

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DOĞU KARADENİZ (TRABZON SAHİL ŞERİDİ) ZOOPLANKTONU VE
ZOOPLANKTONDA YAĞ ASİTLERİ KOMPOZİSYONUNDAKİ
MEVSİMSSEL DEĞİŞİMLER**

DOKTORA TEZİ

Balıkçılık Tek. Yük. Müh. Nurgül ŞEN ÖZDEMİR

**Aralık 2013
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DOĞU KARADENİZ (TRABZON SAHİL ŞERİDİ) ZOOPLANKTONU VE
ZOOPLANKTONDA YAĞ ASİTLERİ KOMPOZİSYONUNDAKİ
MEVSİMSEL DEĞİŞİMLER**

Balıkçılık Tek. Yük. Müh. Nurgül ŞEN ÖZDEMİR

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26.11.2013
Tezin Savunma Tarihi : 23.12.2013**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ali Muzaffer FEYZİOĞLU

Trabzon 2013

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Ana Bilim Dalında
Nurgül ŞEN ÖZDEMİR Tarafından Hazırlanan

DOĞU KARADENİZ (TRABZON SAHİL ŞERİDİ) ZOOPLANKTONU VE
ZOOPLANKTONDA YAĞ ASİTLERİ KOMPOZİSYONUNDAKİ
MEVSİMSSEL DEĞİŞİMLER

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 26 / 11/ 2013 gün ve 1531 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

- Başkan : Prof. Dr. Ökkeş YILMAZ**
- Üye : Prof. Dr. A. Muzaffer FEYZİOĞLU**
- Üye : Prof. Dr. Muhammet BORAN**
- Üye : Prof. Dr. Bilal KUTRUP**
- Üye : Doç. Dr. Fatma TELLİ KARAKOÇ**

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Doğu Karadeniz yaygın zooplankton türlerinin yağ asiti kompozisyonun zamansal değişimi, çevresel parametrelerle etkileşimi ve bu türlerin bolluk dağılımlarının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Balıkçılık Teknolojisi Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmanın bir bölümü K.T.Ü Araştırma Fonu 2010.117.001.9 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Görev yaptığım ve doktora eğitimimi sürdürdüğüm şehirlerin uzak olmasından kaynaklı değişik sorunlar yaşadığım bu süreçte, ilk önce bana özgün bir konu seçerek yardımcı olan, daha sonra karşılaştığım problemlerde yol gösteren ve sorunların üstesinden gelme becerimi artırdığına inandığım, akademik kimliği bir iş olarak seçmem de kendisini örnek aldığım, değerli hocam Prof. Dr. Ali Muzaffer FEYZİOĞLU'na, tez izleme jürilerim Prof. Dr. Muhammet BORAN ve Prof. Dr. Bilal KUTRUP'a değerli katkılarından ve anlayışlarından dolayı minnettarım. Metod çalışmalarına başladığımda yardımlarını esirgemeyen, Prof. Dr. Mahfuz ELMASTAŞ ve Uzm. Nusret GENÇ'e, teşekkür ediyorum. Ayrıca kullanacağım metodu geliştirmem için, IBSS (Güneydenizleri Araştırma Enstitüsü, Ukrayna)'e gitmemde ve orada en iyi şekilde ağırlanmamda çok büyük emeği olan değerli hocam Prof. Dr. Kadir Seyhan'a ve IBSS'e kabul edilmemi sağlayan Prof. Dr. Georgiy Shulman'a, metodun son halini almasında çok büyük emeği olan Dr. Tatjana Yuneva'ya ve tüm IBSS çalışanlarına çok teşekkür ediyorum. GC okumalarında yardımcı olan, Prof. Dr. Ökkeş YILMAZ'a şükranlarımı sunuyorum. Çalışma süresince, gerek saha gerekse laboratuvar çalışmalarında yardımını esirgemeyen, değerli hocam Dr. İlknur YILDIZ'a, ihtiyaç duyduğum anlarda yardımına koşan, Araş. Gör. Ümit DOKUZPARMAK'a çok teşekkür ediyorum. Doktora süresince her konuda varlığını yanımda hissettiğim değerli dostum Araş. Gör. Fatma CAF iyi ki seni tanımışım.

Başta abim İsmail ŞEN ve ailesi olmak üzere, çalışmamın aksamadan yürümesi adına, benim için yapabileceklerini fazlasıyla yapan tüm aile fertlerime, eşim Muhammet Ali ÖZDEMİR'e, bu süreçte kaybettiğim, beni ben yapan canım babama ve beni her konuda yüreklendiren sevgili anneme, çalışmama başladığımda bir aylık olan ve minicik bedenine rağmen her ay benimle Trabzon-Bingöl arasında gidip gelmek zorunda kalan kızım, Afra Beril'e bana güç verdiği için gönülden minnet borçluyum.

Nurgül ŞEN ÖZDEMİR
Trabzon 2013

TEZİN BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Doğu Karadeniz Zooplanktonu ve Zooplanktonda Yağ Asitleri Kompozisyonundaki Mevsimsel Değişimler” başlıklı bu çalışmayı baştan sonuna kadar danışmanım Prof. Dr. Ali Muzaffer FEYZİOĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 26/11/2013

Nurgöl şEN ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZİN BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	XI
ÖZET	XIII
SUMMARY	XIV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Zooplankton Dağılımı ve Kompozisyonu	2
1.3. Lipitler.....	4
1.3.1. Yağ Asitleri	6
1.3.1.1. Doymuş Yağ Asitleri.....	8
1.3.1.2. Doymamış Yağ Asitleri.....	9
1.3.1.3. Esansiyel Yağ Asitleri	11
1.3.2. Lipitlerin Sucul Ekosistemlerde Önemi	12
1.3.2.1. Buoyancy (Yüzerlik)'de Lipitlerin Rolü	14
1.3.2.2. Büyüme ve Uyuma (Dormancy) Sürecinde Lipitlerin Rolü	15
1.3.2.3. Üreme ve Erken Gelişimde Lipitlerin Rolü	16
1.3.2.4. Resting (Dinlenme) Aşamasında Lipitlerin Rolü.....	16
1.3.2.5. Besin Zincirinde Lipitlerin Rolü	18
1.3.3. Çoklu Doymamış Yağ Asitlerinin (PUFA) Sucul Ekosistemlerdeki Önemi	19
1.2. Çalışmanın Önemi ve Önceki Çalışmalar	23
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	29
2.1. Deniz Çalışmaları.....	29
2.2. Laboratuvar Çalışmaları	30
2.2.1. Klorofil-a Tayini.....	30

2.2.2.	Zooplankton Örneklerinin Saklanması ve Sayılması	31
2.2.3.	Zooplankton Lipit ve Yağ Asiti Analizi.....	32
2.3.	İstatistik Analizler	34
3.	BULGULAR	35
3.1.	Hidrografi	35
3.1.1.	Sıcaklık ve Tuzluluk.....	35
3.2.	Klorofil-a	37
3.3.	Zooplankton Türlerinin Bolluk Dağılımı	38
3.4.	Zooplankton Türlerinin Toplam Yağ Miktarı ve Yağ Asiti Kompozisyonu.....	54
3.4.1.	<i>Calanus euxinus</i> 'un Toplam Yağ Miktarı ve Yağ Asiti Kompozisyonu	54
3.4.2.	Küçük Kopepodların Toplam Yağ Miktarı ve Yağ Asiti Kompozisyonu	82
3.4.3.	<i>Sagitta setosa</i> 'nın Toplam Yağ Miktarı ve Yağ Asiti Kompozisyonu	97
3.4.3.	<i>Pleurobrachia pileus</i> 'un Toplam Yağ Miktarı ve Yağ Asiti Kompozisyonu	111
4.	TARTIŞMA.....	133
4.1.	Hidrografi	133
4.1.1.	Sıcaklık ve Tuzluluk.....	133
4.1.2.	Klorofil-a	136
4.1.3.	Zooplankton Türlerinin Bolluk Dağılımı	137
4.1.4.	Türlerin Toplam Yağ Miktarı ve Yağ Asiti Kompozisyonu	148
4.1.4.1.	Toplam Yağ Miktarı.....	148
4.1.4.2.	Yağ Asiti Kompozisyonu	153
5.	SONUÇLAR	166
6.	ÖNERİLER	170
7.	KAYNAKLAR.....	171
8.	EKLER	190
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Yağ sentez reaksiyonu (R_1 , R_2 , R_3 yağ asitlerinin uzun karbon zincirlerini simgeler)	4
Şekil 2.	Yağ asitinin yapısı (URL-1, 2012).....	6
Şekil 3.	Dört yağ asitinin kimyasal formülleri (Lawrence, 2010).....	8
Şekil 4.	Yağ asiti molekülü (üstte doymuş yağ asiti, altta metil grubuna en yakın üçüncü karbondaki çift bağ alan doymamış yağ asiti, bu örnekteki omega-3 yağ asitidir).	10
Şekil 5.	Farklı organizma gruplarında n-3 çoklu doymamış yağ asitleri sentezinin şematik olarak gösterilmesi. İnce oklar- biyosentez; kalın oklar- besin girişi; Δn -molekülün sonundaki karbonilden, karbonun numarası; D desaturasyon E elongasyon; $2P\beta$ β oksidasyonu için enzimlerin peroksizomal sistemi. Not: Alglerde 20:5 ω 3 ve 22:6 ω 3 biyosentezi basit olarak gösterilmiştir.	20
Şekil 6.	n-3 ve n-9 habercilerinden C_{20} ve C_{22} HUFA'nın biyosentez yolları. $\Delta 5$, $\Delta 6$, $\Delta 9$, $\Delta 12$, $\Delta 15$ ($\omega 3$), yağ asit desaturasyonu; kısa, zincirin kısalması.	21
Şekil 7.	Sürmene Koyu'nda örnekleme istasyonu	30
Şekil 8.	Örnekleme dönemleri boyunca sıcaklık ve tuzluluğun derinliğe bağlı değişimi.....	37
Şekil 9.	Örnekleme dönemleri boyunca Klorofil-a'nın değişimi.....	38
Şekil 10.	Örnekleme yapılan döneme ait toplam zooplankton bolluk dağılımı (birey/m^3)	39
Şekil 11.	Örnekleme yapılan döneme ait ortalama zooplankton bolluk dağılımı (%).....	39
Şekil 12.	Mart 2012 zooplankton tür dağılımları (%)	40
Şekil 13.	Nisan 2012 zooplankton tür dağılımları (%)	40
Şekil 14.	Mayıs 2012 zooplankton tür dağılımları (%).....	41
Şekil 15.	Haziran 2012 zooplankton tür dağılımları (%)	41
Şekil 16.	Temmuz 2012 zooplankton tür dağılımları (%).....	42
Şekil 17.	Ağustos 2012 zooplankton tür dağılımları (%).....	42
Şekil 18.	Eylül 2012 zooplankton tür dağılımları (%)	43
Şekil 19.	Ekim 2012 zooplankton tür dağılımları (%)	43
Şekil 20.	Kasım 2012 zooplankton tür dağılımları (%)	44
Şekil 21.	Aralık 2012 zooplankton tür dağılımları (%).....	44
Şekil 22.	Ocak 2013 zooplankton tür dağılımları (%)	45

Şekil 23. Şubat 2013 zooplankton tür dağılımları (%).....	45
Şekil 24. <i>Calanus euxinus</i> 'un aylık bolluk dağılımı (birey/m ³).....	46
Şekil 25. <i>Acartia clausi</i> 'nin aylık bolluk dağılımı (birey/m ³).....	47
Şekil 26. <i>Paracalanus parvus</i> 'un aylık bolluk dağılımı (birey/m ³).....	47
Şekil 27. <i>Pseudocalanus elongatus</i> 'un aylık bolluk dağılımı (birey/m ³).....	48
Şekil 28. <i>Centropages ponticus</i> 'un aylık bolluk dağılımı (birey/m ³)	48
Şekil 29. <i>Oithona similis</i> 'in aylık bolluk dağılımı (birey/m ³).....	49
Şekil 30. Kopepod nauplii'nin aylık bolluk dağılımı (birey/m ³)	49
Şekil 31. <i>Sagitta setosa</i> 'nın aylık bolluk dağılımı (birey/m ³).....	50
Şekil 32. <i>Noctiluca scintillans</i> 'ın aylık bolluk dağılımı (birey/m ³)	50
Şekil 33. Kladoser grubunun aylık bolluk dağılımı (birey/m ³).....	51
Şekil 34. <i>Pleurobrachia pileus</i> 'un aylık bolluk dağılımı (birey/m ³)	51
Şekil 35. <i>Calanus euxinus</i> 'un toplam yağ miktarının (Σ Yağ) (% ve mg/birey) aylık değişimi.....	55
Şekil 36. <i>Calanus euxinus</i> 'da Σ yağ miktarı (mg/birey) ve ortalama birey ağırlığının (mg/birey) aylık değişimi.....	55
Şekil 37. Σ Yağ (%) ve Σ Yağ (mg/birey) arasındaki ilişki	57
Şekil 38. <i>Calanus euxinus</i> 'da Σ SFA ve Σ USFA'daki aylık değişimler (%).....	58
Şekil 39. <i>Calanus euxinus</i> 'da Σ MUFA ve Σ PUFA'daki aylık değişimler (%).....	59
Şekil 40. Yağ asiti grupları arasındaki ilişki a- Σ USFA ve Σ PUFA b- Σ SFA ve Σ PUFA c- Σ PUFA ve Σ MUFA d- Σ HUFA ve Σ MUFA e- Σ MUFA ve Σ SFA f- Σ MUFA ve Σ USFA g- Σ HUFA ve Σ SFA h- Σ HUFA ve Σ USFA.....	59
Şekil 41. <i>Calanus euxinus</i> 'da Σ HUFA'daki aylık değişimler (%)	61
Şekil 42. <i>Calanus euxinus</i> 'un DHA/EPA oranındaki aylık değişimler	62
Şekil 43. DHA/EPA oranı ve yağ asiti grupları arasındaki ilişki a- Σ MUFA b- Σ PUFA.....	62
Şekil 44. a- 14:0 ve Σ SFA b- 14:0 ve Σ USFA c-14:0 ve Σ PUFA d- 14:0 ve Σ MUFA e- 14:0 ve Σ HUFA f- 14:0 ve DHA/EPA oranı g-14:0 ve 16:0 h- 16:0 ve 15:0 i-18:0 ve Σ USFA j-18:0 ve Σ SFA k- 18:0 ve 14:0 l- 18:0 ve 15:0 m-22:0 ve Σ SFA m-22:0 ve Σ USFA o-22:0 ve Σ PUFA ö-22:0 ve 14:0 arasındaki ilişki	64
Şekil 45. a-16:1 n-7 ve Σ PUFA b-16:1 n-7 ve Σ MUFA c- 16:1 n-7 ve 17 d-17:1 ve Σ MUFA f-17:1 ve Σ PUFA arasındaki ilişki	70
Şekil 46. a-18:1 n-9c ve Σ PUFA b- c-18:1 n-9c ve 14:0 c-20:1 n-9 ve Σ PUFA arasındaki ilişki	72
Şekil 47. DHA ile yağ asiti grupları ve yağ asitleri arasındaki ilişki.....	75
Şekil 48. EPA ile yağ asiti grupları ve yağ asitleri arasındaki ilişki	78
Şekil 49. a-18:3 n-3c ve 22:1 n-9 b-18:3 n-3c ve 18:2 n-6c arasındaki ilişki	79

Şekil 50. Küçük kopepodlarda, toplam yağ miktarının (Σ yağ) (% ve $\mu\text{g/birey}$) aylık değişimi.....	82
Şekil 51. Küçük kopepodlarda toplam yağ miktarı (mg/birey) ve ortalama birey ağırlığının ($\mu\text{g/birey}$) aylık değişimi.....	83
Şekil 52. Σ yağ (%) ve Σ Yağ ($\mu\text{g/birey}$) arasındaki ilişki.....	85
Şekil 53. Küçük kopepodlarda Σ SFA ve Σ USFA'daki aylık değişimler (%).....	86
Şekil 54. Küçük kopepodlarda Σ MUFA ve Σ PUFA'deki aylık değişimler (%).....	86
Şekil 55. MUFA ve USFA arasındaki ilişki.....	87
Şekil 56. Küçük kopepodlarda Σ HUFA'daki aylık değişimler (%).....	87
Şekil 57. Σ HUFA ve Σ PUFA arasındaki ilişki.....	88
Şekil 58. Küçük kopepodların DHA/EPA oranındaki aylık değişimler.....	88
Şekil 59. a-16:0 ile SFA b-16:0 ile USFA c- 14:0 ile SFA d-14:0 ile USFA arasındaki ilişki.....	89
Şekil 60. 18:1 n-9c ve yağ asiti grupları arasındaki ilişki a- Σ MUFA b- Σ SFA c- Σ USFA.....	91
Şekil 61. a- DHA ve Σ HUFA b-DHA ve Σ PUFA arasındaki ilişki.....	94
Şekil 62. <i>Sagitta setosa</i> 'nın toplam yağ miktarının (Σ Yağ) (%;mg/birey) aylık değişimi.....	97
Şekil 63. <i>Sagitta setosa</i> 'nın toplam yağ miktarı (mg/birey) ve ortalama birey ağırlığının (mg/birey) aylık değişimi.....	97
Şekil 64. Σ Yağ (mg/birey) ve ortalama birey ağırlığı (mg/birey) arasındaki ilişki.....	99
Şekil 65. <i>Sagitta setosa</i> 'da Σ SFA ve Σ USFA'daki aylık değişimler (%).....	100
Şekil 66. <i>Sagitta setosa</i> 'da Σ MUFA ve Σ PUFA'daki aylık değişimler (%).....	101
Şekil 67. a- Σ PUFA ve Σ MUFA b- Σ PUFA ve Σ HUFA arasındaki ilişki.....	101
Şekil 68. <i>Sagitta setosa</i> 'da Σ HUFA'daki aylık değişimler (%).....	102
Şekil 69. <i>Sagitta setosa</i> 'nın DHA/EPA oranındaki aylık değişimler.....	102
Şekil 70. DHA/EPA oranı ve Σ PUFA arasındaki ilişki.....	103
Şekil 71. 16:0 ve 18:0 arasındaki ilişki.....	103
Şekil 72. 16:1 n-7 ve 16:0 arasındaki ilişki.....	105
Şekil 73. DHA ve yağ asiti grupları arasındaki ilişki a- Σ HUFA b- Σ PUFA c-DHA/EPA oranı.....	107
Şekil 74. <i>Pleurobrachia pileus</i> 'un toplam yağ miktarının (Σ Yağ) (% ve mg/birey) aylık değişimi.....	111
Şekil 75. <i>Pleurobrachia pileus</i> 'un toplam yağ miktarının (mg/birey) ve ortalama ağırlığının (mg/birey) aylık değişimi.....	112
Şekil 76. a- Σ Yağ (%) ve Σ Yağ (mg/birey) b- Σ Yağ (mg/birey) ve ortalama birey ağırlığı (mg/birey) arasındaki ilişki.....	114

Şekil 77. <i>Pleurobrachia pileus</i> 'da Σ SFA ve Σ USFA'daki aylık değişimler (%)	115
Şekil 78. <i>Pleurobrachia pileus</i> 'da Σ MUFA ve Σ PUFA'daki aylık değişimler (%)	115
Şekil 79. Σ PUFA ve yağ asiti grupları arasındaki ilişki a- Σ SFA b- Σ USFA c- Σ MUFA	116
Şekil 80. <i>Pleurobrachia pileus</i> 'da Σ HUFA'daki aylık değişimler (%).....	117
Şekil 81. a- Σ HUFA ve Σ PUFA b- Σ HUFA ve Σ MUFA arasındaki ilişki	117
Şekil 82. <i>Pleurobrachia pileus</i> 'un DHA/EPA oranındaki aylık değişimler	118
Şekil 83. a-16:0 ve Σ SFA b-16:0 ve Σ USFA arasındaki ilişki.....	118
Şekil 84. a-16:1 n-7 ve DHA/EPA oranı b-18:1 n-9c ve Σ MUFA c-18:1 n-9c ve Σ HUFA d-18:1 n-9c ve 14:0 e- 18:1 n-9c ve 18:2 n-6c arasındaki ilişki.....	121
Şekil 85. DHA ile yağ asiti grupları ve yağ asitleri arasındaki ilişki a- Σ MUFA b- Σ PUFA c- Σ HUFA d- 18:1 n-9c e- 20:1 n-9.....	124
Şekil 86. EPA ile yağ asiti grupları ve yağ asitleri arasındaki ilişki a- Σ MUFA b- Σ HUFA c- DHA/EPA d-16:1 n-7 e-18:1 n-9c f- DHA	125
Ek Şekil 1. Standart kromatogram.....	190
Ek Şekil 2. Standart ile örneğin karşılaştırılması	190
Ek Şekil 3. Balık yağına ait yağ asiti kromatogramı	191
Ek Şekil 4. Balık yağı ile örneğin karşılaştırması	191
Ek Şekil 5. <i>Calanus euxinus</i> 'a ait kromatogram	191
Ek Şekil 6. Küçük kopepodlara ait kromatogram	193
Ek Şekil 7. <i>Sagitta setosa</i> 'ya ait kromatogram.....	195
Ek Şekil 8. <i>Pleurobrachia pileus</i> 'a ait kromatogram.....	197

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Bazı önemli doymuş yağ asitleri (Bingöl, 1976)	9
Tablo 2. Bazı önemli doymamış yağ asitleri.....	11
Tablo 3. Bireylerin bolluk değerlerinin hesaplamalarında kullanılan formüller.....	32
Tablo 4. Türlerin bolluk değerleri ile klorofil-a, sıcaklık ve tuzluluk arasındaki gerçekteştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçları (*: Önem derecesi, $p<0.05$).....	52
Tablo 5. Zooplankton türlerinin bolluk değerleri arasında gerçekteştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçları (*: Önem derecesi $p<0.05$).....	53
Tablo 6. Ortalama birey ağırlığı (mg/birey) için örnekleme dönemleri arasında gerçekteştirilen varyans analizi tablosu ($p<0.05$)	56
Tablo 7. Σ Yağ (% , mg/birey) için, örnekleme dönemleri arasında gerçekteştirilen varyans analiz tablosu ($p<0.05$)	57
Tablo 8. <i>Calanus euxinus</i> 'da örnekleme dönemlerinde SFA'daki değişim (% Σ FAME)	68
Tablo 9. <i>Calanus euxinus</i> 'da örnekleme dönemlerinde MUFA'daki değişim (% Σ FAME)	73
Tablo 10. <i>Calanus euxinus</i> 'da örnekleme dönemlerinde PUFA'daki değişim (% Σ FAME)	80
Tablo 11. Ortalama birey ağırlığı (μ g/birey) için örnekleme dönemleri arasında gerçekteştirilen varyans analizi tablosu ($p<0.05$)	84
Tablo 12. Σ Yağ miktarı (% , μ g/birey) için, örnekleme dönemleri arasında gerçekteştirilen varyans analizi tablosu ($p<0.05$)	84
Tablo 13. Küçük kopepodlarda örnekleme dönemlerinde SFA'daki değişim (% Σ FAME)	90
Tablo 14. Küçük kopepodlarda örnekleme dönemlerinde MUFA'daki değişim (% Σ FAME)	92
Tablo 15. Küçük kopepodlarda örnekleme dönemlerinde PUFA'daki değişim (% Σ FAME)	95
Tablo 16. Ortalama birey ağırlığı (mg/birey) için örnekleme dönemleri arasında gerçekteştirilen varyans analizi tablosu ($p<0.05$)	98
Tablo 17. Σ Yağ miktarı (% , mg/birey) için, örnekleme dönemleri arasında gerçekteştirilen varyans analizi tablosu ($p<0.05$)	99
Tablo 18. <i>Sagitta setosa</i> 'da örnekleme dönemlerinde SFA'daki değişim (% Σ FAME) ..	104
Tablo 19. <i>Sagitta setosa</i> 'da örnekleme dönemlerinde MUFA' daki değişim (% Σ FAME)	106
Tablo 20. <i>Sagitta setosa</i> 'da örnekleme dönemlerinde PUFA'daki değişim (% Σ FAME)	109

Tablo 21. Ortalama birey ağırlığı (mg/birey) için örnekleme dönemleri arasında gerçekleştirilen varyans analizi tablosu ($p<0.05$)	113
Tablo 22. Σ Yağ miktarı (% , mg/birey) için, örnekleme dönemleri arasında gerçekleştirilen varyans analiz tablosu ($p<0.05$)	113
Tablo 23. <i>Pleurobrachia pileus</i> 'da örnekleme dönemlerinde SFA'daki değişim (% Σ FAME)	119
Tablo 24. <i>Pleurobrachia pileus</i> 'da örnekleme dönemlerinde MUFA'daki değişim (% Σ FAME)	122
Tablo 25. <i>Pleurobrachia pileus</i> 'da örnekleme dönemlerinde PUFA'daki değişim (% Σ FAME)	127
Tablo 26. Çalışmada yağ asiti kompozisyonu araştırılan, zooplankton tür ve gruplarının Σ yağ (%) miktarlarının aylık değişimin istatistikî olarak karşılaştırılması	129
Tablo 27. Çalışmada yağ asiti kompozisyonu araştırılan, zooplankton tür ve gruplarının yağ asiti gruplarındaki aylık değişimin istatistiki olarak karşılaştırılması ($p<0.05$)	130
Tablo 28. <i>Calanus euxinus</i> ile klorofil-a, sıcaklık ve tuzluluk arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçları (*: Önem derecesi, $p<0.05$)	131
Tablo 29. Küçük kopepodlar ile klorofil-a, sıcaklık ve tuzluluk arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçları (*: Önem derecesi, $p<0.05$)	131
Tablo 30. <i>Sagitta setosa</i> ile klorofil-a, sıcaklık ve tuzluluk arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçları (*: Önem derecesi, $p<0.05$)	132
Tablo 31. <i>Pleurobrachia pileus</i> ile klorofil-a, sıcaklık ve tuzluluk arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçları (*: Önem derecesi, $p<0.05$)	132

Doktora Tezi

ÖZET

DOĞU KARADENİZ (TRABZON SAHİL ŞERİDİ) ZOOPLANKTONU VE ZOOPLANKTONDA YAĞ ASİTLERİ KOMPOZİSYONUNDAKİ MEVSİMSEL DEĞİŞİMLER

Nurgül ŞEN ÖZDEMİR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ali Muzaffer Feyzioğlu
2013, 189 Sayfa, 9 Ek Sayfa

Doğu Karadeniz zooplanktonun aylık bolluk dağılımı, toplam yağ miktarı ve yağ asitleri kompozisyonundaki değişimler ve bunların ortam parametreleriyle olan etkileşimleri çalışılmıştır.

