. *Journal of Experimental Biology*, 221: 1-9.
- Skalli, A., Robin, J.H., Le, B.N., Le, D.H., Personle, R.J., 2006. Impact of essential fatty acid deficiency and temperature on tissues' fatty acid composition of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 255: 223–232.
- Slachta, M., Berkova , P., Vambera, J., Kostal, V., 2002. Physiology of cold-acclimation in non-diapausing adults of *Pyrrhocoris apterus* (Heteroptera). *European Journal of Entomology*, 99: 181–187.
- Somero, G. N., Lockwood, B. L. and Tomanek, L. 2017. Biochemical Adaptation: Response to Environmental Challenges from Life's Origins to the Anthropocene. Sinauer Associates, 572 pp.
- Spike, B.P., Wright, R. J., Danielson, S. D., Stanley, D. W. 1991. The fatty acid compositions of phospholipids and triacylglycerols from two chinch bug species *Blissus leucopterus* and *B. iowensis* (Insecta: Hemiptera: Lygaeidae) are similar to the characteristic dipteran pattern. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 99B: 799–802.
- Stanley-Samuelson D. W. and Dadd R.H., 1983. Long chain polyunsaturated fatty acids: Patterns of occurrence in insects. *Biochemistry*, 13: 549-558.

Stanley-Samuels, D. W., and Loher, W., 1983. Arachidonic and other long-chain polyunsaturated fatty acids in spermatophores and spermathecae of *Teleogryllus commodus*: Significance in prostaglandin-mediated reproductive behavior, *Journal of Insect Physiology*, 29: 41-45.

Stanley-Samuels, D. W., and Pipa, R. L., 1984. Phospholipid fatty acids from exocrine and reproductive tissues of male American cockroach, *Periplaneta americana* (L.) *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 1: 161-166.

Stanley-Samuels, D. W., Keddie, B.A. and Volkman, L.E., 1986. Fatty acid composition of whole bodies, specific tissues and cell lines of two lepidopteran insects. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 85B: 369-373.

Stanley-Samuels, D. W., Loher, W., and Blomquist, G. J., 1986. Biosynthesis of polyunsaturated fatty acids by the Australian field cricket, *Teleogryllus commodus*; *Insect Biochemistry*, 2: 387-393.

Stanley-Samuels, D.W., 1987. Physiological roles of prostaglandins and other eicosanoids in invertebrates. *The Biological Bulletin*, 173: 92-109.

Stanley-Samuels, D.W., Jurenka, R.A., Cripps, C., Blomquist, G.J., de Renobales, M., 1988. Fatty acids in insects: composition, metabolism, and biological significance. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 9: 1-33.

Stanley-Samuels, D.W., 1991. Comparative eicosanoid Physiology in invertebrate animals, *American Journal of Physiology*, 260: 849-853.

Stanley-Samuels, D. W., O'dell. T., Ogg, G. L., and Keena, M. A., 1992. Polyunsaturated fatty acid metabolism inferred from fatty acid compositions of the diets and tissues of the Gypsy moth *Lymantria dispar*, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 102A: 173-178.

Stanley-Samuels, D.W., 1993. The physiological significance of prostaglandins and Biology (Edited by Stanley – Samuelson, D.W., and D.R Nelson) PP. 45-97, University of Nebraska Press., Lincoln, NE.

Stanley-Samuels, D.W., 1994. Prostaglandins and related eicosanoids in insects, *Advances in Insect Physiology*, 24: 115-212.

Stanley, D.W., 2000. Eicosanoids in Invertebrate Signal Transduction Systems. Princeton University Press, Princeton, N.J.