Doğu Karadeniz zooplanktonunda % 56 ile en baskın grup kopepoda olmuştur. Kopepoda'yı, % 30 ile *Noctiluca scintillans* ve % 11 ile kladoserler takip etmiştir. Klorofil-a ile zooplankton bolluğu arasında negatif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Zooplankton türlerinden, *Calanus euxinus* (% 7.02) ve *Pleurobrachia pileus* (% 1.47) türleri en yüksek toplam yağ miktarına Şubat, küçük kopepodlar Ocak (% 6.91) ve *Sagitta setosa* türü Nisan (% 4.21) ayında ulaşmıştır. Kopepoda ve *P. pileus*'da en önemli SFA 16:0 ve 14:0 iken *S. setosa*'da 14:0'ın yerini 18:0 almıştır. En önemli MUFA *C. euxinus*'da 16:1 n-7 iken, diğer türlerde 18:1 n-9 olmuştur. DHA ve EPA zooplanktonda en önemli PUFA olarak gözlenmiş ve DHA miktarı EPA miktarından daima yüksek olduğu belirlenmiştir. DHA, *P. pileus* ve *S. setosa* türlerinde kışın yükselirken (sırasıyla, % 27.57; % 37.90), *P. pileus*'da sonbaharda (% 21.07), *S. setosa*'da ilkbaharda (% 32.76) azalmış, *C. euxinus*'da ilkbaharda (% 30.97) yükselmiş, kışın (% 17.68) azalmış, küçük kopepodlarda ise sonbaharda (% 37.77) yükselmiş, yazın (% 26.37) azalmıştır. *P. pileus*'da EPA'daki mevsimsel farklılıkların önemli olmadığı belirlenmiştir ($p < 0.05$). Zooplankton türlerinden özellikle *C. euxinus* yağ asitlerinin sıcaklıktan önemli oranda etkilendiği ve sıcaklık artışıyla birlikte doymamışlık derecesinin azaldığı gözlenmiştir.

Aynı dönemlerdeki, toplam yağ miktarı ve yağ asiti kompozisyonun zooplankton türlerine göre değiştiği, Doğu Karadeniz besin zincirinde üst basamaklara yağ asitleri aracılığıyla enerji aktarımında *C. euxinus*'un önemli rol oynadığı ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Zooplankton, *Calanus euxinus*, yağ asiti, DHA, EPA, Doğu Karadeniz

PhD. Thesis

SUMMARY

ZOOPLANKTON of EASTERN BLACK SEA (TRABZON COASTLINE) and
SEASONAL CHANGES
in FATTY ACID COMPOCITION of ZOOPOLANKTON

Nurgül ŞEN ÖZDEMİR

Karadeniz Technical University
The Graduate of Naturel and Applied Sciences
Fisheries Technology Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ali Muzaffer FEYZİOĞLU
2013, 189 Pages, 9 Appendix Pages

Temporal variation in total lipid amount and fatty acids, of zooplankton abundance and their interaction with environmental parameters in the Eastern Black Sea were studied.

Copepoda was the most dominant (56 %) in zooplankton. *Noctiluca scintillans* (30 %) and cladocera (11 %) fallowed with copepoda. It was identified that between the abundance of zooplankton and chlorophyll-a was a negative relationship. Maximum total lipid amount was for *Calanus euxinus* and *Pileurobrachia pileus* in February (respectively; 7.02%, 1.47 %), for small copepods in January (6.91 %), for *Sagitta setosa* in April (4.21 %). While the major SFA for copepoda were 16:0 and 14:0, for *S. setosa* was 18:0 instead of 16:0. In the meantime, the major MUFA for *C. euxinus* was 16:1 n-7, for other species were 18:1 n-9. DHA and EPA were observed as the major PUFA and amounts of DHA was always higher than amounts of EPA. DHA for *P. pileus* and *S. setosa* increased in winter (respectively; 27.87 %, 37.90 %), for *C. euxinus* in spring (30.97 %), for small copepods in fall (37.77 %). On the other hand, DHA for *P. pileus* decreased in fall (21.07 %), for *S. setosa* in spring (32.76 %) and *C. euxinus* in summer (26.37 %). However seasonal variation was insignificant in EPA ($p < 0.05$). Temperature of surface water varied between 8.84-27.75 °C, including the lowest in March and the highest in August. It was observed that fatty acids of zooplankton species, especially *C. euxinus* significantly was affected by temperature and of the degree of unsaturation decreased with temperature increase.

It was exhibited that variations of total lipid and fatty acid composition were different as zooplankton species and group in the same periods and *C. euxinus* played an important role what energy transfered the higher levels through fatty acids in Eastern Black Sea food chain.

Key words : Zooplankton, *Calanus euxinus*, fatty acid, DHA, EPA, Eastern Black Sea.

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

AA	: Arakidonik asit
ALA	: Alfa-linolenik asit
DHA	: Dekosahegzaenoik Asit
EPA	: Eikosapentaenoik Asit
FAME	: Yağ Asiti Metil Esterleri/ Fatty Acid Methyl Esters
GLA	: Gamma-Linoleik Asit
HUFA	: Yüksek Doymamış Yağ Asitleri / Highunsaturated Fatty Acids
LIN	: Linoleik Asit
MUFA	: Tekli Doymamış Yağ Asitleri / Monounsaturated Fatty Acids
PUFA	: Çoklu doymamış Yağ Asitleri / Polyunsaturated Fatty Acids
SDA	: Stearidonik Asit
SFA	: Doymuş Yağ Asitleri /Saturated Fatty Acids
USFA	: Doymamış Yağ Asitleri /Unsaturated Fatty Acids
WW	: Yaş Ağırlık /Wet Weight
n-3	: Omega 3
n-6	: Omega 6
Σ	: Toplam
α	: Alfa
γ	: Gamma
β	: Beta
ω	: Omega

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Zooplankton sınırlı hareket edebilme yeteneği ile, akıntı ile veya yüzebilme özelliğine sahip hayvansal organizmalardır. Bunlar tek hücreliden, birkaç metre boyuta kadar ulaşabilen çok hücreli organizmalar olabilirler. Boyları $> 200 \mu\text{m}$ den 2 cm ye kadar olan zooplanktonik grup mesozooplankton, 2-20 cm arası makrozooplankton, 20 cm'den birkaç metreye kadar ulaşan zooplanktonik grup ise, magalozooplankton olarak adlandırılır (Haris vd., 2000).

Zooplankton, sucul ekosistemlerin biyoçeşitliliği üzerinde önemli rol oynarlar. Zooplankton faunası hayvanlar aleminin hemen her taksonundan temsilcilerini bulundurur. Zooplanktonun bolluğu ve değişen derinliklerdeki varlığı önemlidir. Çünkü zooplanktonik organizmalar, pelajik besin zincirindeki trofik ilişkilerin kompleks ağ yapısında, mikroskobik ototroflar (fitoplankton) tarafından üretilen organik maddenin insana kadar taşınmasında asıl rolü üstlenirler. Beslenme şeklerine göre herbivor, detritivor, omnivor ve karnivor olarak dört grupta değerlendirilen zooplanktonlardan, herbivor gruplar birincil üretimin ikincil üretime dönüşümünü sağlarlar. Herbivor türler daha yüksek trofik basamaklardaki hayvanlar için temel besin maddesini oluştururlar. Bu nedenle zooplanktonun varlığı ve dağılımı pelajik balıkçılık potansiyelini etkilemektedir. Balıklar çoğunlukla, planktonik organizmaların yeterli olduğu yerlerde bulunur ve ürerler. Böylece, balık yavruları hayatta kalma ve büyüme için yeterli besini alabilirler (Haris vd., 2000). Aynı zamanda balık larvalarının bu fonksiyonlarını devam ettirebilmeleri zooplanktonun besin içeriğine de bağlıdır. Özellikle de zooplankton lipidleri ve yağ asitlerindeki zamana bağlı değişimler ikincil üretimi önemli oranda etkilemektedir (Kattner vd., 2007). Bu nedenle de bu çalışmada, Doğu Karadeniz ekosistemindeki enerji akışının değerlendirilmesinde, çevresel faktörlerle ilişkili olarak, zooplankton populasyonlarının bolluklarındaki değişimin yanında, biyokimyasal değişimlerinde incelenmesi hedeflenmiştir.

1.2. Zooplankton Dağılımı ve Kompozisyonu

Zooplanktonun balık populasyonları üzerindeki etkisi ve genellikle hayati yaşam stratejilerine sahip olmalarından kaynaklanan çevresel faktörlere verdikleri hızlı reaksiyonlardan dolayı okyanus ve denizlerin anlaşılması için en sık çalışılan canlı gruplarıdır (Sameoto, 1986). Karadeniz’de de zooplanktonu konu alan birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya da devam etmektedir. Çünkü Karadeniz dünyanın en ilginç denizlerinden biridir ve tarihi çok çeşitli olaylarla doludur. Karadeniz, uzun ve kısa süreçte jeolojik, iklimsel, hidrolojik, doğal ve antropojenik değişimlerden fazlasıyla etkilenmiştir. Karadeniz’e kıyısı olan ülkelerde yaklaşık 200 milyon kişi yaşamaktadır. Ancak, taşıma kapasitesinin çok üstünde desarj nispeten, küçük olan bu havzada birikir. Genelde, insan faaliyetlerinin sebep olduğu bu olumsuz durumlar, Karadeniz ekosistemini ve pelajik ve bentik kominitelerini olumsuz etkiler (Kovalev vd., 1999).

Pelajik sistemin önemli elemanı olan zooplankton, ekonomik değeri yüksek olan daha üst trofik seviyelerdeki organizmaların temel besin kaynağını oluşturan en önemli birincil tüketicilerdir. Ayrıca, çoğunluğu süzerek beslendiği için, su kolonundaki askıda katı maddeyi temizlemekle de hizmet vererek, su kalitesinin iyileşmesine önemli ölçüde katkı da bulunurlar. Özellikle de kıyasal alanda bu özellikleri daha da önemlidir (Kovalev vd., 1999).

Karadeniz zooplanktonu üç ekojeografik gruba ayrılmaktadır. Bunlar; Akdeniz türleri, tatlı su türleri ve Pontus kalıntı türleridir (Zenkevich, 1963). Akdeniz türlerinin sayısı Karadeniz’de çok yüksek olmamasına rağmen, bunlar bu denizde zooplankton kominitelerinin ana bileşenidirler. Karadeniz zooplanktonu nispeten iyi çalışılmış olmasına rağmen, taksonomik çalışmaların tamamlandığı söylenemez. Örneğin, Karadeniz kopepod türleri üzerine yapılan sistematik araştırmalar, bazı türlerin taksonomik durumunda değişikliklere yol açmıştır. Karadeniz’de mevcut türlerin bir kısmının Akdeniz gibi bağlantılı denizlerde yaşayan türlerin varyasyonları olmadığı farklı türler oldukları konusundaki düşünceler genel kabul olarak görmüştür (Fleminger vd., 1987). Örneğin Karadeniz’deki *Centropages* genusuna ait *Centropages ponticus* KARAV türü, bir Akdeniz türü olan *Centropages kröyeri* GIESBR türünün bir varyasyonu değildir (Kovalev, 1967). Karadeniz *Calanus* baskın türü olarak önceden *Calanus helgolandicus* CLAUS tanımlanırdı. Daha sonra bu *Calanus helgolandicus ponticus*, en son da *Calanus ponticus* KARAV olarak yeniden sınıflandırılmıştır. Daha sonra ise, bu tür *Calanus euxinus* olarak

değiştirilmiştir (Zenkevich, 1963). *Acartia clausi* GIESBR'nin büyük ve küçük formlarının taksanomatik statüsü ile ilgili olarak, onların kardeş türler olduğu varsayıldı (Kovalev, 1988). Ayrıca, Karadeniz Oithana türlerinin *O. nana* olduğu (Sazhina vd., 1971), daha önceden düşünüldüğü gibi *O. minuta* olmadığı kabul edilmiştir (Petipa, 1959; Zaitsev, 1992). Bu da Karadeniz'in tür kompozisyonu açısından kendine has bir yapıya sahip olduğunu ancak dışarıdan gelen etkilerden çok etkilendiğini göstermektedir.

Tür çeşitliliği yanında zooplankton bolluğu ve biyoması da zaman ve mekana bağlı olarak önemli değişiklikler göstermektedir. Bununla birlikte zooplankton dağılımı bazı ortak özellikler gösterir. Karadeniz'deki oşinografik şartlardan kaynaklanan etkiler zooplankton popülasyonu üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bunun yanında zooplankton dağılımında sıcaklık ve rüzgar stresi önemli olduğu çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir (Fedorina, 1978). Kış süresince zooplankton bolluğu genellikle kuzey batı kıyı alanında yüksektir (Greze vd., 1979). Zooplankton bolluğunu etkileyen önemli bir faktör akarsu girdileridir. Zooplankton konsantrasyonu ve su boşalım hacmi arasında pozitif lineer bir ilişki olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur (Greze vd., 1979; Koval, 1984; Petran, 1985). Yüksek zooplankton miktarı genellikle kıyısal alanlarda ve sahil bölgelerinde gözlenmektedir. Örneğin; Güneybatı Kırım kıyıları, Bulgaristan, Romanya, Kafkasya ve Türkiye kıyıları, yüksek zooplankton bolluğuna sahip alanlardır. Zooplankton miktarı Anadolu ve Kırım Kıyıları'ı ile batı ve doğu girdaplarının sebep olduğu konvergans bölgelerinde zooplankton biyoması artış gösterir. Bu bölgelerin dinamik özelliklerinden dolayı, yüksek oranda verimlilik tespit edilir (Greze vd., 1979).

Zooplankton biyomasındaki coğrafik değişkenlikler, kıyısal ve merkezi alanlarda farklılık gösterir. Karadeniz'in merkez bölgesinde biyomastaki değişimler en az olduğu dönemden 2-3 kat artarak maksimum değerine ulaşırken, kıyısal alanda bu fark on kata kadar çıkabilmektedir (Konsulov, 1977; Kovalev, 1991; Vinogradov vd. 1980; Nikitin, 1949).

Karadeniz'de önemli zooplanktonik gruplar, 50 m'lik tabakanın üstünde yoğunlaşmışlardır. Kuzey Batı Karadeniz zooplanktonunda, ana girdap merkezleri ile vertikal dağılımları karşılaştırıldığında, birbirlerine daha yakın bir dağılım görülmektedir.

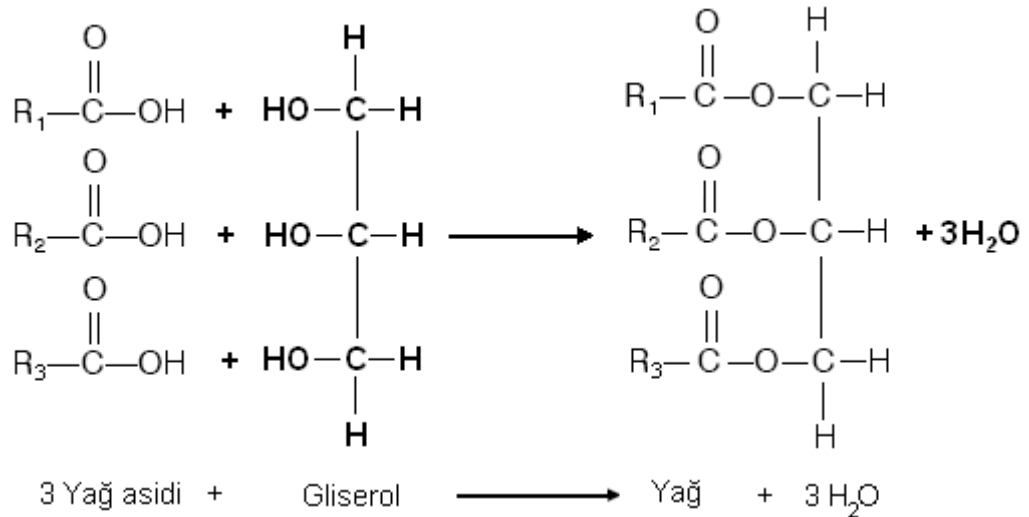
Araştırmalar, *Calanus euxinus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Sagitta setosa*, *Pleurobrachia rhodopis* türlerinin daha çok 60-120 m arasında yüksek olduğunu göstermiştir. Bu türler, gün boyunca anoksik tabakanın üstünde küçük bir band şeklinde bulunurlar (Vinogradov vd., 1980; Vinogradov vd., 1985). Daha sonraki araştırmalarda ise,

bu organizmaların düşük oksijen konsantrasyonlarını içeren suboksik sularda yoğunluğun Sigma-t =15.4-16.olduğu yerlerde yoğunlaştırıldıkları gösterilmiştir (Beşiktepe, 1998; Kovaleve vd., 1993).

1.3. Lipitler

Sucul ortamda, besin zincirinde enerji akışının sağlanmasında kullanılan en temel organik maddeler fitoplankton tarafından fotosentez sonucu üretilen karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerdir. Bu temel yapılardan canlılarda enerji kaynağı olarak en fazla kullanılan yağlardır.

Lipitler, suda çözünemeyen hekzan, alkol ve kloroform gibi çözücülerde çözünebilen biyolojik maddelerdir. Lipitler, yağ asiti ve gliserolün birleşmesiyle oluşmaktadır. Yağ asitleri uzun bir karbon zincirinden oluşmaktadır. Zincirin bir ucunda karboksil (-COOH) grubu bulunur. Gliserol molekülüne bazen gliserin de denir. Her biri bir hidroksil grubu taşıyan üç karbonlu bir iskelete sahiptir. Yağ molekülünün çeşidi taşıdığı yağ asitleriyle belirlenmektedir, çünkü gliserol molekülü tüm yağ çeşitlerinde aynıdır. Üç molekül yağ asitinin bir molekül gliserolle ester bağları aracılığıyla birleşmesinden yağlar oluşmaktadır (Şekil 1). Lipitlerin oksidasyonu sonucunda da malondialdehit denen bileşikler oluşmaktadır (Menguy vd., 1974).



Şekil 1. Yağ sentez reaksiyonu (R₁, R₂, R₃ yağ asitlerinin uzun karbon zincirlerini simgeler)

Lipitler, yağ asitleri, fosfolipitler, yağda çözünen vitaminler (A,D,E,K), steroidler (kolesterol) ve çok az miktarda da terpen içerirler. Yağ ve lipit terimleri çoğu zaman eş anlamlı olarak kullanılsa da, yağların teknik olarak trigliseritler olduğu düşünülür. Bazı çevreler, lipiti sadece oda sıcaklığında katılaştıran trigliseritler olarak tanımlarlar (Lawrence, 2010).

Lipitler canlıların karbon ve enerji kaynağıdır. Özellikle triasilgliseroller (katı ve sıvı yağlar), sadece yüksek enerji depoları değildir. Bunlar aynı zamanda yağda çözünen nitelikteki vitaminler ve yağ asitlerinin organizmada tutulmaları için gereklidirler.

Lipitlerin canlı organizmalardaki başlıca işlevleri şöyle özetlenebilir.

- Lipitler başta hücre membranlarında temel yapı taşı olarak bulunurlar.
- Metabolizma için gerekli hücresel yakıt maddesi olarak depo edilirler.
- Lipitler, canlıları termal, elektriksel ve fiziksel şoklara karşı yalıtan (koruyan) birer madde olarak görev üstlenirler.
- Lipitler, canlıları enfeksiyonlara karşı koruyan ve su kaybını önleyen bir tabaka oluştururlar.
- Bazı hormonların ve vitaminlerin birer lipit olduğu bilinir.

Lipitler organizmaya büyük oranda dışarıdan alınırlar. Az bir kısmı doğrudan doğruya organizmada sentez edilebilirler (Asi, 1999). Esansiyel yağ asitleri gibi, bazı önemli lipitlerin mutlaka bu yağ asitlerini ihtiva eden gıdalarla birlikte dışarıdan alınması gerekir (Bingöl, 1976).

Lipitleri de karbohidrat ve proteinlerde olduğu gibi basit, bileşik ve türev lipitler diye üç sınıfa ayırmak mümkündür. Genel olarak açılgliseroller (trigliseridler veya nötral yağlar) ile mumlar basit lipitler diye adlandırılırlar. Şeker, fosfat, sifingozin, sülfat gibi maddeler ihtiva eden lipitlere bileşik lipitler adı verilmektedir. Yağ asitleri, steroller, mono ve di-gliseridler gibi lipitlerin yapısında yer alan maddelere türev lipitler denilir. Ancak günümüzde lipitlerin aşağıdaki gibi sınıflandırılması tercih edilmektedir:

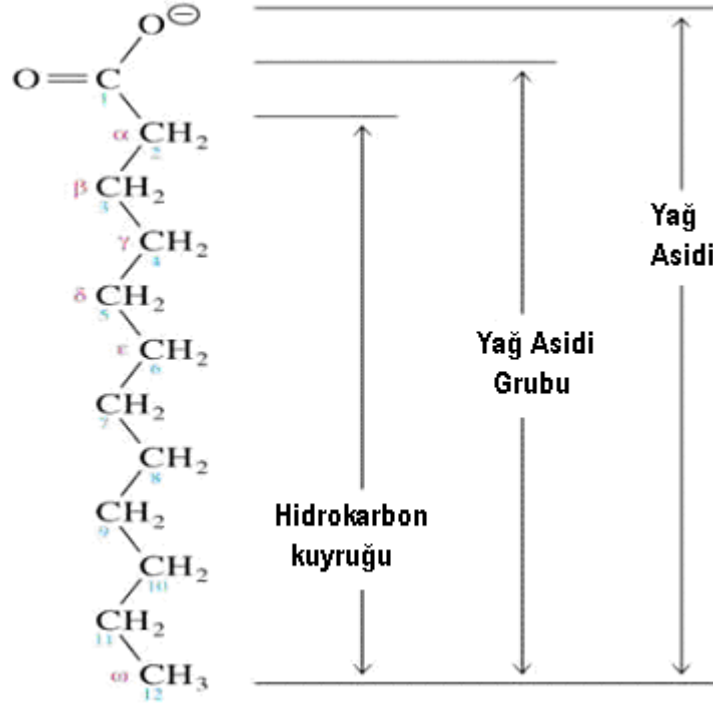
1. Yağ Asitleri
2. Yağ asitlerinin gliserolle yaptıkları Mono-Di ve Triaçilgliseroller (Nötral Yağlar)
3. Yağ asitlerinin gliserolden başka alkollerle yaptıkları esterler (Mumlar)
4. Yağ asitlerinin fosforik asit bileşikleri (Fosfolipitler)
5. Yağ asitlerinin sifingozin ile yaptığı bileşikler (Sifingolipitler ve Glikolipitler)
6. Steroitler, kolesterol, aafra asitleri vb. diğer maddeler.

7. Terpenler, (İzopren Polimerleri) (3- Karoten, Squalen ve benzeri maddeler (Bingöl, 1976).

Karbonhidratların yapıtaşı monosakkaritler, proteinlerin ise aminoasitlerdir. Lipitlerde ise bu anlamda bir yapı taşı yoktur. Ancak lipitler için ortak nokta yağ asitleridir. Tüm lipitler yağ asiti taşımazlar ama lipitler sınıfından kabul edilebilmeleri için en azından yağ asitleri ile esterleşebilme karakterinde olmaları gerekir. Bundan dolayı lipitlerin temel maddesini yağ asitlerinin teşkil ettiğini söyleyebiliriz (Asi, 1999).

1.3.1. Yağ Asitleri

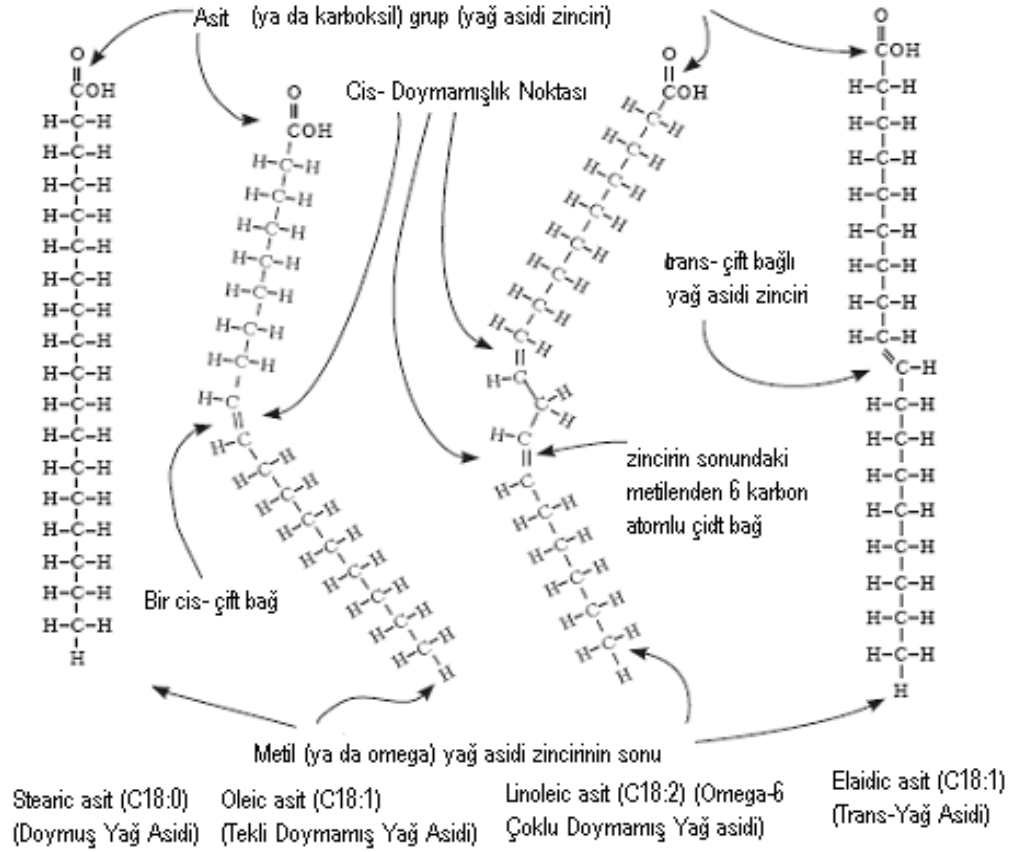
En basit lipitler yağ asitleridir. Yağ asitleri trigliserid, fosfolipit ve kolesterol esterleri gibi tipik lipit bileşenleridir (Lawrence, 2010). Yağ asitleri monokarboksilik asitlerdir. Yani zincirlerinde tek bir karboksilik (COOH) grubu bulunur. Genel formülleri $CH_3(CH_2)_nCOOH$ dır (Asi, 1999).



Şekil 2. Yağ asitinin yapısı (URL-1, 2012)

Yağ asitleri zincir uzunluklarına, doymamışlık derecelerine (çift bağ sayısı) ve çift bağın pozisyonuna göre adlandırılırlar. Bu nedenle 14:0 ve 16:0 yağ asitleri 14 ve 16

karbon atomu içerirler ve çift bağları yoktur. 18:1 n-9 ve 18:1 n-7 yağ asitleri 18 karbon atomuna ve tek çift bağına sahip yağ asitleridir. 7 ve 9, molekülün sonundaki metilenden itibaren çift bağın yerini belirtir. Bu yağ asitleri $18:1^{\Delta 9}$, $18:1^{\Delta 11}$ şeklinde de gösterilebilir. Δ işareti molekülün sonundaki karboksilden itibaren çift bağın yerini gösterir. Çoklu doymamış yağ asitleri (Polyunsaturated Fatty Acids; PUFA) neredeyse daima *trans* konfigürasyonundan ziyade *cis* konfigürasyonda bulunurlar. *Cis* konfigürasyonda çift bağ metilen grubundan (CH_2) kesilmiştir (Sargent, 1995). Karbon zincirinin her iki parçası çift bağın aynı tarafından uzar (Lawrence, 2010). Bundan dolayı çift bağın yerini belirterek adlandırılırlar. Örneğin; 18:3 n-3 de ilk çift bağın yeri metilen grubundan sonraki 3. karbon atomundadır. Alternatif olarak, PUFA Δ terminolojisi kullanılarak belirtilir. Örneğin; $18:3^{\Delta 9,12,15} = 18:3$ n-3, $20 : 5^{\Delta 5,8,11,14,17} = 20:5$ n-3, ya da $22:6^{\Delta 4,7,10,13,16,19} = 22:6$ n-3 dir. Az olmakla birlikte doğada elaidik asit (18:1 n9t) gibi 18:1 n-9'un *trans* izomeri olan *trans* konfigürasyonunda çift bağlı yağ asitleri de vardır (Sargent, 1995). *Trans* konfigürasyonda, karbon zincirinin her iki parçası çift bağın farklı taraflarından uzar. Doymuş ve *trans* doymamış yağ asitleri karbon zinciri üzerinde sağ ve solda birbirine küme olmuş biçimde görüldüğünde bunları anlamak kolaydır. Ancak zincir üzerinde *cis* doymamış yağ asitlerinin katlanmış, bükülmüş bir şekilde gözükmesi zincirde düzensiz bir yapı ortaya çıkarır (Lawrence, 2010). Palmitik asit (16:0), oleik asit (18:1 n-9) ve linoleik asit (LIN, 18:2 n-6) gibi doğada bolca bulunan yağ asitleri İngilizce isimlerle adlandırılırken, dekohegzaenoik asit (DHA, 22:6 n-3), eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5 n-3) gibi daha nadir bulunan yağ asitleri Grek-Latin alfabesine göre adlandırılırlar (Sargent, 1995).



Şekil 3. Dört yağ asitinin kimyasal formülleri (Lawrence, 2010)

1.3.1.1. Doymuş Yağ Asitleri

Doymuş yağ asitleri (Saturated Fatty Acids; SFA), karbon-karbon atomları arasında tek bir kovalent bağdan (-C-C-) oluşan ve oda sıcaklığında genelde katı olan yağ asitleridir. Bu tip yağ asitleri karbonhidrat metabolizması ile oluşan moleküllerden sentez edilebilir, karbonludan, 24 karbonluya kadar bulunabilirler. Doymuş yağ asitlerinde karbon atomlarının hepsi hidrojenlerle doyurulmuştur. Hayvansal kaynaklı yağ asitleri doymuş yağlardır. Yağ asitleri tam okside edildiklerinde karbonhidrat ve proteinlere göre daha fazla enerji verirler. Bunun sebebi yağ asitlerinin daha fazla indirgenmiş olmasıdır (Nas vd., 2001; Kayahan, 2003).

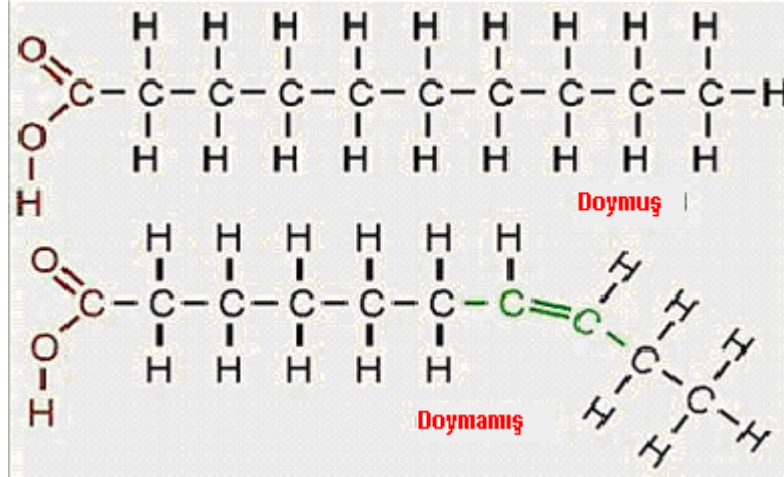
Tablo 1. Bazı önemli doymuş yağ asitleri (Bingöl, 1976)

Adı	Yapısı	Erime noktası (°C)
Laurik asit	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	44
Miristik asit	C H ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH	54
Palmitik asit	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	63
Stearik asit	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	70
Arakidik asit	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ COOH	75
Behenik asit	CH ₃ (CH ₂) ₂₀ COOH	80
Lingoserik asit	CH ₃ (CH ₂) ₂₂ COOH	84

1.3.1.2. Doymamış Yağ Asitleri

Karbon zinciri üzerinde çeşitli konumlarda, karbon-karbon arasında bir veya daha fazla kovalent çift bağ içeren yağ asitleri doymamış yağ asitleri olarak isimlendirilir. Yapılarındaki çift bağlar nedeniyle, doymamış yağ asitleri (Unsaturated Fatty Acids USFA) doymuş yağ asitlerine göre daha reaktiftir. Bu reaktivite yağ asiti zincirindeki çift bağ sayısına göre artmaktadır (Karaca ve Aytaç, 2007).

Canlılarda iki farklı yağ asiti metabolizması bulunmaktadır. Bunlardan ilki, karbonhidrat ve aminoasit öncüllerinden *de novo* olarak sentezlenen palmitik, palmitoleik, stearik, oleik, eikosenoik, dokosanoik ve lignoserik asit ile nervonik asitlerdir. Bunlar doku fosfolipitlerinde ve depo lipitlerinde yer almaktadır. İkincisi ise LIN ve linolenik asitler (LA, 18:3 n-3) ile başlayan esansiyel yağ asiti metabolizması olarak bilinir. Çünkü bu metabolizmanın başlaması için gerekli olan LIN ve LA özellikle karasal ortamda yaşayan organizmalar için Δ^{-12} desaturaz ve Δ^{-15} desaturaz enzimleri bulunmadığı için *de novo* olarak sentezlenemezler, ancak besin yoluyla vücuda alınması gerekmektedir (Tvrzicka vd., 2002; Duplas ve Forest, 2002).



Şekil 4. Yağ asiti molekülü (üstte doymuş yağ asiti, altta metil grubuna en yakın üçüncü karbondan itibaren çift bağ alan doymamış yağ asiti, bu örnekteki omega-3 yağ asitidir).

1.3.1.2.1. Tekli Doymamış Yağ Asitleri

Tekli doymamış yağ asitlerinde (Monounsaturated Fatty Acids; MUFA) karbon atomları arasında tek bir çift bağ bulunur (Lawrensel, 2010). Bu grup yağ asitlerinin zincir uzunlukları, C_{14} den C_{24} e kadar olabilir (Sargent, 1995). Oleik asit (18:1 n-9) en önemli tekli doymamış yağ asitidir (Lawrensel, 2010). Fosfogliseridler C_{16} ve C_{18} den daha uzun zincirleri çok az içermekle birlikte C_{20} az da olsa bulundurlar. Ama, spongolipitler nervonik asit (24:1 n-9) ve setoleik asiti (22:1 n-11) zengin miktarlarda ve yaygın bir şekilde içerirler. Bu yağ asitleri zooplanktonik wax esterlerindeki yağ alkollerleriyle sağlanır (Sargent, 1995).

1.3.1.2.2. Çoklu Doymamış Yağ Asitleri

Çoklu doymamış yağ asitleri (Polyunsaturated Fatty Acids; PUFA), karbon atomları arasında birden fazla çift bağ bulundurlar. LIN, LA, omega-3 (ω -3) ve omega-6 (ω -6) yağ asitleri en yaygın çoklu doymamış yağ asitleridir (Lawrensel, 2010).

Deniz organizmaları, özellikle de algler C_{16} (2 den 4 e kadar çift bağ), C_{18} (2 den 5 e kadar çift bağ), ve C_{22} (2 den 6 ya kadar çift bağ içeren) PUFA içerirler (Sargent, 1995). C_{16} durumundaki PUFA genellikle n-6, n-3 serisidir ve az da olsa n-1 serisi görülebilir. Ama balıklarda temel PUFA, arakhidonik asit (ARA, 20:4 n-6) ve onun metabolik

habercileri LIN ile EPA ve DHA'nın metabolik habercisi LA' dir. Yine sucul ortamlarda bolca bulunan diğer bir PUFA grubu da yüksek doymamış yağ asitleri (HUFA) grubudur. Bunların sık kullanılan bir tanımları yoktur. Genellikle 20 ya da daha fazla çift bağ içeren $\geq C20$ uzun zincire sahip PUFA için kullanılır (Sargent vd, 1986).

Tablo 2. Bazı önemli doymamış yağ asitleri

Adı	Yapısı	Erime noktası (°C)
Oleik asit	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$	13
Vaksenik asit	$CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_9COOH$	44
Linoleik asit	$CH_3(CH_2)_4(CH=CHCH_2)_2(CH_2)_6COOH$	-5
Linolenik asit	$CH_3(CH_2)(CH=CHCH_2)_3(CH_2)_6COOH$	-10
Arakidonik asit	$CH_3(CH_2)_4(CH=CHCH_2)_4(CH_2)_2COOH$	-50

Çift karbon atomu ihtiva eden yağ asitleri organizma tarafından bazı önemli biyolojik maddelerinin yapımı için kullanılır. Özellikle arakidonik asitten halkalı bir bileşik olan prostoglandinler meydana gelir. Prostoglandinler hayvansal organizmada yaygın halde bulunurlar. Değişik prostoglandin türleri elde edilmiştir. Prostoglandinler düz kaslar üzerine olan kısmen kontraktif kısmen dilatatör etkileri, özellikle yağ dokuları metabolizması adrenalın ve glikojen üzerine olan antagonist etkileri nedeni ile çok önemli bileşiklerdir. Seminal plazma ve diğer dokularda da bulunurlar (Bingöl, 1976).

1.3.1.3. Esansiyel Yağ Asitleri

Linoleik (LIN, 18:2 n-6), α -linolenik (Alfa-linolenik asit, ALA, 18:3 n-3) ve arakidonik (ARA, 20:4 n-6) yağ asitlerine "Esansiyel Yağ Asitleri" denir. Bunlar hayvan organizması tarafından sentez edilemezler. Diyetle bulunmaları lazımdır. Esansiyel yağ asitlerinin bulunmaması halinde o organizmada cilt lezyonları görülür. Ciltte kuruma ve kanamalar olur. Büyüme yavaşlar. Bu semptomlar B6 vitamini ile tedavi edilebilirler. Hayvansal organizma ancak bir tek çifte bağ yapabilme yeteneğindedir. Onun için 2, 3, 4 çift bağlı esansiyel yağ asitlerini yapma yeteneğinden yoksundur (Bingöl, 1976). Hayvanlarda hastalıkların önlenmesi için n-3, n-6 yağ asitlerinin bulunması gerekir. Alınan diyetlerle yeterli miktarda n-3 (ω -3, omega 3) ve n-6 (ω -6, omega 6) yağ asitleri

sağlandığında, çoğu hayvan desaturasyon ve elongasyon ile ya da daha kısa zincirli yağ asitlerine yeniden dönüştürülmesi ile n-3, n-6 ve diğer yağ asitlerini yapabilir. Ama n-3 ve n-6 serisi trans genik hayvanlar hariç diğer hayvan ve omurgalılarda değiştirilemez (Kang vd., 2004).

Genellikle ARA, EPA ve DHA'nın memelilerde (Simopoulos 2002 ; Ruxton vd., 2004 ; Shahidi ve Miraliakbari, 2004 ; Wijendran ve Hayes, 2004) ve balıklarda (Sargent vd., 1999a,b; Montero vd., 2003, 2004) en önemli uzun zincirli (C₂₀-C₂₂) PUFA olduğuna inanılır. LIN ve ALA habercileri bazı hayvanlarda yeterli miktarda ve bazılarında da azda olsa sentezlemesine rağmen, bunların dışarıdan mutlaka sağlanmaları gerekir (Toivonen vd., 2001).

1.3.2. Lipitlerin Sucul Ekosistemlerde Önemi

Lipitler sucul ekosistemlerde özel bir öneme sahiptirler. Protein ve karbonhidratların aksine lipitler daha düşük yoğunluğa sahip oldukları için deniz suyunda batmadan su üzerinde durabilmeyi (bouyancy) kolaylaştırırlar. Bundan dolayı, birçok plankton ve nekton türünün suda asılı kalabilmesi fazla miktarda lipit içermeleriyle ilgilidir. Bu sayede bu organizmalar batmamaya karşı fazla enerji sarfedip boşa enerji harcamazlar. Kopepod ve euphausidler gibi yüksek oranda vertikal göçe katılan organizmalar derinlerden yüzeye doğru çıkarken, değişen hacim artışlarından etkilenmezler (Sargent, 1976). Osmolaritik problemler meydana gelmez. Çünkü lipitler hidrofobik bileşiklerdir.

Lipiterin en önemli genel karakterleri çok iyi bir enerji biriktirme kapasitesine sahip olmalarıdır. Akuatik hayvanlarda yaklaşık olarak karbonhidratlar 17 kJ g⁻¹, proteinler 24 kJ g⁻¹ iken lipitler 39 kJ g⁻¹ enerji içeriğine sahiptirler (Brody, 1945 ; Winberg, 1971). Bundan dolayı diğer organik bileşiklerle karşılaştırıldığında iki kat daha fazla enerji verirler. Proteinlerin aksine, tüm lipit molekülü enerji oluşturmak için oksidize olabilir (Bamstedt, 1986). Suyun sadece çok az bir kısmı ekonomik bir enerji birikimine ve çok yoğun bir birikime olanak sağlayarak hidrofobik lipitler ile depo edilir (Lee ve Hirota, 1973 ; Sargent ve Henderson, 1986; Hagen vd., 1993). Bazı lipit sınıfları (trigliseroller, wax esterleri) hızlı biyosentezleri, özel kompozisyonları ve geniş depolanma özellikleri ile kutup okyanuslarında ya da derin denizlerde, besin kaynağının periyodik olarak sınırlı olduğu ekosistemlerde hayati önem taşırlar.

Lipitler, deniz zooplanktonunun farklı grup ve türlerinde çok farklı oranlarda bulunurlar. Jelatinimsi zooplanktonda kuru ağırlıkta çok az oranlarda bulunurken kopepodlarda % 60 dan daha fazla bir oranda bulunur (Lee vd., 2006).

Oligotrofik bölgelerde biyomasın fire vermesinden dolayı epipelajik zooplankton lipitçe fakirdir (Lee vd., 1971; Lee ve Hirota, 1973). Yüksek enlem okyanuslarında, bu durumun aksine, kopepodlar ve krill gibi zooplankton grupları fitoplanktondaki az orandaki lipiti büyük lipit depolarına dönüştürerek, fazla miktarlarda lipiti biriktirebilirler (Kattner ve Hagen, 1995). Genellikle fitoplankton bloomunun meydana geldiği sıcak enlemler, sahiller ve upwelling bölgelerinde wax-esterleri biriktiren türler, zooplankton kominitelerinin lipitçe en zengin hücre zarına sahip üyeleridir. Lipitçe zengin kopepodlar, daha yüksek beslenme seviyelerindeki organizmalar için ana besin kaynağını oluşturur. Örneğin; Atlantik Ringa Balığı (*Clupea harengus*) üreme ve kışlama için kopepod lipitlerini kullanır. Bu yüzden, ortamda belirli miktarda fitoplanktonun olması, kopepodlar vasıtasıyla ringa balığı popülasyonunun devamı ve yoğunluğu için gereklidir (Varge vd., 2005).