- Starling, A.P., East, J.M., Lee, A.G., 1993. Effects of phosphatidylcholine fatty acyl chain length on calcium binding and other functions of the  $(Ca^{2+}-Mg^{2+})$ -ATPase. *Biochemistry*, 32, 1593–1600.
- Storey, K. B. and Storey, J. M. (1991). Biochemistry of cryoprotectants. In *Insects at Low Temperature* (ed. R. E. Lee and D. L. Denlinger), pp. 64-93. New York, London: Chapman & Hall.
- Suzuki, M., Shinohara, Y., Ohsaki, Y. and Fujimoto, T. 2011. Lipid droplets: Size matters. *Journal of Electron Microscopy*, (Tokyo). 60: 101–116.
- Thompson, S.N., 1973. A review and comparative characterization of the fatty acid compositions of seven insect orders. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 45: 467–482.
- Tomcala, A., Tollarova, M., Overgaard, J., Simek, P., Kostal, V. 2006. Seasonal acquisition of chill tolerance and restructuring of membrane glycerophospholipids in an overwintering insect: triggering by low temperature, desiccation and diapause progression. *Journal of Experimental Biology*, 209: 4102–4114.
- Uscian, J. M., miller, J. S., Howard, R. W. and Stanley-Samuelson, D. W., 1992. Arachidonic and eicosapentaenoic acids in tissue lipids of two species of predacious insects. *Cicindela circumpecta* and *Asilis sp.*, *Comparative Biochemistry and Physiology B: Comparative Biochemistry*, 103B: 833-838.
- Vaden, D.L., Gohil, V.M., Gu, Z. Greenberg. M.L., 2005. Separation of yeast phospholipids using one-dimensional thin-layer chromatography. *Analytical Biochemistry*, 338(1): 162-164.
- Vance, D.E., 2002. Phospholipid biosynthesis in eukaryotes. In *Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes*. D. E. Vance and J. E. Vance, editors. *Elsevier Science*, Amsterdam, The Netherlands. 205–232.
- Voet, D., Voet, J.G., 1990. *Biochemistry*, Willey, New York pp. 1223.
- Vukašinović, E. L., Pond, D. W., Worland, M. R., Kojić, D., Purać, J., Blagojević, D. P. and Grubor-Lajšić, G., 2013. Diapause induces changes in the composition and biophysical properties of lipids in larvae of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 165: 219-225.
- Watanabe, M., Tanaka, K., 2000. Hormonal control of diapause and over wintering traits in leaf beetle, *Aulacophora nigripennis*. *Physiological Entomology*, 25: 337–345.

Watson, P.F., Morris, G.J., 1987. Cold shock injury in animals. In: Bowler, K., Fuller, B.J. (Eds.), *Temperature and Animal Cells. The Company of Biologists Limited*, Cambridge, pp. 311–340.

Wieslander, A., Christiansson, A., Rilfors, L., Lindblom, G., 1980. Lipid bilayer stability in membranes. Regulation of lipid composition in *Acholeplasma laidlawii* as governed by molecular shape. *Biochemistry*, 19: 3650–3655.

Ziegler, R., 2006. Van Antwerpen R. Lipid uptake by insect oocytes. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 36: 264–72.

Zinkler, D., 1975. Zum lipidmuster der photorezeptoren von insecten, *Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft*, 28: 28-32.



## ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı: Mehmet Cemal TALAY

Doğum Tarihi ve Yeri: 14.12.1983 / DİYARBAKIR

E-posta: mctalay@gmail.com

### EĞİTİM BİLGİLERİ

LİSANS: Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi Biyoloji Öğretmenliği Bölümü, 2007





**DICLE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TEZ İNTİHAL FORMU**

**ÖĞRENCİ BİLGİLERİ**

ADI VE SOYADI	Mehmet Cemal TALAY
ÖĞRENCİ NO	16801016
EĞİTİM - ÖĞRETİM YILI	2018 - 2019
YARIYIL	<input type="checkbox"/> Güz <input checked="" type="checkbox"/> Bahar
ANABİLİM DALI	BİYOLOJİ
PROGRAM	Yüksek Lisans
TEZ KONUSU	Süne, <i>Eurygaster integriceps</i> Put. (Heteroptera: Scutelleridae)'in değişik gelişim safhalarında fosfolipit alt sınıflarının yağ asidi içeriği

**İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ**

RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	79
BENZERLİK ORANI	%13
RAPORLAMA TARİHİ	04/07/2019

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 79 sayfalık kısmına ilişkin, 04/07/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 13'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- Kabul/Onay sayfaları hariç,  
 Kaynakça hariç  
 Alıntılar hariç/dâhil  
 Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

**Mehmet Cemal TALAY**  
04.07.2019

**Prof. Dr. Mehmet BAŞHAN**  
Tez Danışmanı  
04.07.2019

**Prof. Dr. Yüksel ÇOŞKUN**  
Anabilim Dalı Başkanı  
04.07.2019

Formdaki bilgiler bilgisayar ortamında doldurulmalıdır. El yazısı ile doldurulan formlar geçersiz sayılmaktadır.