Lipit birikimi farklı yaşam evreleri boyunca çeşitli zooplankton taksalarında çok önemlidir. Kalanoid kopepodlar fitoplankton lipitlerini depolarlar. Bu depoladıkları lipitleri geç nauplii aşamasından ergin aşamaya kadar etkili bir şekilde kullanırlar. Kopepod ve euphausiid türlerinin bazıları fazla miktarlarda lipit depolarlar. Depolama sırasında wax-esterlerine öncelik verirler. Yağ depolama işlemi ilkbahar-yaz bloomları süresince devam eder. Hatta derin sularda diyapoz durumunda bulunan kopepodlar için depolama işlemi daha fazla önem kazanır. (Sargent ve Henderson, 1986; Falk- Peterson vd., 2000; Lee vd., 2006). Lipit depoları, kış boyunca hayatlarını idame ettirebilmeleri için enerji sağlarlar ve kış sonu ya da ilbaharda üreme sürecine katkı sağlarlar. Bazı kopepodlar beslenmeksizin derinlerde bu depoları sayesinde üreyebilirlerken diğerleri beslenmeye bağlı olarak ilkbahar fitoplankton bloomlarının başlaması ile üremeye başlarlar.

Zooplanktondaki esansiyel fitoplankton yağ asitlerinin sayısının varlığı, zooplankton beslenmesinde farklı fitoplankton gruplarının önemini gösterir. Ayrıca, tipik uzun zincirli tekli doymamış yağ asitleri ve alkoller, herbivor kalanoid kopepodlar tarafından sentezlenirler. Bu takson özel yağ asitlerinin açığa çıktığı beslenme ilişkilerinde trofik işaretler olarak başarılı bir şekilde kullanılır (Dalsgaard vd., 2003).

Ek olarak, pelajik organizmaların yaşam öyküsü özellikleri, lipit birikimlerinin doğasına bakılarak da anlaşılır. Farklı lipit sınıfları farklı beslenme stratejilerine işaretir

(Sargent vd., 1981). Lipit kompozisyonu daha da detaylandırıldığında araştırılan türlerin besin tercihlerini ortaya çıkarmaya da yardımcı olur. Bu da lipit içeriğinin trofik işaretler olarak da kullanılmasına olanak sağlar. Bazı özel yağ asitleri fitoplanktonun bazı gruplarında karakteristiktir. Örneğin; 16:1 n-7 diatomlar, 18:4 n-3 dinoflagellatlar için karakteristik yağ asitleridir (Harrington vd., 1970, Lee vd., 1971; Falk, Peterson vd., 1990). Bu işaret yağ asitleri fitoplanktonla beslenen türlerin baskın diyetlerini verir (Grave vd., 1994a, 1994b). Lipit işaretleri, tür-tür ilişkisini göstermemesine rağmen, trofik seviyenin çözümlenmesine katkı sağlayabilirler. En büyük avantajları, sıkıcı mide içeriği araştırmalarında aylık ve haftalık periyotlarda uzun vadeli beslenme tercihleri ile ilgili trofik bilgilerin tamamlanmasını sağlamalarıdır (Graeve vd., 1994b). Beslenme ekolojisi ilgili olan bu bilgilerin dışında, yağ asitleri ve yağ asiti alkollerinin analizlerinin detaylandırılmasıyla farklı evrim ya da farklı biyocoğrafik kökenli türlerin lipit farklılıkları da ortaya konulabilir. Örneğin, mevsime bağlı olarak değişen besin kaynağından, fazla etkilenen kopepod türleri, besinin yetersiz olduğu dönemlerde kullanmak için, en yüksek düzeyde kendi lipit rezervlerini saklama yeteneğine sahip oldukları görülmektedir (Kattner vd., 1994; Kattner ve Hagen, 1995; Albers vd., 1996).

Deniz ekosistemlerinde iklim değişikliğinin gelecekteki etkisi, zooplankton ve fitoplankton arasındaki kritik etkileşim düşünüldüğünde, temel sorunlardan biri özellikle son derece hassas olan yüksek enlemler okyanuslarda, lipit hareketlerine küresel ısınmanın ne kadar etki ettiği (Edwards ve Richardson, 2004). İklim değişikliğinin bir sonucu olarak, lipitçe zengin zooplankton popülasyonlarından lipitçe fakir zooplankton türlerine bir egemenlik değişimi olmaktadır. Bu yerdeğiştirme hipotezi, birçok önemli ticari balık türünü içeren daha yüksek trofik seviyelere doğru bir enerji akışını içeren geniş ve önemli imalara sahiptir (Kattner vd., 2007).

1.3.2.1. Buoyancy (Yüzerlik)'de Lipitlerin Rolü

Proteinler ve karbonhidratların aksine lipitler deniz suyundan daha düşük yoğunluğa sahiptirler. Bu da birçok zooplankton türü için pozitif buoyancy sağlar. Lipit sınıfları arasında belirli yoğunluklarda küçük farklılıklar vardır (Lewis, 1970). Buoyancyde lipitlerin rolü üzerine devam eden tartışmalar vardır. Çünkü bazı çalışmalar kopepod türlerinin kışın diyapozdan sonra hala lipitçe zengin ancak lipit yararlanımlarının az olduğunu göstermektedir (Jonasdottir, 1999). Bu yüzden, bazı türlerde lipitlerin öncelikli

rolünün predasyon riskini azaltmak için derinlerde hareketsiz pozisyonda kalmalarına katkı sağlamak olduğu hipotezi öne sürülmüştür (Visser ve Jonasdottir, 1999).

Zooplanktonun kütle yoğunluğu üzerine lipidlerin etkisinin modellenmesinde, lipidlerin toplam miktarında çok küçük farklılıkların bouyancy özelliklerinde çok büyük değişikliklere dönüştüğü öne sürülmüştür (Campell ve Downer, 2003). Örneğin; wax esterlerinde % 2-3'lük değişim sudaki iniş ve çıkışlardaki bouyancyye dayandırılabilir. Üstelik lipidler deniz suyundan daha sıkıştırılabilir özelliktedirler. Nötral bouyancy çok derinlerde stabil olmayacaktır. Bir de lipidler denizsuyundan daha geniş bir termal genişlemeye sahiptirler. Bu yüzden de sıcaklık lipidler üzerinde önemli bir fonksiyona sahiptir. Bouyancyde lipidlerin rolünü anlamak için basınç, sıcaklık ve tuzluluk ilişkisini de irdelenmelidir (Kattner, 2007).

1.3.2.2. Büyüme ve Uyuma (Dormancy) Sürecinde Lipitlerin Rolü

Zooplankton, yumurta üretimi, erken gelişim, diyapoz, gonad oluşumu gibi çeşitli kritik aşamalar süresince belirli lipidlerde çeşitli gereksinimlere ihtiyaç duyarlar. Örneğin; çoklu doymamış yağ asitleri düzenli olarak 20:5 n-3 ve 22:6 n-3 ve kolesterol; E ve K vitaminleri, biyoaktif bileşikler için haberci olarak gereklidir. Doymuş ve tekli doymamış yağ asitleri hücre zarında değişik miktarlarda bulunmasına rağmen, zooplankton bu yağ asitlerinden metabolik enerji rezervi olarak yararlanmaktadır (Hirche ve Kattner, 1993).

Üremede kullanılan lipid kaynaklarına bakıldığında iki yaygın zooplankton grubu vardır. (I)- Üreme sürecinde beslenmezler. Ancak üreme için lipid depolarını kullanırlar (Örneğin; *Calanus hyperboreus* ve *Neocalanus plumchrus*) ve (II)- Üreme sürecinde beslenirler (*Calanus finmarchicus* ve *Euphausia superpa*). Bazı türler üremenin zamanına bağlı olarak her iki gruba da girerler (Örneğin; *Neocalanus tonsus* ve *Euphausia crystallorophias*) (Hirche ve Kattner, 1993).

Acartia, *Calanus*, *Oithona* ve *Euphausia* yaşam döngülerinin kritik aşamalarında farklı stratejiler geliştirirler. *Acartia spp.* birçok neritik tür ile kompleks bir zooplankton grubuna dahildir. Sık sık diyapoz yumurtaları üretir ve bu özellikleri nedeniyle laboratuvar deneylerinde kullanılır. Ek olarak, *Calanus spp.* populasyonu diyapoz çalışmaları için daha çok düşünülmelidir. Daha oceanik bir tür olan *C. hyperboreus* bu çalışmalar için ideal bir adaydır. Diyapoz giren bu türler gibi, ilk iki yıl içinde kopepodit aşamasındaki bireylerde

de kayıp olmamasına rağmen, 3. yılda olgunlaşıp üremeye başlamalarıyla birlikte kayıplarda başlar (Kattner vd, 2007).

1.3.2.3. Üreme ve Erken Gelişimde Lipitlerin Rolü

Yumurta üretimi sürecinde (gonadogenesis ve oogenesis) depo lipitlerinde (wax esterleri ve trigliseroller) bir dönüşüm vardır. Fosfolipitlerdeki besin lipitlerinin erkek ve dişi gonadlarda şekillenmesinin yanında, lipit damlacıkları ve yumurta sarısı lipovitellinin gelişen yumurtalık ve oositlerde de biriktirilmesi gerekir. Fosfolipitler gelişen embriyoda, hücre zarı ve diğer hücre bileşenlerini oluşturmada kullanılan yumurta sarısı lipovitellinleri ile ilişkilidir. Larva yumurtadan çıktıktan sonra, ne kadar zaman sonra beslenmeye başlayacağı, yumurtadaki lipovitellin ve lipit damlacıklarının konsantrasyonuna bağlıdır (Lee vd., 2006).

Üremenin başarılı olabilmesi ve hayatın devamı için, belirli miktarda lipit gerekir. Yaşayabilen yumurtalar belirli biyokimyasal içeriklere sahip olmalıdırlar. Bunun içinde üreme bakımından aktif dişiler için, yüksek oranlarda PUFA gerekir. Embriyonik gelişim için, lipitler enerji sağlamada ve canlı hücre zarlarını şekillendirmede kullanılırlar. Yumurtanın lipit kompozisyonu ile ilk beslenme aşamasında naupliinin hayatta kalmasıyla, yumurtadan çıkma başarısı arasında bir ilişki vardır.

Gelişimin ilk aşamalarında büyüme hızlı olduğunda, PUFA' nin hücre zarında toplanması gerekir. Zooplankton larvasının ilk dönemlerindeki gelişimi, yumurtanın lipit rezervlerine bağlıdır. Ama, naupliinin ilk dönemlerindeki gelişimi, besin lipitlerine bağlıdır. Önemli bir soru ne kadar ve kaliteli besin gerektiği ve bu aşamalarda besinin gelişimi ve hayatta kalmayı ne kadar etkilediğidir? Mikrohetetrofların ve larval aşamaların lipit kompozisyonunun bazı omnivor zooplankton türlerinin beslenmesinde önemli olduğu unutulmamalıdır (Kattner vd., 2007).

1.3.2.4. Resting (Dinlenme) Aşamasında Lipitlerin Rolü

Farklı zooplankton grupları çeşitli kışlama stratejileri geliştirirler. Olumsuz çevre koşullarında meydana gelen dormancy (örneğin; diyapoz) planktonik krustasealarda yaygın adaptasyon şeklidir. Dormancy süresince bir organizmanın gelişimi durur ve metabolizması yavaşlar (Dahms, 1995). Diyapozun 2 tipi vardır (I)- Üreme ile ilişkili

olarak belirli gelişim evreleri sınırlanır (Hirche, 1996). (II)- Resting yumurtalar oluşur. Herbir stratejide de lipitlerin rolü hala tam olarak açığa kavuşturulamamıştır.

Lipit metabolizması diyapozdan önce, sonra ve süresince değişebilir. Birçok türde diyapozun sonuna doğru, gonadlar oluşur ve dişilerde ek besine gerek duyulmadan, yumurtamla olayı gerçekleştirir. Bu durum fitoplanktonun ortamda varlığından önce kış sonu ve erken ilkbaharda diyapozdaki birçok kopepod türüne üremek için imkan sağlar. Bu kopepodlar, yaz öncesinde, biriktirilen lipitleri kullanırlar (Conover ve Huntley, 1991; Hirche ve Niehoff, 1996; Hagen ve Auel, 2001). Bunların yumurtaları büyük yumurta sarıları ile karakterize olmuştur ve ilk nauplii aşamasında ve kopepodit-I aşamalarında beslenmeksizin gelişmeye imkan sağlayan birçok lipit damlacıkları bulunur. Diğer türlerde, sadece vitollogenesisin ortaya çıkmasıyla oosit oluşumu meydana gelir (Lee, 2006).

Farklı hayat döngüsü stratejileri için muhtemelen farklı lipit gereksinimleri vardır. Diyapoz en fazla kopepod türlerinde görülür. Yaz öncesinin besin ortamını, yıl içinde ve geniş ölçekte besin yoğunluğundaki değişimleri de düşünmek gerekir. Ayrıca, zooplankton belirli bileşikleri biriktirip, dönüşümlerini sağlayabildiği için, kendisi lipitlerinin işleyişini de düzenleyebilir. Diyapozda giren ve derin sularda yaşayan aynı kopepod türleri ile daha üst sularda yaşayan türlerin lipit dinamikleri karşılaştırıldığında ve bunların analizleri yapıldığında, üreme periyodunda gonadogenesis süresince lipit ihtiyaçlarının farklı olduğu görülecektir (Kattner vd., 2007).

Zooplankton türlerinin yumurtaları, gelişimleri sırasında duruma göre farklı resting aşamalarından geçebilirler. Resting yumurtaların 3 tipi (hareketsiz, aniden gelişen diyapoz ve yumurtadan çıkışın gecikmesi), gelişiminde farklılıklar olan birçok zooplankton türünde görülebilir. Aniden gelişen yumurtalar, çok çabuk çıkarlar, ama kötü koşullara tepki olarak da hareketsiz kalabilirler. Koşullar iyileştiğinde bu hareketsiz yumurtaların gelişimi kaldığı yerden devam eder (Katajisto, 2003). Bunun tersine bazı diyapoz yumurtaları uygun koşullar ortaya çıksa bile, kaldığı yerden devam etmeyen yanıtız bir aşamaya sahiptirler (Grice ve Marcus, 1981). Bu aşama sonrasında, gerektiğinde çevresel ipuçlarını algıladıktan hemen sonra yumurtadan çıkabilen farklı diyapoz yumurtaları oluşur. Böylece yumurtadan çıkış zaman periyodunu aşmış naupliiler meydana gelir (Chen ve Marcus, 1997). Son zamanlarda *Centropages tenuiremis* ile yapılan çalışmalarda diyapozda aminoasit ve lipit içeriğinin yüksek olmasının yanı sıra aniden ortaya çıkan yumurtalarda da lipit ve aminoasit içeriğinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Wang vd., 2005). Ama

diyapoz yumurtalarında düşük metabolik oranlar oluşur ve bunlar birkaç yıl canlı kalabilirler. Düşük seviyelerde olmasına rağmen hareketsiz aşamada, yumurtalarının metabolik aktivitesi devam eden *Acartia tonsa* ile kültür çalışmalarının yapıldığı bildirilmiştir (Nielsen vd., 2006). Bu düşük metabolik aktivite yağ asitleri ve serbest aminoasitlerin tükenmesine sebep olur (Drillet vd., 2006). Sonuç olarak, yumurta canlılığı, diyapoz yumurtalarından daha hızlı bir şekilde bu yumurtalarda azalır (Kattner vd., 2007).

1.3.2.5. Besin Zincirinde Lipitlerin Rolü

Orijini fitoplankton olan, çoklu doymamış n-3 yağ asitleri daha yüksek trofik organizmaların polar ve nötral lipid kısımlarında değişmeden depo edilebilirler. Ama, lipidlerin hızlı biyosentetik değişimi ve sindiriminden dolayı, özellikle de daha yüksek trofik seviyelerde bilgi kaybı olabilir. PUFA sentezlemek bazı zooplankton türlerinin (protozoanlar) karakterleriyle ilgilidir. Bazı protozoanlar fitoplanktondaki daha kısa zincirli PUFA'yı daha uzun zincirli PUFA'ya dönüştürebilirler (Ederington vd., 1995) ve zooplanktonun tükettiği protozoan önemli bir esansiyel yağ asiti kaynağı olabilirler (Kattner, 2007).

Zooplankton türlerindeki belli yağ asitleri (palmitoleik asit, 16:1 n-7, C₁₆, PUFA-diatomların ve oktadekanoik asit, 18:4 n-3-kamçılıların işaretçileri) fitoplankton diyetlerinden gelir (Graeve vd, 1994). Dinoflagellat *Prococentrum minimum*' da yüksek miktarda bulunan çok ilginç bir yağ asiti oktadekanoik asit 18:5 n-3' tür (Mayzaud, 1976) geçmişte bir işaretçi olarak rapor edilmesine rağmen bu yağ asiti hakkında çok fazla şey bilinmemektedir (Ghioni vd., 2001). Ayrıca 20 ve 22 karbon atomlu tekli doymamış fitoplanktonik yağ asitleri, alkoller (wax esterlerinin) herbivor zooplankton tarafından tekrar sentezlenir. Bu yağ asitleri özellikle zooplanktonla beslenen balıklarda trofik ilişkileri çalışmak için kullanılırlar (Sargent ve Henderson, 1986).

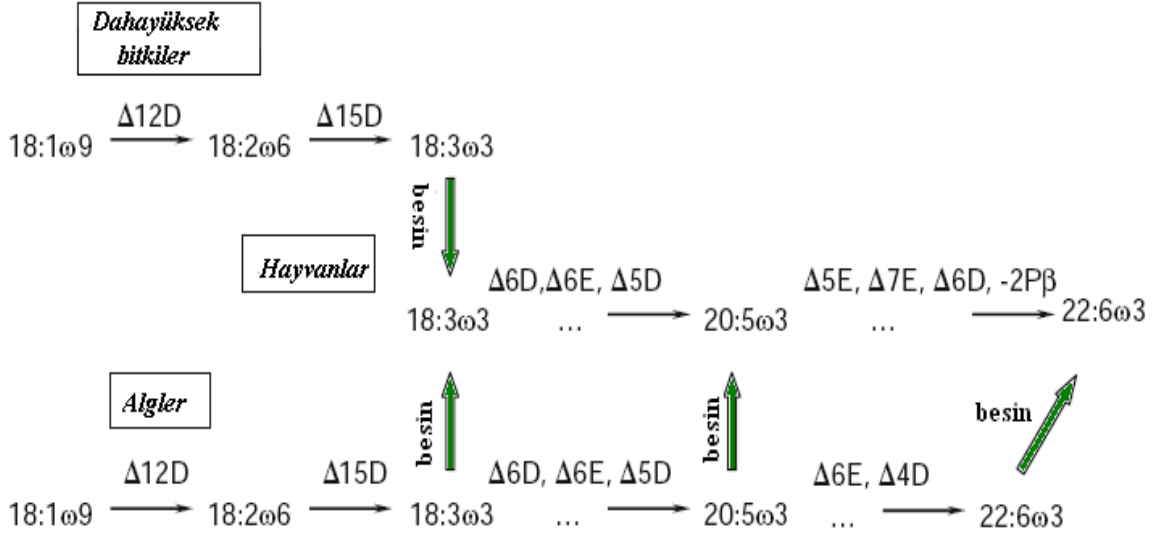
Geçerli bilgilerimizin çoğu copepoda, euphausiacea, pteropoda'yı içeren zooplankton taksalarının küçük bir grubundan elde edilmiştir. Yağ asitlerinin trofik işaretler olarak kullanılması, yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur. Böylece, besin ağında lipidler vasıtasıyla enerji transferi gerçekleştiği de belirlenmiştir. Gelecekte, deniz zooplankton gruplarında özellikle de daha küçük kopepod türlerinde ve diğer daha az araştırılmış gruplarda daha çok araştırma yapılmalıdır. Küçük zooplankton türleri özel lipid modellerine sahip olabilirler (Kattner vd., 2003b; Lischka ve Hagen, 2007). Bunlar,

zooplankton kominitelerine önemli ölçüde katkı sağlarlar. Geniş zooplankton spektrum analizleri, lipit profillerini ve deniz zooplanktonun lipit üretimini anlamada önemli olan diğer son ürünleri de içeren yeni biyokimyasal çalışmalara katkı sağlayacaktır. Bu yaklaşım aynı zamanda genel lipit bileşimi ve biyosentetik yollar üzerindeki zooplankton türlerinin ekolojik ilişkilerinde yeni bilgiler ortaya çıkarmak için gereklidir.

Lipit kompozisyonundaki mevsimsel değişimler, türe özgü mekansal incelemeler, durağan izotop ve lipit içermeyen araştırmalar birlikte yapıldığında, lipitlerin mevsimsel değişimleri kadar türlerin beslenme davranışları, stratejileri ve geçmişlerine dair yeni bakış açıları da sağlanabilir (Kattner vd., 2007).

1.3.3. Çoklu Doymamış Yağ Asitlerinin (PUFA) Sucul Ekosistemlerdeki Önemi

Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) son yıllarda insanları da içeren, tüm taksonomik seviyelerdeki hayvanlar için, fizyolojik önemi olan bileşikler olarak kabul edilmektedirler. Hayvanlarda, molekülün sonundaki metil ucundan itibaren 7. karbona yakın pozisyondaki (n-7 ya da ω 7) yağ asiti moleküllerindeki çift bağları eklemek için gerekli enzimler yoktur. Bundan dolayı, LIN (18:2 n-6) ve ALA (18:3 n-3) gibi esansiyel yağ asitlerinin besinlerle alınması gereklidir (Şekil 8). Bu iki esansiyel PUFA öncelikle bitkiler tarafından (vasküler bitkiler ve algler) ve bazı mantarlar tarafından sentezlenir (Şekil 6).



Şekil 5. Farklı organizma gruplarında n-3 çoklu doymamış yağ asitleri sentezinin şematik olarak gösterilmesi. İnce oklar- biyosentez; kalın oklar- besin girişi; Δn -molekülün sonundaki karbonilden, karbonun numarası; D desaturasyon E elongasyon; $2P\beta$ β oksidasyonu için enzimlerin peroksizomal sistemi. Not: Alglerde 20:5 ω 3 ve 22:6 ω 3 biyosentezi basit olarak gösterilmiştir.

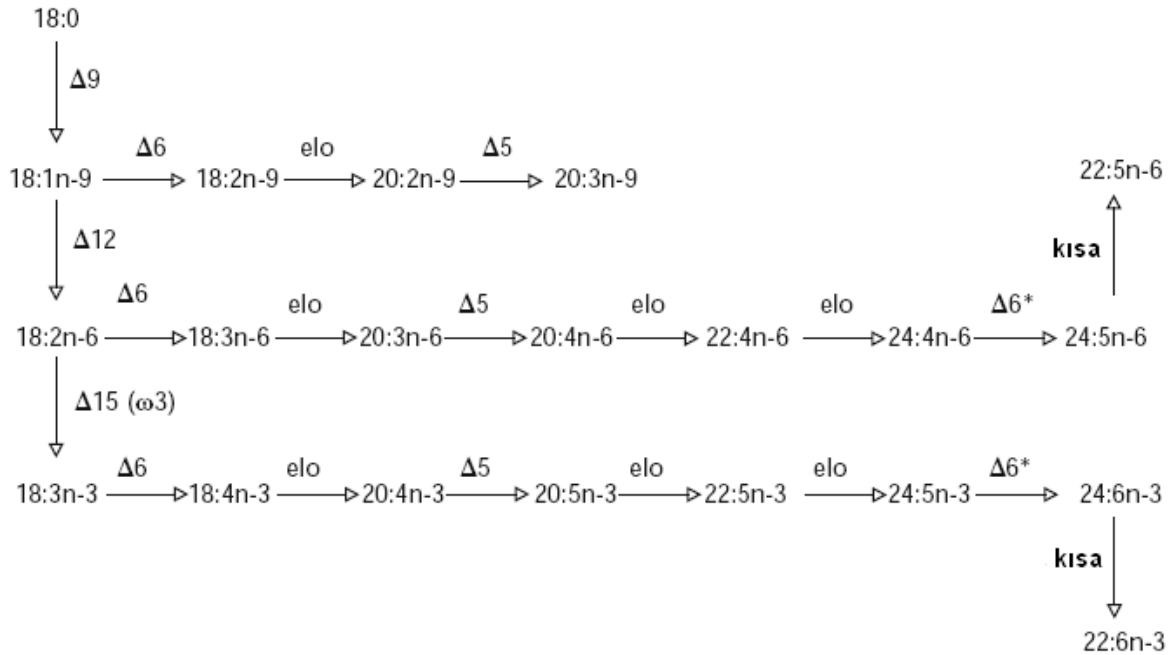
Deniz kopepodlarının yüksek doymamış yağ asitlerini (Highunsaturated Fatty Acids; HUFA) sentezleyebildikleri düşünülmektedir. Ancak bunları üreme başarısı, büyüme oranları fitoplanktondaki yağ asitlerine bağlıdır (Pond ve Haris,1996). ALA'dan HUFA sentezleyen dört zooplankton türü olduğu bildirilmiştir. Bunların bu yeteneği, doğrudan D₅-ALA içeren lipozomlar kullanılarak test edilmiştir (Bell vd., 2007). Harpokitoid kopepod, *Tisbe holothuriae* ve *Tisbe* sp. az miktarlarda da olsa EPA ve DHA içeren alglerle beslendiğinde, bu yağ asitlerini önemli miktarlarda biriktirebilirler (Nanton ve Castell, 1998).

ARA, sucul ekosistemlerdeki planktonik besin zincirinde en önemli birikime sahip yağ asitidir. Bu ortamlarda ARA'daki düşüşler kopepodlarında azalmasına sebep olmaktadır (Algren vd., 2005). Çin Karidesi'nde, ARA ve daha az oranda da LIN, hayatta kalma, deri değiştirme sıklığı ve büyüme oranını etkilemektedir (Xu vd., 1994). Diğer taraftan, LIN *Calanus helgolandicus*'da yumurta canlılığı üzerinde son derece önemli etkiye sahiptir (Pond vd., 1996). Ancak, besinlerdeki ve yumurtadaki ARA içeriği yumurtadan çıkış oranını artıran önemli bir potansiyele sahiptir.

Bu çoklu doymamış yağ asitleri fizyolojik olarak en aktif PUFA (ARA; 20:4 n-6, EPA; 20:5 n-3 ve DHA; 22:6 n-3)'nin biyokimyasal habercileridir. Daha yüksek trofik

basamaklardaki bitkiler, ALA'yı EPA ve DHA'ya desaturasyon ve elongasyon yapamazlar. Bundan dolayı bunların mutlaka besinlerle alınması gerekir. İnsanların da dahil olduğu hayvansal organizmalar, ALA'yı EPA ve DHA'ya elongasyon ve desaturasyon yapabilmesine rağmen, bu sürecin etkisi ve belirli PUFA için gerekli özel dokular, hayvanlar arasında ve türler içindeki gelişim aşamalarında bile oldukça değişkendir. Yine de, tüm organizmaların sağlığında n-3 yüksek doymamış yağ asitlerinin anahtar bir role sahip olduğu giderek daha iyi anlaşılmaktadır.

Elongasyon, belirli enzimler tarafından katalize edilen dört basamakta gerçekleşir (Şekil 6). İlk basamak, daha sonra üç basamakta hidrojene olan β -ketoasil zinciri üretmek için malonil-CoA ile haberci yağ asiti zincirinin yoğunlaşma reaksiyonudur. Yoğunlaşma basamağı, substrat özgüllüğünü belirler ve bu sürecin oransal olarak sınırlayıcı adımıdır. Bundan dolayı "elongase" enzim olarak kabul edilir (Sprecher, 2000). Enzimlerin benzeşmesi genellikle (n-3) serisinde daha fazla olmasına rağmen, bir istisna ile, (n-3) ve (n-6) yağ asitlerinin ikisini de etkileyen bazı enzimler ile endoplazmik redikulumda reaksiyonlar meydana gelebilir. ALA'nın elongasyon ve desaturasyonunda EPA'dan ziyade DHA temel son ürünken, LIN'in elongasyon ve desaturasyonunda birincil son ürün 22:5 n-6'dır.



Şekil 6. n-3 ve n-9 habercilerinden C₂₀ ve C₂₂ HUFA'nın biyosentez yolları. $\Delta 5$, $\Delta 6$, $\Delta 9$, $\Delta 12$, $\Delta 15$ ($\omega 3$), yağ asit desaturasyonu; kısadır, zincirin kısalması.

DHA ve 22:5 n-3 deki $\Delta 4$, etilenik bağı 22:5 n-3, 22:4 n-6'nın direkt $\Delta 4$ desaturasyonu yoluyla meydana gelmez. Bunun yerine, bu ara ürünler C_{24} yağ asitlerine (24:4 n-6, 24:5 n-3) dönüşerek, 24 karbonlu zincirler oluştururlar. Daha sonra bunlar $\Delta 6$ desaturasyonu yoluyla 24:6 n-3 ve 24:5 n-6'ya dönüştürürler. $\Delta 6$ desaturasyonu sonucu oluşan, C_{24} yağ asitleri DHA ve 22:5 n-6 peroksizomlar olarak, zincir kısaltılır. Bundan dolayı, $\Delta 6$ desaturasyonu, 24:4n-6 ve 24:5 n-3'ü içeren ikinci, ALA ve ya LIN içeren ilk aşamasında iki basamakta meydana gelirken, $\Delta 5$ desaturasyonu 20:3 n-6 ve 20:4 n-3'ü içeren aşamada bir basamakta meydana gelir (De Antueno vd., 2001; D'Andrea vd., 2002).

EPA, DHA ve daha az ölçüde de ARA uzun zincirli PUFA içinde kantitatif olarak baskın iken, özellikle sucül besin ağlarındaki lipitlerde yaygın bulunan n-3 ve n-6 uzun zincirli PUFA'leri beslenme açısından son derece önemli yağ asitleridir (Sargent vd., 1999; Izquierdo vd., 2000).

Kardiyovasküler hastalıkların, ontogenesis (özellikle nöral gelişim), "disfonksiyonel" davranışların (saldırganlık, canilik), aterosklerozun, sinirsel bozuklukların, potansiyel bazı kanserlerin yanında otoimmün hastalıkların etkilerini hafifletme ve önlemede hayvanlar üzerinde olumlu etkilere sahiptirler (Arts vd., 2001; Lauritzen vd., 2001; Broadhurts vd., 2002; Copeman vd., 2002; Simopoulos, 2004). Ayrıca, DHA'nın sağlık üzerinde ve omurgalı retina ve sinir dokularında önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (SanGiovanni ve Chew, 2005). Ayrıca, hayvansal hormonlarda öncü olarak görev yaparak, hücre zarı özelliklerini düzenleme de önemli rol oynarlar.

Akuakültür çalışmalarında, HUFA, PUFA'nın bir alt kümesi olarak, yüksek üreme oranı, hayatta kalma, büyüme oranının devamı için kritik öneme sahiptirler. HUFA, deniz ve tatlısu organizmalarının çok geniş varyetelerinde besin dönüşümünü yüksek oranda etkilerler. Zooplankton doğal fitoplanktonla beslendiğinde, fitoplanktonun HUFA (özellikle, EPA) içeriği ve herbivor zooplankton verimliliği arasında güçlü bir ilişki vardır. HUFA içeriği yüksek fitoplanktonun bulunduğu planktonik besin ağlarında, zooplankton biyomasının fitoplankton biyomasına göre oranı yüksekken, fitoplanktonun HUFA içeriği düşük olan sistemlerde zooplankton biyoması da düşüktür. Bir de, birçok ılıman gölde, planktonun mevsimsel değişimi, fitoplanktonun HUFA içeriğine bağlı olarak takip edilir. Zooplanktonun grazingi, fitoplanktonda HUFA'ca zengin türler baskın olduğunda, daha yoğun olarak gerçekleşir. HUFA, zooplankton türlerinde anahtar besin bileşenidir ve ikincil üretim ve pelajik besin zincirinde trofik seviyelerin gücünü belirleyen bitki-hayvan etkileşiminde enerji etkisini belirleyebilir (Michael vd., 1997).

1.2. Çalışmanın Önemi ve Önceki Çalışmalar

Deniz organizmalarında lipit kompozisyonu çalışmaları 1815 yılında M.E. Chevreul ile başlamıştır. Chevreull bu çalışmasında, Kaşalot Balığı kullanmıştır. 1935’de de Lovern ile, zooplanktonun yağ asiti analizi çalışmaları başlamıştır. Lovern aynı ortamdan yakalanan balıklar ile deniz kalanoid kopepodu, *Calanus finmarchicus* ile tatlı su zooplankterleri *Cyclops strenuous*, *Daphnia galeata* ve *Diaptomus gracilis* deki yağ asitlerini karşılaştırmıştır.

Ackman ve Eaton (1966), Kuzey Atlantik’de fin balinasının yağ asiti kompozisyonunu etkileyen, *Meganyctiphanes norvegica* da en fazla olan yağ asitlerini araştırmıştır. Macaristan’ın Balaton Gölü’nden aldığı zooplankton örneklerinde, 1958 de Farkas, zooplankton lipitlerinin erime noktasının daima ortam sıcaklığından daha düşük olduğunu gözlemlemiştir. Aynı zamanda sıcaklığın azalması ile birlikte EPA özellikle de DHA oranının arttığını bulmuştur. Ayrıca Farkas ve Heredok (1964), kopepodların ağırlıklı olarak DHA biriktirirken, kladoserlerin özellikle EPA biriktirdiklerini ilk bulan kişilerdir. Dünya genelinde 1970’lere kadar savaşlardan dolayı önemli çalışmalar yapılamayıp bu yıllardan sonra kopepodların yağ asiti kompozisyonu üzerine yapılan çalışmalar önceki yıllara göre hızlanmıştır (Sargent ve Henderson, 1986). Deniz zooplanktonunun yağ asiti kompozisyonuna çevresel faktörlerin etkisini araştıran ilk araştırmacı da Farkas’dır. Farkas (1970) *Acartia* spp. üzerine mevsimsel etkilerine (su sıcaklığında ve fitoplankton komminitesindeki değişimler) odaklanmıştır.

Jerries (1970), kış ve bahar süresince, *Acartia*’ da tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) içeriğinin yaz ve sonbahardan daha yüksek, yaz ve sonbaharda da doyuş yağ asiti (SFA) içeriklerinin daha yüksek olduğunu vurgulamıştır.

Lee vd. (1972), *Calanus helgolandicus*’ un, Lee, Nevenzel ve Lewis (1974) *Euchaeta japonica*’nın farklı gelişim aşamalarında yağ içeriğindeki değişimini çalışmışlardır.

Kattner ve Krause (1989), Kuzey Denizi’ndeki kalanoid kopepodlarda wax esterleri, yağ asitleri ve alkolleri içeren lipitlerin mevsimsel değişimini incelemiştir. Kopepodit aşamasındaki dişilerde toplam yağdaki wax esteri oranının geniş bir aralıkta (% 2.6-79) değişim gösterdiği gözlemlenmiştir. *Calanus*’un farklı gelişim aşamalarında ve farklı mevsimlerde PUFA 22:6 ve 20:5, SFA 16:0 ve 14:0 en baskın yağ asitleri olduğu belirlenmiştir. En önemli alkol gruplarının da 22:1 ve 16:0 olduğu tespit edilmiştir.

Biyokimyasal kompozisyondaki farklılıkların besin kalite ve miktarına, ortamdaki besin kompozisyonuna ve çevresel koşullara bağlı olarak değiştiğini vurgulamışlardır.

Peterson vd. (1989), alt Arktik bölgede zooplanktonun lipit kompozisyonunu araştırmışlardır. *Calanus finmarchicus*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*, *Parathemisto abyssorum* ve *Sagitta* sp. türleri üzerinde araştırma yapılmıştır. *Sagitta* sp. dışındaki türlerde wax esterleri oranı yüksekken çıkarken, *Sagitta* sp.'de trigliserol ve wax esterleri miktarının düşük olduğu tespit edilmiştir. Wax esterindeki en yüksek oran *C. finmarchicus* (% 88) ve *M. longa* (% 84) türlerinde sonbahar sonunda, en düşük ise erken ilkbaharda (sırasıyla; % 85 ve % 27) belirlenmiştir.

Hagen ve Schnack-Schiel (1996), Yoğun olarak bulunan dört Antarktik *Calanus* kopepod türünde mevsimsel lipit dinamiklerini kış ortası, kış sonu erken ilkbahar, sonbahar ve yaz mevsimlerinde araştırmışlardır. Türler arasında, toplam lipit içeriği ile seksüel olgunluğun bazı genel benzerlikler gösterdiği, fakat aynı zamanda bu türlerin gelişim evreleri boyunca türler arasında önemli farklılıkların olduğu saptanmıştır. Dişilerde lipit azalımının, genellikle fitoplankton üretimi başlamadan önce gonad oluşmasıyla örtüştüğünü ortaya koymuşlardır.

Albers vd. (1996), Antarktik ve Arktik kopepodlarının trigliserol, wax esterleri ve fosfolipit kompozisyonunu, enerji adaptasyonlarının kanıtı olarak çalışmışlardır. Herbivor türlerin wax esterlerinin uzun zincirli MUFA ve alkollerini 20:1 (n-9) ve 22:1 (n-11) tarafından karakterize edildiklerinde, omnivor ve karnivor türlerde 18:1 (n-9) yağ asitinin genellikle yüksek olduğu ve kısa zincirli doymuş yağ asitlerinin daha çok bulunduğu tespit edilmiştir. Fosfolipitlerin PUFA'ni özellikle de 22:6 (n-3), 20:5 (n-3) yüksek miktarlarda içerdiği gözlenmiştir.

Lavaniegos ve Lopez-Cortes (1997), Kaliforniya Körfezi, San Lorenzo Kanalı'nda, 1994'de dört mevsim boyunca, plankton topluluklarının yapısı ve nano-mikro zooplanktonun yağ asiti kompozisyonunu tanımlamışlardır. Planktonda dört yağ asitinin (16:0, 16:1, 18:0, 18:1) çok bariz bir şekilde bulunduğunu ve yağ asitlerinin % 30-80'ini oluşturduklarını gözlemlemişlerdir. Kışın yağ asiti içeriğinin daha yüksek olduğu ve 16:0 ve 16:1 yağ asitlerinin ılık aylardan daha yüksek miktarlarda olduğu gözlenmiştir. Stearik asit (18:0)'in sonbaharda, 20:5'in Ocak ayı süresince, 16:4'ün de Nisan ayında pik yaptığı vurgulanmıştır. Tür olarak ayrılan kopepodlarla toplu olarak yağ asitleri bakılan kopepod türlerinin yağ asiti profillerinde benzer farklılıkların olduğu, sadece PUFA içeriğinde çok az farklılıkların olduğu bulunmuştur.

Nanton ve Castell (1999), deniz balık larvalarının besini olan, harpoptikoid kopepodların (*Amonardia* sp., *Tisbe* sp.) yağ asiti kompozisyonlarında yağ asiti diyetleri (Algal besin: *Dunaliella tertiolecta* ve *Isochrysis galbana*) ve sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. Her iki zooplankton türünde de sıcaklığın n-3 esansiyel yağ asitleri (EFA) üzerinde benzer şekillerde etkili olduğunu ve n-3 HUFA konsantrasyonunun sıcaklık artışıyla azaldığını ortaya koymuşlardır. Zooplankton türlerinde EPA ve DHA sentezinin besinlerine bağlı olarak önemli oranda arttığı tespit edilmiştir.

Yuneva vd. (1999), Güney Karadeniz'in siklonik ve ansiklonik bölgelerinde dişi *Calanus euxinus*'un lipit kompozisyonunu ve lipit içeriğini çalışmışlardır. *Calanus euxinus*'un lipit içeriğinin siklonik bölgelerde ($101.9 \mu\text{g birey}^{-1}$) antisiklonik bölgelerden ($58.8 \mu\text{g birey}^{-1}$) daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Siklonik bölgelerin anti-siklonik bölgelere göre birincil üretime daha uygun olanlar olduğu ve bu durumda dişi *Calanus euxinus*'un lipit içeriğine olumlu katkıda bulunduğu vurgulanmıştır.

Troedsson vd. (2005), Pelajik appendicularian *Oikopleura dioica*'nın besin kalite ve miktarının yağ asiti kompozisyonundaki değişimine etkisini araştırmışlardır. Aynı besinle beslenen *O. dioica* dişi ve erkeklerinin farklı yağ asiti kompozisyonuna sahip olduklarını ve dişilerde EPA ve DHA miktarının daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Birincil üretimin besin kalitesinin, önemli bir değişiklik olmadan zooplanktona taşındığı ve zooplanktondaki bu bileşim de, onlar üzerinden beslenen predatörlere iletileceğini bildirmişlerdir.

Parrish vd. (2005), Conception Körfezi, Newfoundland'da soğuk okyanus kıyı ortamında ilkbahar diatom bloomları süresince sediment ve planktondaki yağ asiti ve lipit sınıflarını araştırmışlardır. Dip kısımlarda bloom boyunca PUFA'nın yüksek seviyede (% 33-35) olduğunu ve besin maddelerinin yüksek bir hızla taşındığına işaret etmişlerdir.

İşinibilir vd. (2007), Marmara Denizi Kumkapı Sahili'nden toplanan *Beroe ovata*'nın yağ asiti kompozisyonunu çalışmışlardır. Toplam lipit miktarı $0.98 \pm 0.05 \text{ mg/g}$ bulunmuştur. Toplam doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri oranı, sırasıyla % 35.78, % 14.11 ve % 37.09 ve DHA/EPA'da 0.42 olarak tespit edilmiştir.

Evjemo vd. (2008), deniz kopepodu *Temora longicornis*'in yumurta üretimi ve kuluçka başarısı üzerine esansiyel besin yağ asitlerinin etkisini Nisan ortasından Ekim sonuna kadar üç sezon (2002, 2003 ve 2004) boyunca araştırmışlardır. Besin konsantrasyonu ile yumurta üretimi arasında bir ilişkinin olmadığını ama sıcaklıkla pozitif bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuşlardır. Besinlerdeki DHA içeriğinin yumurta üretimi

ile önemli derecede ilişkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Maksimum yumurtadan çıkışın ARA içeriğinin % < % 0.15 ve DHA/ARA >50 olduğunda gerçekleştiğini ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak ARA'nın yumurtadan çıkışı, EPA'nın da yumurta üretimini önemli derecede etkilediğini gözlemlemişlerdir.

Rossi vd. (2008), Kuzeybatı Atlantik'de farklı iki istasyonda crustacean zooplankton, seston arasındaki trofik bağlantılar ve işaretler olarak yağ asitlerinin rolünü çalışmışlardır. Her iki istasyonda da sestonun özellikle doymuş yağ asitlerinden oluştuğunu tespit etmişlerdir. Fitoplanktonun daha yüksek trofik seviyelere ve ya sestonun yağ asiti kompozisyonuna katkı sağlamadığı vurgulanmıştır. Sadece dört yağ asiti (14:0, 16:0, 16:1 n-7 ve 18:1 n-7) sestondan *Calanus finmarchicus* ve *Meganyctiphanes norvegica*'ya taşındığı, yine bu türlerden bir siphonphore olan *Nanomia cara*'ya yine bu dört yağ asitinin taşındığını bulmuşlardır. Sadece *M. norvegica*' da 18:1 n-9'un yüksek konsantrasyonlarda olduğu belirtilmiştir.

Mayor vd. (2009), Kuzey Atlantik'de ilkbahar bloomlarından önce dişi *Calanus finmarchicus* biyomasında yumurta üretimi ve karbon, nitrojen ve yağ asiti kayıplarının ilişkisini çalışmışlardır. Dişiler tarafından kullanılan karbonun % 80'den fazlasının yumurta üretimi için yeterli olmadığı gözlemlenmiştir. Deneye başlamadan önce yapılan yağ asiti analizleri depo rezervi olan 22:1 (n-11) ve 20:1 n-9 yağ asitlerinin yok denecek kadar az olması ve inkubasyon süresince yumurta üretimi için gerekli olan karbonu sağlamak için kullanılmadığı bu şekilde gösterilmiştir.

Tocher vd. (2010), Lepeophteirus genusuna ait parazitik caligid kopepodların lipit ve yağ kompozisyonunu çalışmışlardır. Temel yağ asitleri 22:6 n-3 (DHA) 18:1 n-9 ve 16:0 olarak saptanmıştır. 18:2 n-6 ve 18:3 n-3, miktarları yüksekken 20:5 n-3, 22:5 n-3 ve 18:0 miktarlarının daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Pepin vd. (2011), Kuzey Doğu Atlantik'de sonbahar sonu, *Calanus finmarchicus* CV (Kopepodit V) aşamasındaki bireylerinin besin farklılıklarına bağlı olarak, yağ kesesi hacmi ve yağ asiti kompozisyonunu araştırmışlardır. Farklı bölgelerden (kıyı, derin su, yüzey su tabakaları) toplanan kopepodlarda SFA, MUFA, PUFA ve Omega-3 yağ asitlerinin miktarında önemli farklılıkların olduğu ortaya konulmuştur. Yağ asiti işaretçileri olarak prymnesiophyte-dinophyte (18:1 ω 9, 18:4 ω 3 ve 22:6 ω 3) ve diatom (16:1 ω-7, 16:4 ω-1 ve 20:5 ω-3) arasında net bir ayırım olduğu gözlenmiştir. Kıyısız alan sularında besin girdisine de bağlı olarak, enerji rezervlerinin ve yağ asiti miktarının yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Parrish vd. (2012), *Tisbe furcata*, *Nitokra lacustris*, *Calanus finmarchicus* ve *Calanus glacialis*, laboratuvar ortamında seçilmiş fitoplankton türleri (*Isochrysis galbana*, *Tetraselmis sp.*, *Dunaliella tertiolecta*, *Thalassiosira pseudonana*, *Rhodomonas sp.*, *Rhodomonas lens* ve *Oxyrrhis marina*) ile beslenecek şekilde bir deney ortamı oluşturulmuştur. Farklı fitoplankton türleri ile beslenen kopepodlardaki yağ asiti kompozisyonu ve lipit sınıflarındaki değişim karşılaştırmışlardır. Kültüre alınmış türlerle beslenen *Calanus spp.* türlerinde PUFA değerlerindeki değişimin çok olduğu tespit edilmiştir.

Pond (2012), Okyanuslardaki zooplankton dağılımında lipitlerin rolünü araştırmıştır. Lipitlerin katı-sıvı faz geçişlerinin buoyancyyi düzenleyen bir faktör olduğu öne sürülerek, zooplanktonda lipitlerin rolüne yeni bir bakış açısı sunulmuştur. Bu faz geçişinin, optimum doymamışlık seviyesine sahip belirli lipitlerin seçilip birikimi yoluyla, fiziksel koşullarına da bağlı olarak zooplankton tarafından kontrol edildiği ortaya konulmuştur.

Trofik çalışmaların temel amacı, daha düşük trofik seviyelerden olan fitoplankton ve zooplanktondan daha yüksek trofik seviyeler olan karnivor balıklar, kuşlar ve memelilere geçen organik madde miktarını belirlemektir. Gelecekteki amaç da, besin zinciri etkileşimleriyle ilişkili olan, biyojeokimyasal döngüdeki bilgilerin artırılması olacaktır. Fitoplankton ve zooplanktonun daimi stoklarının büyüme ve üretim oranlarının yanı sıra besin ağı sayesinde maddenin akış yollarının da bilinmesi gerekir. Buna ek olarak, herbivor zooplanktonun vücut dokuları içinde fitoplankton tarafından sentezlenen organik maddenin etkili dönüşümünü de bilmek çok önemlidir. Özellikle son 30 yılda trofik işaretler olarak yağ asitleri çok önemsenmiştir.

Trofik işaretler olarak yağ asitleri, çoğunlukla besin parçalarının sindirimi ve beslenme tercihleri üzerindeki bilgiyi açığı çıkarmada kalitatif bir yol olarak kullanılırlar. Fakat, detaylı kalitatif biyokimyasal yöntemler kullanılarak organizmalar ve deniz besin zinciri içindeki lipit ve yağ asiti işaretlerini izleme çalışmaları azdır (Kattner, 2007).

Ülkemiz sularına özellikle de Karadeniz'e bakıldığında, zooplankton grup ve türlerinin yağ asiti kompozisyonunu ve bununla ilişkili olarak dağılımlarını aylık olarak değerlendiren bir çalışma literatürde bulunamamıştır. Karadeniz'de zooplankton ile ilgili çalışmalar daha çok tür belirleme ve mevcut türlerin dağılımı üzerine olmuştur. Yağ asiti ile ilgili ise, sadece, Yuneva vd., 1999 Karadeniz'in Kuzey kıyılarında siklonik ve antisiklonik bölgelerde, *Calanus euxinus*'un beslenme durumunu ortaya koymak için lipitlerdeki değişimi inceledikleri bir çalışma mevcuttur (Yuneva vd., 1999). Yapılan

çalışmalar daha çok ticari balıklarla (hamsi vb.) sınırlı kalmıştır. Tufan, 2011 ve Öksüz, 2010 avlanma sezonu boyunca, Karadeniz'in çeşitli alanlarında hamside yenilebilir kas dokuda, gonadlarda toplam yağ ve yağ asiti kompozisyonunu çalışmışlardır. Oysaki, bu balıkların temel yağ asiti kaynağını zooplanktonik türler oluşturur. Dolayısıyla, zooplanktonun yağ asiti kalitesi, balık etinin yağ asiti kalitesini de etkiler. Birbirini izleyen bu besin basamaklarında bu canlıların lipid miktarının ve mevsime bağlı olarak yağ asiti miktar ve çeşidindeki değişimin bilinmesi önemlidir. Çünkü, yağ asitleri fitoplankton-zooplankton-balık ve besin zincirinin en üst basamağındaki insana kadar aktarılan en önemli moleküller arasındadır. Bu aktarım da, karnivor balıkların temel besin maddelerinden olan zooplankton önemli bir fonksiyona sahiptir. Bu anlamda, doktora tezi olarak sunulan bu çalışma ile, hem besin zincirindeki enerji kayıplarının, hem de özellikle hamsi yağ asiti kompozisyonunda zooplanktonun rolünün ortaya konulması amaçlanmıştır. Ayrıca aynı dönemlerde zooplanktonun bolluk dağılımları da hesaplanarak, özellikle hamsi av sezonu süresince zooplankton türlerinin bolluklarındaki değişimlerin, hamsi yağ ve yağ asitlerinin şekillenmesine ne ölçüde katkı sağladıklarının ortaya konulması hedeflenmiştir. Bunların şekillenmesinde biyolojik ve fiziksel parametrelerin etkisi de zamansal ölçekte tartışılmıştır.

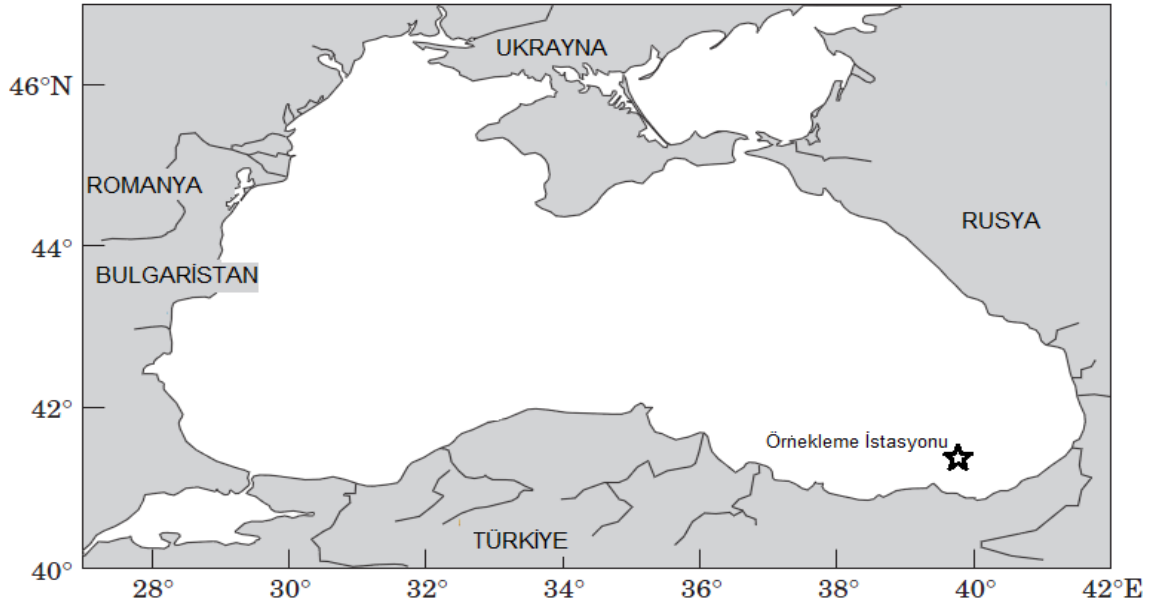
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Deniz Çalışmaları

Deniz çalışmalarında, KTU Deniz Bilimleri Fakültesine ait R/V YAKAMOZ araştırma botu kullanılmıştır. Zooplankton örnekleri, Doğu Karadeniz Sürmene Koyu'ndan Mart 2012-Şubat 2013 tarihlerini kapsayan bir yıl süre ile aylık olarak toplanmıştır. Sürmene Koyu'nda yer alan örnekleme istasyonu Şekil 9'da gösterilmiştir. Örneklemenin yapıldığı istasyon sahilden 3 deniz mili açıktadır ve 400 metre derinliğe sahiptir. Seçilen istasyonun coğrafik koordinatları $40^{\circ} 57' 12''$ N – $40^{\circ} 09' 30''$ E olarak belirlenmiştir. İstasyonun belirlenmesinde Exgolabur 7 GPS kullanılmıştır.

Bolluk ve yağ asiti kompozisyonu belirlemek amacı ile toplanan, zooplankton örnekleri, 110 cm ağız çapı ve 200µm göz açıklığındaki vertikal hensen tipi plankton kepçesi ile 130m derinlikten yüzeye kadar vertikal çekim yapılarak alınmıştır (Haris vd., 2000). Süzülen su miktarı Hydro-Bios marka dijital akım ölçer kullanılarak tespit edilmiştir.

Yüzey suyundan klorofil-a tayini için, Niskin tip örnekleme şişesiyle su örnekleri alınmıştır. Sıcaklık °C ve ‰ (ppt) tuzluluk değerlerini belirlemek amacıyla, Idranaut Ocean Seven 316 Plus CTD prop kullanılmıştır.



Şekil 7. Sürmene Koyu'nda örnekleme istasyonu

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.2.1. Klorofil-a Tayini

Klorofil-a tayini için su örnekleri belirlenen istasyondan yüzeyden alınmıştır. Klorofil-a herbivor zooplanktonların besinini oluşturan fitoplankton biyomasının bir göstergesi olarak kullanılmak amacıyla alınmıştır.

Deniz suyundaki Klorofil-a miktarının tayini için yüzey suyundan, 9 l su alma kapasiteli Niskin tip örnekleme şişesiyle deniz suyu örnekleri alınmıştır. Alınan su örneklerinden klorofil-a tayini yapılmıştır.

Klorofil yoğunluğuna bağlı olarak 1 veya 2 litre deniz suyu, 0.45 µm göz açıklığında sahip CGF filtrelerden süzölmüş, filtre kağıdının üzerinde asitleşmenin engellemesi amacıyla deniz suyuna süzme işlemine başlamadan önce birkaç damla Magnezyum Karbonat solüsyonu ilave edilmiştir. Süzme işlemi tamamlandıktan sonra filtre kağıtları katlanarak 15 ml' lik santrifüj tüplerine yerleştirilip, santrifüj tüplerine 10 ml % 90'lık aseton çözeltisi eklenmiş ve 24 saat buzdolabında (4°C) saklanarak klorofilin asetona geçmesi sağlanmıştır. Oda sıcaklığına getirilen örneklerin 750, 664, 647, 630 nm dalga boylarındaki absorbans değerleri okunmuştur. 664, 647, 630 nm'deki absorbans değerleri 750 nm'deki absorbans değerlerinden çıkartılarak, turbiditen kaynaklanan hatalı

okumalar engellenmeye çalışılmıştır. Pigment miktarları aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Parsons vd., 1984).

$$(\text{Chl-a}) \text{ Klorofil-a} = 11,85E_{664-1} + 54E_{647-0} + 08E_{630} \quad (1)$$

$$\text{Klorofil-a } (\mu\text{g l}^{-1}) = \text{Ca} \times v / V \quad (2)$$

Ca : Denklemden hesaplanarak düzeltilen değer

v : Kullanılan aseton miktarı (ml)

V : Süzülen deniz suyunun hacmi (l)

2.2.2. Zooplankton Örneklerinin Saklanması ve Sayılması

Plankton kepçesinden yıkanarak alınan örnekler sonu% konsantrasyonu % 4 olacak şekilde boraks tamponlu % 37'lik ticari formaldehit eklenmiştir (Warner ve Hays, 1994). Süzülen su hacmi kepçe ağzına takılan Hydro-Bios dijital flow metre vasıtasıyla ölçülmüştür. Süzülen su miktarına ait hesaplama şekli, tablo 1 de sunulmuştur.

Laboratuvar ortamına getirilen örnek kavanozlarının her biri sayım yapılacağı zaman homojen duruma getirildikten sonra, pipetle belirli hacimde (3 ml) örnek alınır. Kavanozdaki örneği homojen hale getirmek için, örnek çalkalanarak planktonun su içerisinde tamamen dağılması sağlanır. Çalkalama esnasında hep aynı yönde hareket ettirmemeye veya aynı yönde karıştırarak girdap oluşturmamaya dikkat edilmelidir. Aynı yönde karıştırıldığında ağır ve büyük formlar merkezde, hafif ve küçük olanlar kenarlarda toplanır. Sonuçta alınan birim örnek belirli grupları içereceğinden bulgular hatalı olur. Dikkat edilmesi gereken ikinci nokta organizmalar dibe çökmeden hemen birim örnek alınmalıdır (Özel, 1992). Tüm bu hususlar dikkate alınarak, alınan birim örnek petri kabına boşaltılarak sayım işlemi yapılır. 4 alt örnekleme yapılarak, tür tespiti ve bollukları belirlenir.

Türlerin tespiti, Olympus BH2 steriomikroskop altında 4x ve 10x büyütme kademelerinde objektifler kullanılarak yapılmış ve sayım işlemine geçilmiştir. Kopepod ve kladoser türlerinin genel anatomileri ile P₄, P₅, a₁, urosom gibi organların yapısı dikkate alınarak tür tayinleri yapılmıştır. Türlerin tespitinde Mauchline vd. (1998), Johnson ve Allen (2005)'den yararlanılmıştır.

Zooplankton örneklerinin bolluk değerleri metre küpte birey olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar için aşağıdaki çizelgede belirtilen formüllerden yararlanılmıştır (Mauchline vd., 1998; Haris vd., 2000)

Bireylerin bolluk değerlerinin hesaplamalarında aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Bireylerin bolluk değerlerinin hesaplamalarında kullanılan formüller

$B = C / V$	B: Bolluk (Abundance) (birey/m ³) C: Örneklemedeki toplam birey sayısı V: Süzülen toplam su hacmi
$V = \text{Flowmetre devir sayısı} \times 0,3 \times 3,14 \times r^2$	r: Kepçenin ağız açıklığının yarıçapı (m)

2.2.3. Zooplankton Lipit ve Yağ Asiti Analizi

Belirlenen istasyondan alınan zooplankton örnekleri o ayki örnek yoğunluğuna bağlı olarak Copepoda, *Sagitta Setosa*, *Noctiluca scintillans*, *Pleurobrachia pileus* olarak ayrılmıştır. Kopepoda grubundan *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Oithona similis* türleri ve nauplii aşamasındaki bireyler çok küçük olduğu için, yeterli örnek miktarı sağlanamadığından, yağ asitlerine toplu olarak, *Calanus Euxinus* türünün yağ asitleri de ayrı olarak değerlendirilmiştir. Gruplara ayrılan örnekler, yağ asiti analizine kadar NUAIIRE marka dondurucuda -80 °C'de yeterli örnek miktarı sağlanıncaya kadar bekletilmiştir.

Ayrılan zooplankton gruplarındaki toplam yağı belirlemek amacıyla gravimetrik metod (Folch vd., 1957) kullanılmıştır. Yaklaşık olarak 500-1000 mg yaş zooplankton örneği Denver TP-214 marka hassas terazi 0.001 mg hassasiyette tartılarak, kullanılacak örnek miktarının yağ ağırlığı belirlenmiştir. Örnek miktarına bağlı olarak 1000 mg örneğe 20 ml olacak şekilde kloroform:metanol (2:1) ilave edilmiştir. Örnekler 1-2 saat Wisd WiseStir MS-MP4 marka manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Karıştırılması sağlanan örnekler 1 gece buzdolabında bekletildikten sonra kaba filtre kağıdı ile süzölmüşürler. Bu işlemlerden sonra üzerine 1/5 oranında 0.9 N NaCl çözeltisi eklenmiştir. Çözelti eklendikten sonra fazlara ayrılması için bir gece buzdolabında bekletilmiştir. Ertesi gün 2. faz (supernatant kısmı) vakumlanarak alınmıştır. Kalan diğer faz, IKA- RV 06ML marka

evaporatör kullanılarak alınmıştır. Kloroform uçtuktan sonra kalan kuru lipit tartılarak toplam lipit 3 nolu formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam Lipit (\%)} = \frac{\text{Yaş zooplankton ağırlığı(WW)}}{\text{Kalan Kuru Lipit Ağırlığı(DW)}} \times 100 \quad (3)$$

Lipitler içinde bulunan yağ asitlerinin gaz kromatografik analizinin yapılabilmesi için polar olmayan uçucu ve kararlı yapıya sahip olan metil esterleri gibi türevlerine dönüştürülmesi gerekir. Bu işlem için, evaporasyondan sonra kurumuş lipit tabakasının üzerine 2 ml kloroform eklenmiştir. Bunun üzerine de metanolde hazırlanmış 0.21 N NaOH çözeltisinden 1 ml eklenmiş ve manyetik karıştırıcıda yaklaşık 2 saat reaksiyonun gerçekleşmesi için karıştırılmıştır. Bu işlemden sonra, üzerine de 0.5 N asetik asit çözeltisinden 0.5-0.7 ml ilave edilmiştir. Daha sonra örnekler, 1.5-2 saat buzdolabında bekletilmiştir. Örnekler buzdolabından alındıktan sonra iki faz oluşur. Supernatant kısmı vakumlanarak atılmıştır. Diğer kısım da evaporatöre alınarak, sadece kuru lipitin kalması sağlanmıştır. Kalan kuru lipit üzerine 2 ml hegzan ilave edildi (Kates, 1986). Örnekler 2 ml'lik ağzı kapaklı otosampler vialleri içine alınarak gaz kromatografisinde (GC) analiz edilmiştir.

Lipit ekstraktı içindeki yağ asitleri metil esterlerine dönüştürüldükten sonra SHIMADZU GC 17 marka gaz kromatografisi cihazı kullanılarak analiz edildi. Bu analiz için 25 m uzunluğunda, 0.25 µm iç çapında ve PERMABOND 25 mikron film kalınlığına sahip Machery-Nagel kapiller kolon kullanılmıştır.

Analiz sırasında kolon sıcaklığı 120-220 °C, enjeksiyon sıcaklığı 240 °C ve dedektör sıcaklığı 280 °C olarak belirlenmiştir. Kolon sıcaklık programı 120 °C 'den 220 °C 'ye kadar ayarlanmıştır. Sıcaklık artışı 200 °C'ye kadar 5 °C /dk ve 200 °C' den 220 °C' ye kadar 4 °C /dk olarak belirlenmiştir. 220 °C'de 8 dakika tutulmuş ve toplam süre 35 dk olarak belirlenmiştir. Taşıyıcı gaz olarak azot gazı kullanılmıştır. Analiz sırasında örneklere ait yağ asiti metil esterlerinin analizinden önce, standart yağ asiti metil esterlerine ait karışımı olan SupelcoTM 37 Component FAME Mix ve Morina Balığı'ndan Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü tarafından hazırlanan yağ asiti standardı enjekte edilerek, her bir yağ asitinin alıkonma süreleri belirlenmiştir. Bu işlemden sonra gerekli programlama yapılarak örneklere ait yağ asiti metil esterleri karışımlarının analizi yapılmıştır (Christie, 1990).

2.3. İstatistiki Analizler

Veriler, Office 2003 ve 2007 Excel, Grapher 9 programları kullanılarak düzenlenmiştir. Statistica 7 istatistik paket programı kullanılarak analizlere başlamadan önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanarak her bir parametrenin normal dağılım gösterip göstermediği test edilmiştir. Yapılan normalite testleri sonucunda parametrelerin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Korelasyon sonucuna göre ($p < 0.05$, $R^2 = 0.5-1$) aralarında en güçlü ilişki olan grupların regresyon grafikleri çizilerek, değişkenlerin birbirine olan etkileşimlerinin doğruluğu ortaya konulmuştur. Ayrıca, yağ asitlerinin ve yağ asiti çeşidine göre zooplankton türlerinin farklılıklarının belirlenebilmesi amacıyla % 95 güven aralığında Tukey homojen gruplar testi uygulanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Hidrografi

3.1.1. Sıcaklık ve Tuzluluk

Deniz suyu sıcaklığı ve tuzluluğunu belirlemek için, ölçümler CTD prob ile yüzeyden 100 m derinliğe kadar birer metre aralıklarla Mart 2012-Şubat 2013 tarihleri arasında aylık periyotlarda yapılmıştır.

Mart ayında su sıcaklığı örnekleme yapılan su kolonunda, 8.10- 8.84 °C arasında değişim göstermiştir. Ayrıca örnekleme periyodu boyunca en düşük yüzey suyu sıcaklığı (8.84 °C) karların erimeye başladığı Mart ayında ölçülmüştür. Mart ayında, dikey karışımlardan dolayı önemli bir değişim görülmemekle birlikte, su sıcaklığı, 100 m'lik su kolonunda genel olarak homojen haldedir. Aynı şekilde örnekleme yapılan su kolonunda tuzluluk da homojen dağılmış olup, 17.83-18.87 ppt arasında değişim göstermiştir (Şekil 8).

Nisan ayında sıcaklığın artmasıyla birlikte, yüzey suyu sıcaklığında (12.27 °C) artış görülmüştür ve mevsimsel termoklin oluşmaya (20 m) başlamıştır. 40 m derinliğin altında su sıcaklığı 6.8 °C 'ye düşmüştür. Karadeniz'de belirli dönemlerde gözlenen Soğuksu Ara Tabakası (CIL) Nisan ayında bölgede hakim olmuştur. Buna karşın, Nisan ayında yüzey suyu tuzluluğu 17.66 ppt olarak ölçülmüştür ve derinlik artışına paralel olarak da tuzluluk artarak 100 m'de 19.13 ppt' ye ulaşmıştır (Şekil 8).

Mayıs ayında yüzey suyu sıcaklığı 18.93 °C olarak belirlenirken, termoklin hızlı bir şekilde belirginleşerek, 20-40 m ara yüzeyine yerleşmiştir. Mayıs ayında yüzey suyu tuzluluğu 17.48 ppt olarak belirlenirken, 100 m derinlikte 19.25 ppt ye ulaşmıştır (Şekil 9).

Haziran ayında yüzey suyu sıcaklığı 21.22 °C olarak ölçülmüş ve 34 m' de termoklin alt yüzeyi gözlenmiştir. Haziran ayında ölçülen 17.14 ppt yüzey suyu tuzluluğu, çalışma dönemi boyunca belirlenen en düşük değerdir. Bu durum Haziran ayında artan nehir deşarjı ve yağış nedeniyle karadan tatlı su girdisinin fazlalığından kaynaklanmaktadır. Derinliğin artışına paralel olarak artan tuzluluk, 100 m derinlikte, 19.14 ppt'ye ulaşmıştır (Şekil 8).

Temmuz ayında yüzey suyu sıcaklığı 23.97 °C olarak ölçülmüş ve 30-40 m ara yüzeyinde keskin bir termoklin varlığı söz konusu olmuştur. Temmuz ayında yüzey suyu tuzluluğu 17.84 ppt olarak belirlenirken, 100 m derinlikte 19.53 ppt ye ulaşmıştır (Şekil 8).

Ağustos ayında yüzey suyu sıcaklığı 27.75 °C ile örnekleme dönemi boyunca ölçülen en yüksek değerken, 100 m derinlikteki 6.99 °C sıcaklık değeri de örnekleme dönemi boyunca bu derinlikte ölçülen en düşük değer olarak belirlenmiştir. Ağustos ayıyla birlikte termoklinin üst yüzeyi daha derinlere inerek, termoklinin üst yüzeyiyle sınırlanan (34-37 m) yüzey karışım tabakası net bir şekilde gözlenmiştir. Ağustos ayında yüzey suyu tuzluluğu 17.96 ppt olarak belirlenirken, 36-45 m arasında tuzluluk tabakalaşması görülmüştür. 100 m derinlikte ise tuzluluk değeri 18.70 ppt' ye ulaşmıştır. Ancak bu değer örnekleme dönemi boyunca 100 m derinlikte belirlenen en düşük tuzluluk değeri olarak ölçülmüştür (Şekil 8).

Eylül ayında yüzey suyu sıcaklığı 24.52 °C olarak belirlenirken, termoklin 27-40 m ara yüzeyine yerleşmiştir. Yüzey suyu tuzluluğu ise, 17.92 ppt olarak belirlenirken, 100 m derinlikte 19.35 ppt'ye ulaşmıştır (Şekil 8).

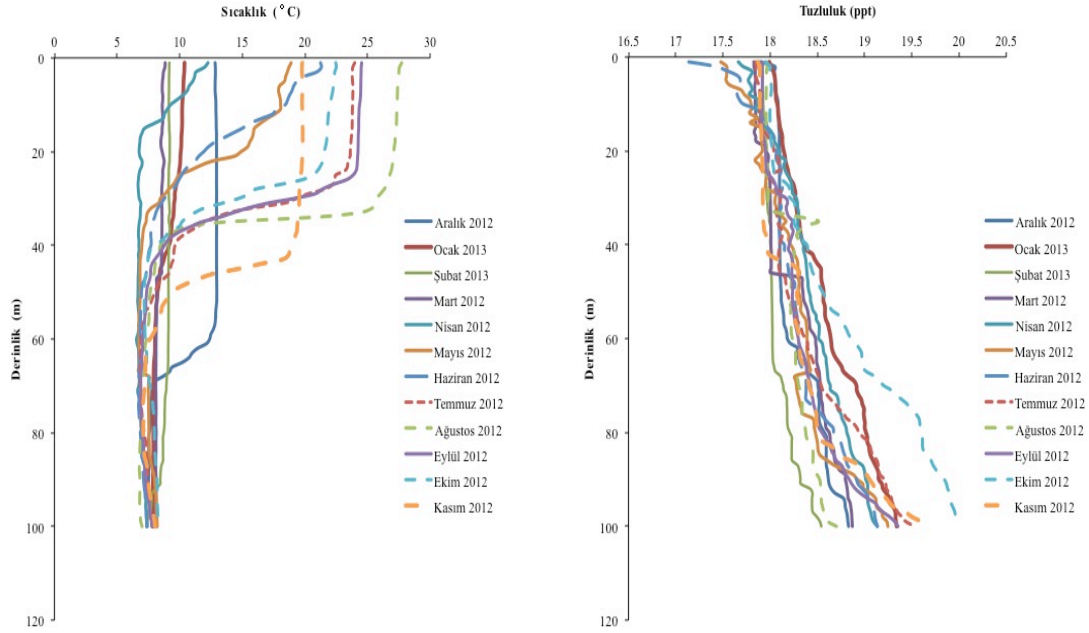
Ekim ayında yüzey suyu sıcaklığı 22.46 °C olarak belirlenirken, sıcaklık değişimi en fazla 26-42 m arasındaki su kolonunda gerçekleşmiştir. Ekim ayında yüzey suyu tuzluluğu 17.95 ppt iken, 100 m derinlikte ölçülen 20.01 ppt tuzluluk, çalışma dönemi boyunca belirlenen en yüksek değer olarak tespit edilmiştir (Şekil 8).

Kasım ayında yüzey suyu sıcaklığı 19.76 °C olarak ölçülmüş ve 45-51 m'lik dar bir aralıkta termoklin varlığı söz konusu olmuştur. Kasım ayında yüzey suyu tuzluluğu 17.87 ppt olarak ölçülmüştür. 44 m derinliğe kadar homojen bir şekilde değişim gösteren tuzluluk, 44 m derinlikte 18. 21 ppt'ye yükselmiştir ve derinlere doğru artmaya devam ederek 100 m derinlikte 19.65 ppt olarak ölçülmüştür (Şekil 8).

Aralık ayında yüzey suyu sıcaklığı kış mevsiminin girişi ile birlikte düşüş göstererek, 12.82 °C olarak belirlenmiştir. Aralık ayında termoklin tabakası daha derinlere inerek, 60-70 m aralığındaki su kolonunda gözlenmiştir. Bu derinlik aynı zamanda tuzluluk değişiminin de en fazla olduğu tabaka olarak belirlenirken, yüzeyde 17.89 ppt olan tuzluluk 100 m derinlikte 18.89 ppt'ye ulaşmıştır (Şekil 8).

Ocak ayında yüzey suyu sıcaklığı 10.39 °C ve 100 m derinlikteki sıcaklık 7.88 °C olarak belirlenmiştir. Ocak ayında gerek sıcaklıkta gerekse tuzlulukta, çok belirgin bir tabakalaşma görülmemiştir. Yüzeyde 17.996 ppt olan tuzluluk derinlere doğru artış göstererek, 100 m derinlikte 19.34 ppt'ye ulaşmıştır (Şekil 8).

Şubat ayında yüzey suyu sıcaklığı 7.41-9.21 °C arasında değişim göstererek, 100 m'lik su kolonunda homojen bir yapı sergilemiştir. Şubat ayında yüzeyde 17.996 ppt olan tuzluluk derinlere doğru artış göstererek, 100 m derinlikte 18.54 ppt ile örnekleme dönemi boyunca bu derinlikteki en düşük değerini almıştır (Şekil 8).

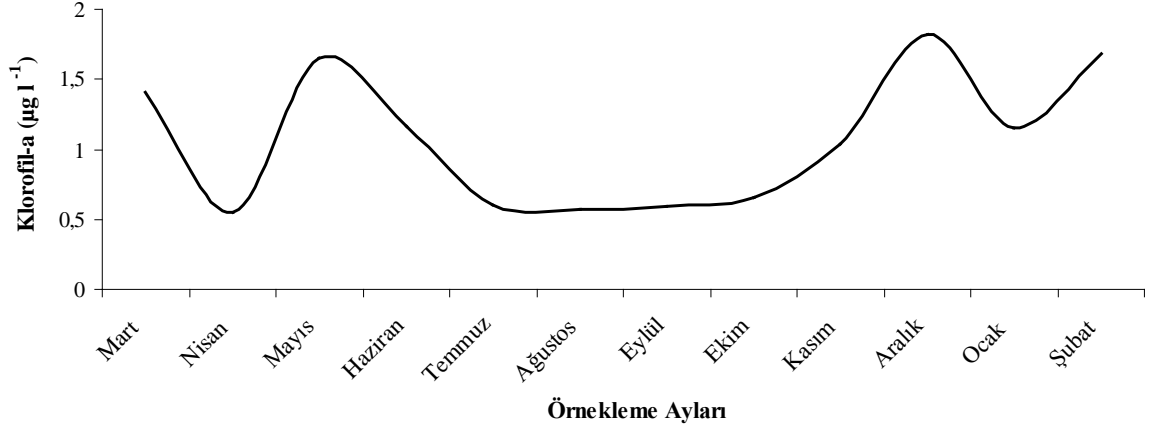


Şekil 8. Örnekleme dönemleri boyunca sıcaklık ve tuzluluğun derinliğe bağlı değişimi

3.2. Klorofil-a

Klorofil-a miktarını belirlemek için, su örnekleri yüzey tabakadan alınmıştır. Örnekleme Mart 2012-Şubat 2013 tarihleri arasında aylık periyotlarda yapılmıştır.

Örnekleme dönemlerinde, klorofil-a değerleri zamana bağlı değişimler göstermiştir. Klorofil-a değeri en düşük Nisan ayında, en yüksek Aralık ayında olmak üzere 0.55-1.81 $\mu\text{g l}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. Mart ayında 1.41 $\mu\text{g l}^{-1}$ olan klorofil-a değeri Nisan ayında hızlı bir düşüş göstermiş ve Mayıs ayında (1.65 $\mu\text{g l}^{-1}$) tekrar artmıştır. Haziran ayında 1.16 $\mu\text{g l}^{-1}$ olan klorofil-a değeri Temmuz ayından Kasım ayına kadar homojen bir yapı sergilemiştir. Kasım ayında artış göstererek, Sonbahar piki (1.03 $\mu\text{g l}^{-1}$) görülmüştür (Şekil 9).

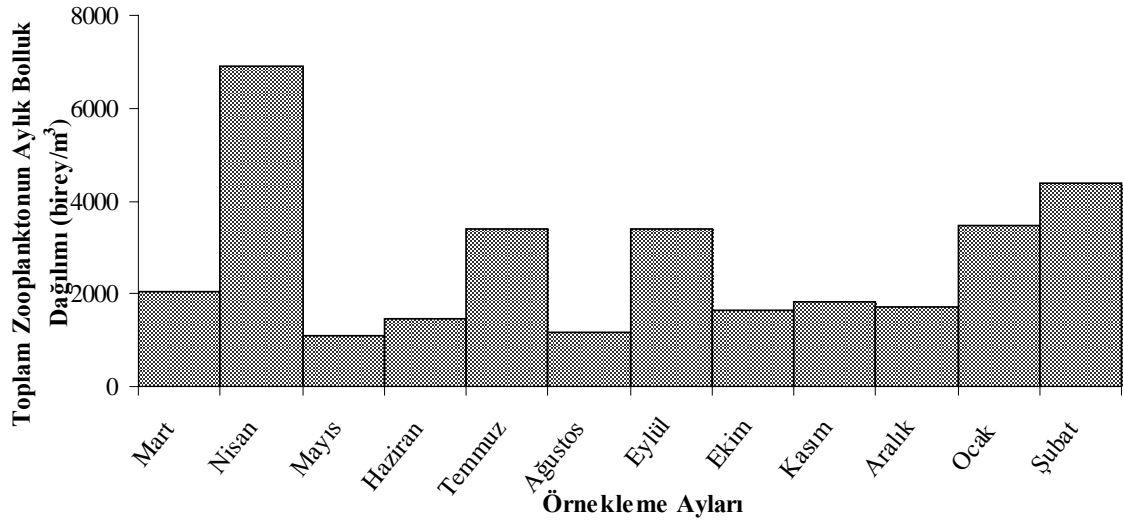


Şekil 9. Örnekleme dönemleri boyunca Klorofil-a'nın değişimi

3.3. Zooplankton Türlerinin Bolluk Dağılımı

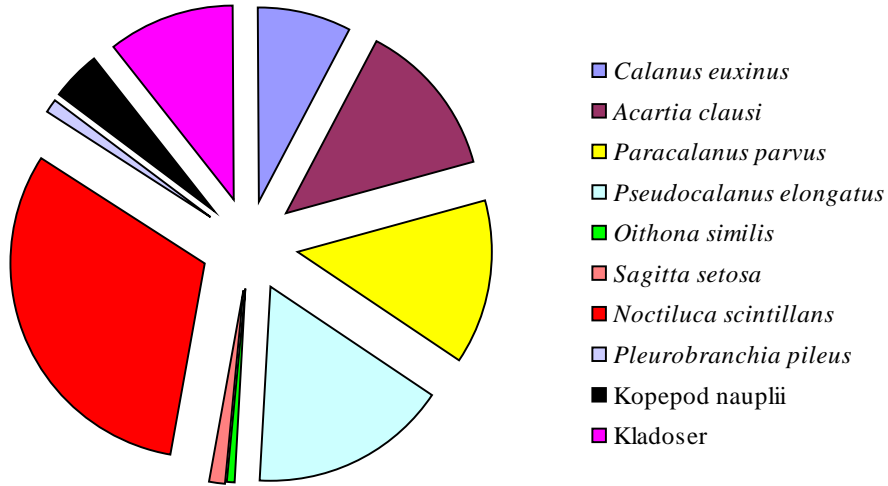
Zooplankton bolluğunu belirlemek için, örnekler 130m-yüzey tabakasından vertikal çekim yapılarak toplanmıştır. Örnekleme Mart 2012-Şubat 2013 tarihleri arasında aylık periyotlarda yapılmıştır.

Örnekleme dönemi boyunca, zooplanktonun en bol bulunduğu dönemin Nisan ayı (6889 birey/m³) olduğu belirlenmiştir. Bu dönemde *Noctiluca scintillans* % 74.1'lik oranla örnekleme dönemlerinde ve tüm türler içinde en yüksek bolluk değerine sahip olan türdür. Bu yüksek bolluk değeri de Nisan ayında maksimuma ulaşmıştır. Hemen her mevsim zooplankton bolluğunun yükseldiği bir dönem bulunmaktadır. Bu dönemler; ilkbahar da Nisan (6889 birey/m³), yazın Temmuz (3392 birey/m³), sonbaharda Eylül (3389 birey/m³) ve kışın Şubat (4399 birey/m³) aylarıdır (Şekil 10). Mesozooplanktonik türlere (Kopepod türleri, Kladoserler, *Noctiluca scintillans* ve *Sagitta setosa*) bakıldığında ise, Mart ayında bolluk miktarları değerlendirilen zooplankton türlerinin tamamını mesozooplanktonik türler oluştururken, ayrı olarak değerlendirilen *Pleurobrachia pileus* ise Nisan ayından itibaren görülmüştür. En yüksek bolluğa yıllık ortalama 773 birey/m³ değerle *Noctiluca scintillans*'ın sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 10. Örneklem yapılan döneme ait toplam zooplankton bolluk dağılımı (birey/m³)

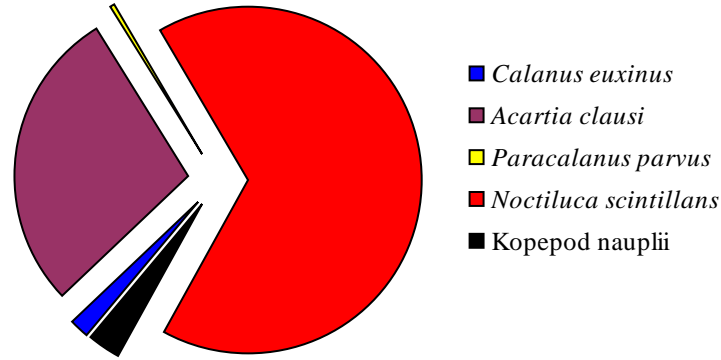
Zooplankton türlerinin yıllık ortalama bolluk değerleri incelendiğinde, ortalama en yüksek değere 774 birey /m³ ile *Noctiluca scintillan*'ın, en düşük bolluğa ise 13 birey/m³ ile *Oithona similis*'in sahip olduğu belirlenmiştir. Kopepodların tüm zooplankton içinde önemli bir yere sahip olduğu (1378 birey/m³; % 56) görülmüştür (Şekil 11).



Şekil 11. Örneklem yapılan döneme ait ortalama zooplankton bolluk dağılımı (%)

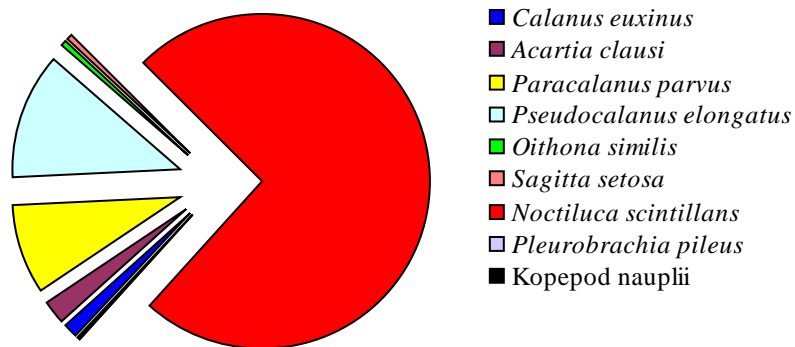
Örneklem yapılan diğer aylarla karşılaştırıldığında Mart ayı tür çeşitliliğinin en az olduğu ay olarak görülmektedir. Mart ayında % 66.24'lük bir oranla en yüksek bolluğa

Noctiluca scintillans (1358 birey/m³) ulaşmıştır. *Noctiluca scintillans*'ı % 28.1 ile *Acartia clausi* (576 birey/m³) izlemiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Mart 2012 zooplankton tür dağılımları (%)

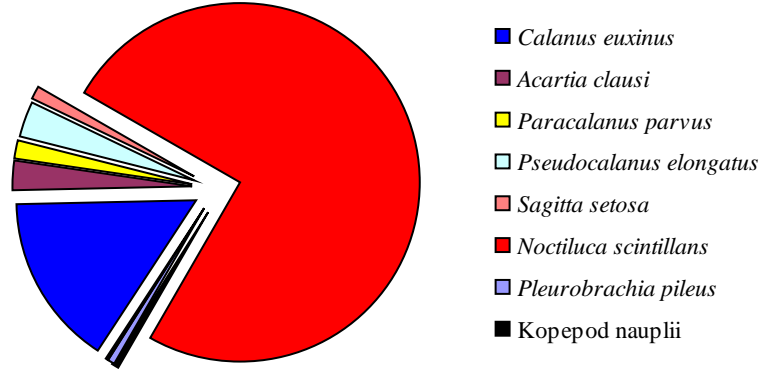
Nisan ayında % 74.1' lik bir oranla en yükek bolluğa *Noctiluca sicintillans* (5105 birey/m³) ulaşmıştır. *N. scintillans*'ı, % 12.09 ile *P. elongatus* (833 birey/m³), % 9 ile *P. parvus* (591 birey/m³) izlemiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Nisan 2012 zooplankton tür dağılımları (%)

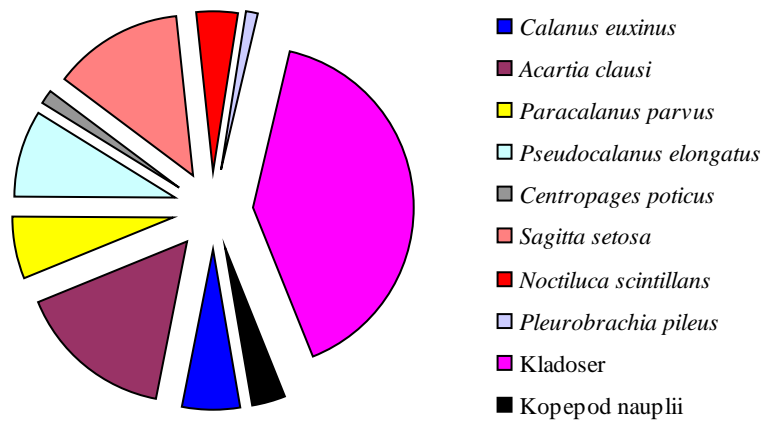
Mayıs ayında % 81.3 lü'k bir oranla *Noctiluca scintillans*'ın en yüksek bolluk değerine (882 birey/m³) ulaştığı belirlenmiştir. Mart ve Nisan ayına göre Mayıs ayında %

11.71'lik oranla *Calanus euxinus* bolluğu (127 birey /m³) artış göstererek en yüksek bolluğa ulaşan ikinci türü oluşturmuştur (Şekil 14).



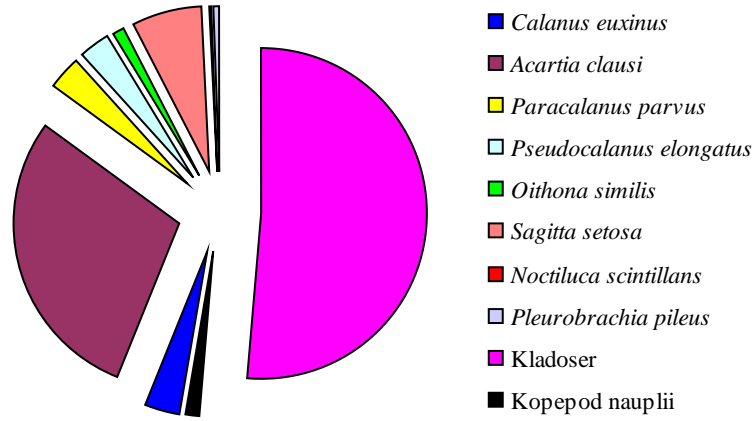
Şekil 14. Mayıs 2012 zooplankton tür dağılımları (%)

Haziran ayında türlerin bolluğunda değişim görülmektedir. Diğer üç ayda en yoğun tür olan *Noctiluca scintillans*'ın yerini % 41.38' lik oranla kladoserler (586 birey/m³) almıştır. *Noctiluca scintillans* % 4.04'lük bir orana (59 birey/m³) sahip olmuştur. Kladoserleri, % 15.32 ile *A. clausi* (224 birey/m³), % 13.06 ile *S. setosa* (191% m³) izlemiştir (Şekil 15).



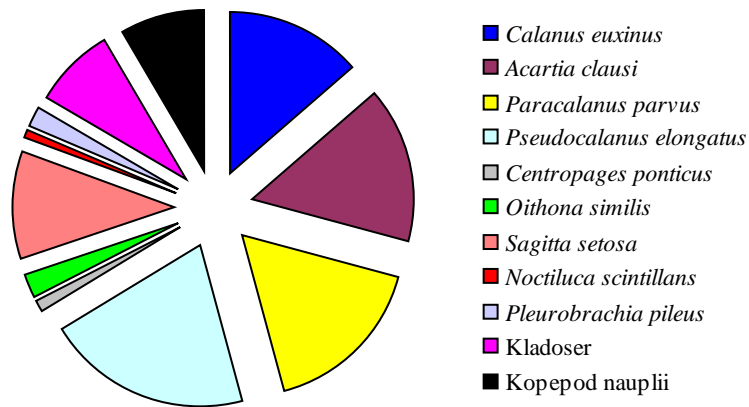
Şekil 15. Haziran 2012 zooplankton tür dağılımları (%)

Temmuz ayında kladoserler % 51.53'lük oranla en yüksek bolluğa (1748 birey/m³) ulaşmıştır. % 28,74' lük bir oranla *Acartia clausi* bolluğunda (975 birey/m³) da Haziran ayına göre artış tespit edilmiştir. *Sagitta setosa* bolluğu da (% 6.57) örnekleme yapılan diğer 4 aya göre en yüksek değerine (223 birey/m³) Temmuz ayında ulaşmıştır (Şekil 16).



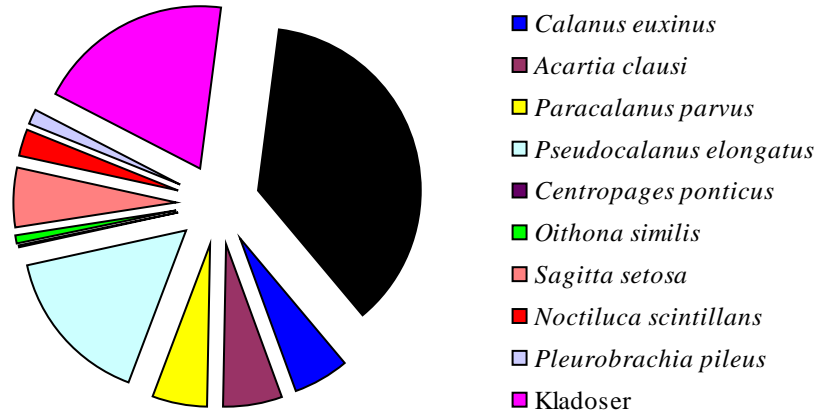
Şekil 16. Temmuz 2012 zooplankton tür dağılımları (%)

Ağustos ayında en yüksek bolluğa % 20.66'lık oranla *Pseudocalanus elongatus* (238 birey/m³) ulaşmıştır. Bu türü % 16.58 ile *Paracalanus parvus* (191 birey/m³), % 15.71 ile *Acartia clausi* (181 birey /m³), % 13.54 ile *Calanus euxinus* (156 birey/m³) izlemiştir. Haziran ayında en yoğun grubu oluşturan kladoserler (% 41) Ağustos ayında % 8.33' lük bir oranı oluşturmuştur (Şekil 17).



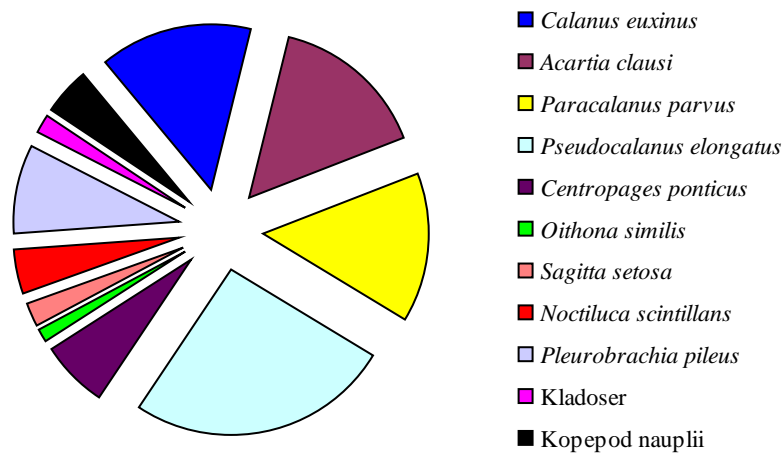
Şekil 17. Ağustos 2012 zooplankton tür dağılımları (%)

Eylül ayında diğer 6 aya göre, kopepod naupliide % 36.56 ile büyük bir artış görülmüştür. Kopepod nauplii Eylül ayının en yüksek bolluğa (1239 birey/m³) sahip grubunu oluşturmuştur. Kopepod naupliiyi, % 19.77 ile kladoser (670 birey /m³), % 15,76 ile *P. elongatus* (534 birey/m³) takip etmiştir (Şekil 18).



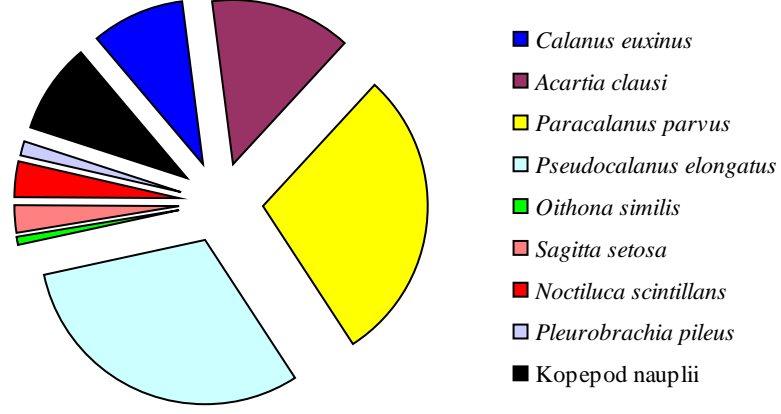
Şekil 18. Eylül 2012 zooplankton tür dağılımları (%)

Ekim ayında % 25.8'lik oranla en yüksek bolluğa *Pseudocalanus elongatus* (425 birey/m³) ulaşmıştır. Bu türü birbirine çok yakın değerlerle *Calanus euxinus* (% 15.12), *Acartia clausi* (% 15.12), *Paracalanus parvus* (% 14.39) türleri izlemiştir (Şekil 19).



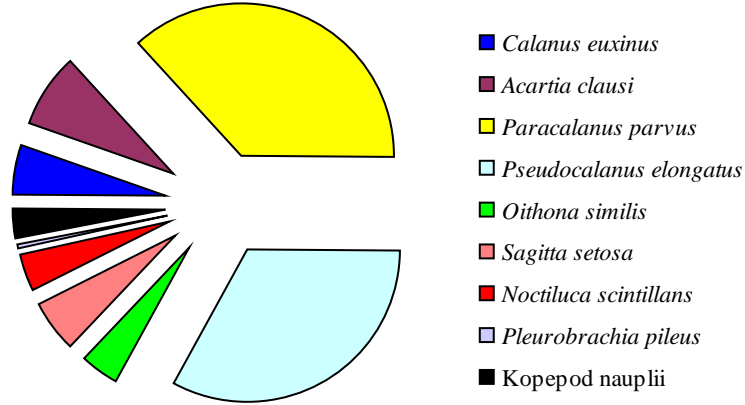
Şekil 19. Ekim 2012 zooplankton tür dağılımları (%)

Kasım ayında % 30.43' lük oranla en yüksek bolluğa *Pseudocalanus elongatus* (554 birey/m³) ulaşmıştır. Bu türü % 29.08' lik oranla *P. parvus* (528 birey/m³) ve % 13.77 ile *A. clausi* (250 birey/m³) takip etmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Kasım 2012 zooplankton tür dağılımları (%)

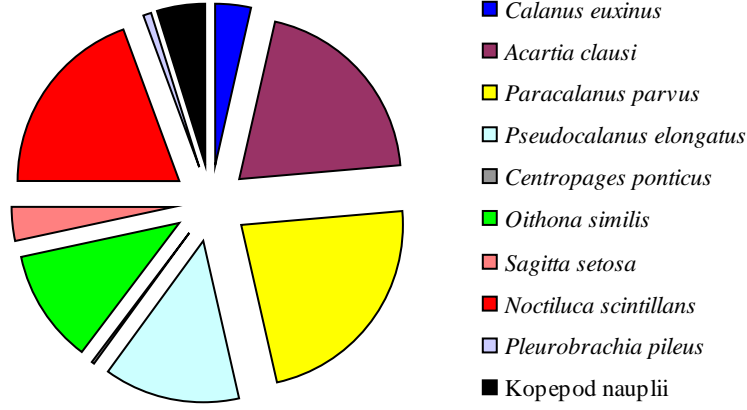
Aralık ayında % 36.94 lik oranla en yüksek bolluğa *P. parvus* (631 birey/m³) ulaşmıştır. Bu türü % 32.44' lük oranla *P. elongatus* (554 birey/m³) ve % 7.96 ile *A. clausi* (136 birey/m³) takip etmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Aralık 2012 zooplankton tür dağılımları (%)

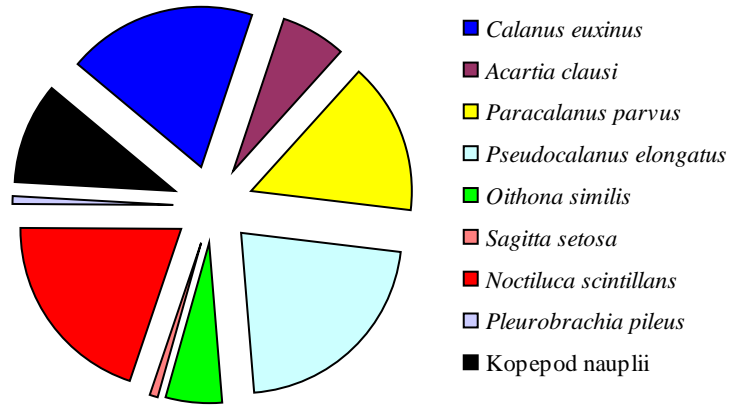
Ocak ayında % 22.85'lik oranla en yüksek bolluğa *P. parvus* (796 birey/m³) ulaşmıştır. Bu türü % 20.1'lik oranla *A. clausi* (700 birey/m³) ve % 19 ile *Noctiluca scintillans* (677 birey/m³) takip etmiştir. *N. scintillans* bolluğu Ocak ayından itibaren tekrar

artmaya başlamıştır. Ocak ayı, *Oithona similis*'in % 11.54'lük oranla en yoğun (402 birey/m³) olduğu dönem olarak belirlenmiştir (Şekil 22).



Şekil 22. Ocak 2013 zooplankton tür dağılımları (%)

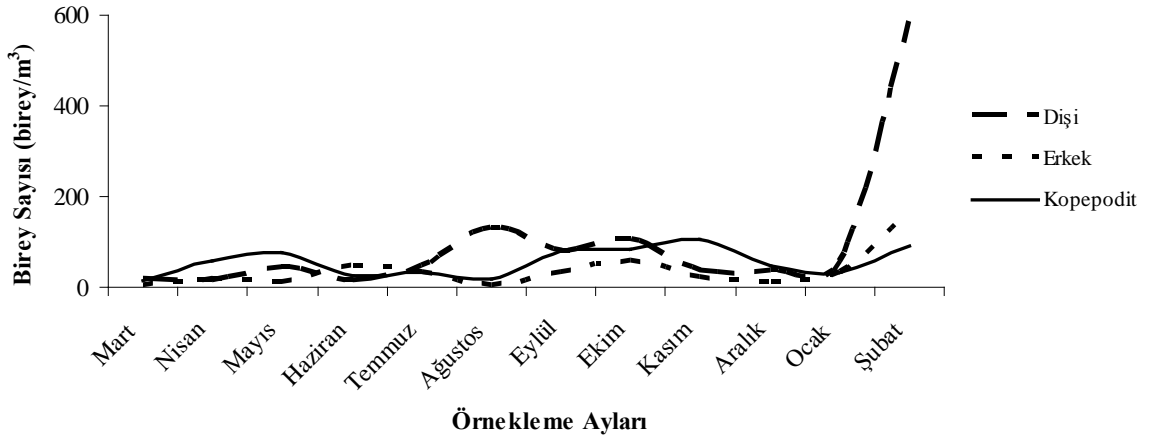
Şubat ayında % 21.69' luk oranla en yüksek bolluğa *P. elongatus* (954 birey/m³) ulaşmıştır. *P. elongatus*'u % 20.19 ile *N. scintillans* (888 birey/m³), % 19.25 ile *C. euxinus* (847 birey/m³) ve % 15.41 ile *P. parvus* (678 birey/m³) takip etmiştir. Şubat ayı *C. euxinus*'un en yoğun olduğu dönem olarak tespit edilmiştir (Şekil 23).



Şekil 23. Şubat 2013 zooplankton tür dağılımları (%)

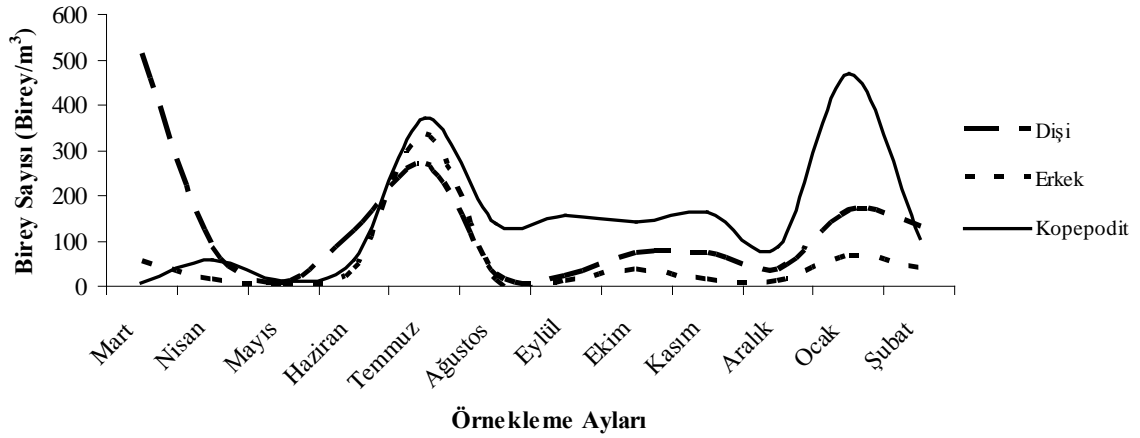
Örnekleme yapılan 12 ay süresince *Calanus euxinus* en yüksek bolluğa Şubat ayında (847 birey/m³) ulaşmıştır. Bu dönemdeki bireylerin % 69.9'unu dişi bireyler (587 birey/m³), % 19.95'ini erkek bireyler (169 birey/m³) ve % 10.74'ünü kopepoditler (91

birey/m³) oluşturmuştur. Dişi ve erkek bireyler de en yüksek bolluğa Şubat ayında ulaşırken, kopepoditlerin en yüksek bolluğa Kasım ayında (107 birey/m³) ulaştığı tespit edilmiştir. *Calanus euxinus*'da en düşük bolluk değeri ise, Mart ayında (37 birey/m³) tespit edilmiştir. Mart ayı aynı zamanda, erkek bireylerin (5 birey/m³) ve kopepoditlerin de (14 birey/m³) en düşük bolluğa sahip olduğu dönemdir. Haziran ayı, dişi bireylerin en düşük bolluk değerine (13 birey/m³) sahip olduğu dönem olmasının yanında, *Calanus euxinus* bolluğunun da en düşük değerini (87 birey/m³) aldığı ikinci dönem olarak belirlenmiştir (Şekil 24).



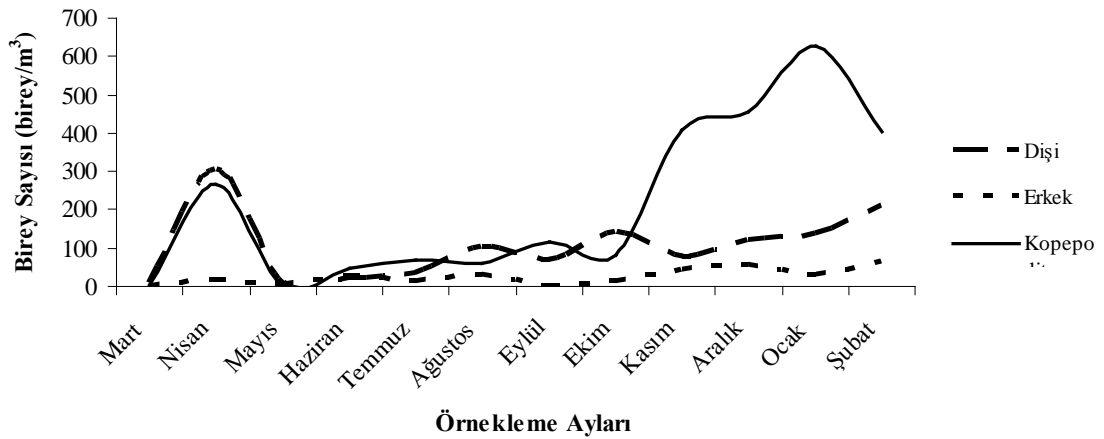
Şekil 24. *Calanus euxinus*'un aylık bolluk dağılımı (birey/m³)

Acartia clausi, en yüksek bolluk değerine Temmuz ayında ulaşmıştır. Bu dönemde kopepoditler % 37.95, erkek bireyler % 34.46 ve dişi bireyler %27.59'luk bir orana sahiptirler. *A. clausi* dişi bireyleri en yüksek bolluğa Mart ayında (514 birey/m³) erkek bireyleri ise Temmuz ayında (336 birey/m³) ulaşmıştır. Kopepoditler en yüksek bolluk değerine (468 birey/m³) Ocak ayında ulaşmışlardır. *Acartia clausi* bolluğunun (20 birey/m³) en düşük olduğu dönem olan Mayıs ayında, dişi birey bolluğu 6 birey/m³, erkek birey bolluğu 3 birey/m³, kopepodit bolluğu ise 11 birey/m³ olarak tespit edilmiştir (Şekil 25).



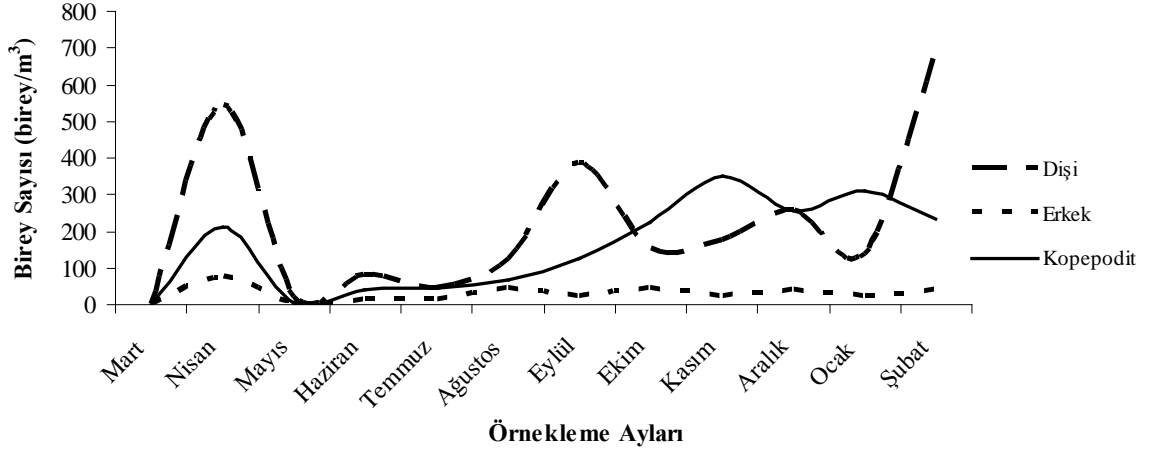
Şekil 25. *Acartia clausi*'nin aylık bolluk dağılımı (birey/m³)

Paracalanus parvus en yoğun Ocak ayında (796 birey/m³) görülmüştür. Ocak ayını 678 birey/m³ ile Şubat ayı takip etmiştir. Ocak ayında kopepodit bolluğu da (625 birey/m³) en yüksek değerine ulaşmıştır. Bu dönemde dişi birey bolluğu 139 birey/m³ ve erkek birey bolluğu 32 birey/m³ olarak belirlenmiştir. Erkek bireylerin en yüksek bolluğa (65 birey/m³) ulaştığı dönem ise Şubat ayıdır. *Paracalanus parvus*'un en düşük bolluk değerlerini aldığı dönemler olan Mart (9 birey/m³) ayında erkek bireyler ve Mayıs (14 birey/m³) ayında ise kopepoditlere rastlanmamıştır (Şekil 26).



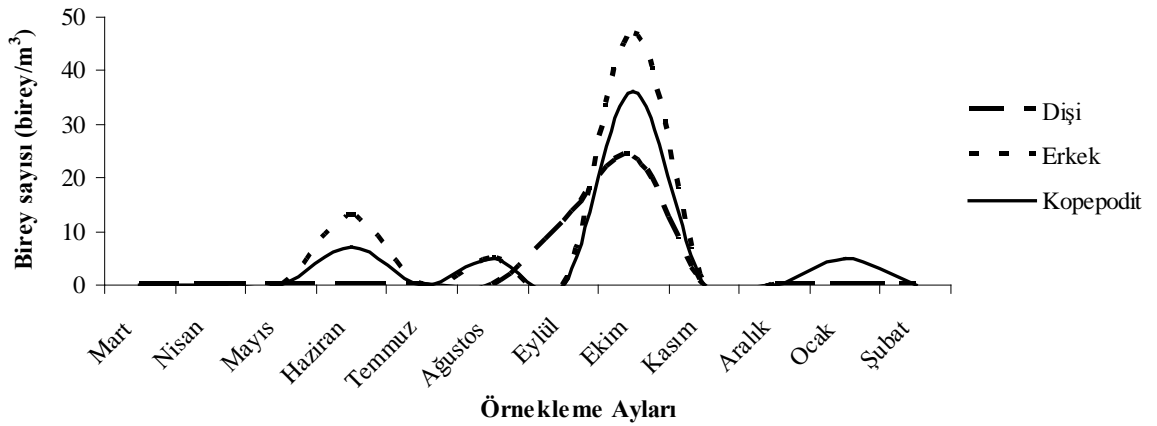
Şekil 26. *Paracalanus parvus*'un aylık bolluk dağılımı (birey/m³)

Pseudocalanus elongatus dişi bireyleri en yüksek bolluğa Şubat ayında (679 birey/m³) ulaşırken, erkek bireyleri en yüksek bolluğa Nisan ayında (77 birey/m³) ulaşmıştır. Şubat ayı aynı zamanda *Pseudocalanus elongatus* bolluğunun (954 birey/m³) da en yüksek olduğu dönemdir. Kopepodit bireyleri ise en yüksek bolluk değerine (352 birey/m³) Kasım ayında ulaşmıştır (Şekil 27).



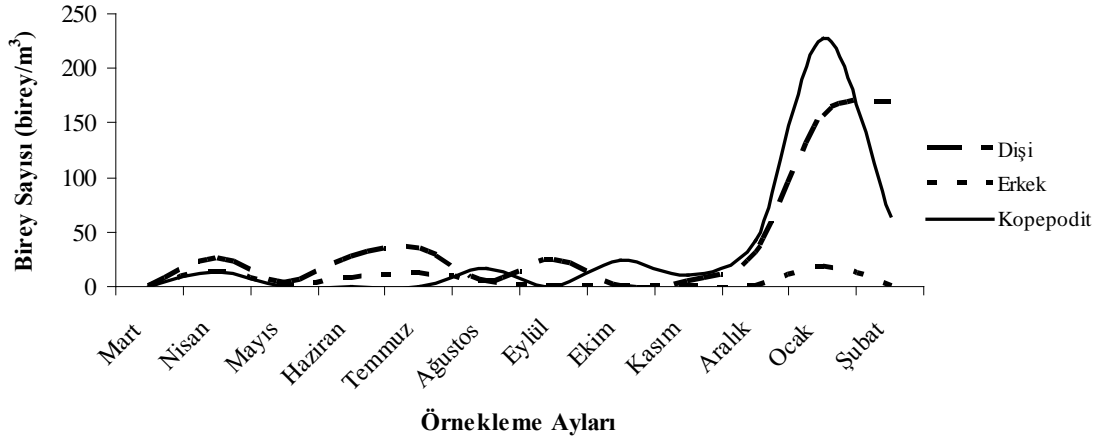
Şekil 27. *Pseudocalanus elongatus*'un aylık bolluk dağılımı (birey/m³)

Centropages ponticus bolluğunun en yüksek (107 birey/m³) olduğu dönem Ekim ayıdır. Ekim ayı aynı zamanda dişi (24 birey/m³), erkek (47 birey/m³) ve kopepoditlerin (36 birey/m³) de en yoğun olduğu dönem olarak belirlenmiştir (Şekil 28).



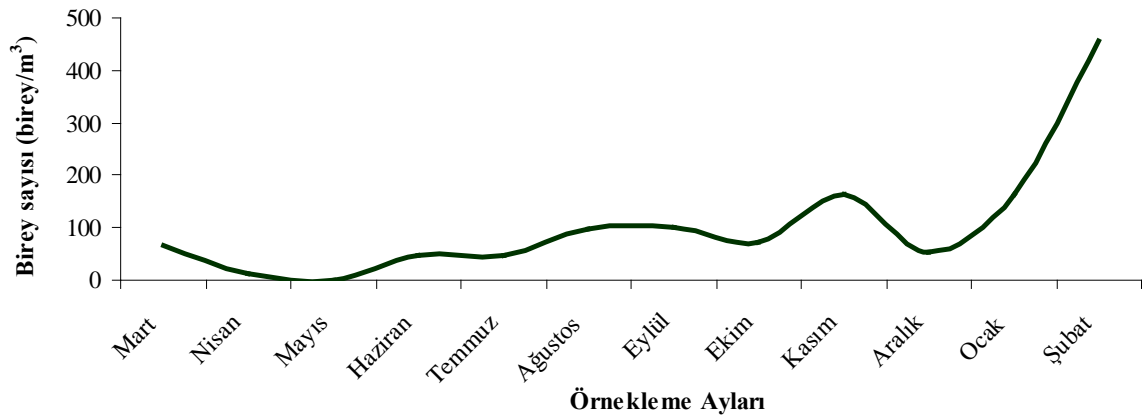
Şekil 28. *Centropages ponticus*'un aylık bolluk dağılımı (birey/m³)

Oithona similis en yüksek bolluğa (402 birey/m³) Ocak ayında ulaşmıştır. Ocak ayında dişi birey bolluğu 157 birey/m³, erkek birey bolluğu 18 birey/m³ ve kopepodit bolluğu 227 birey/m³ olarak belirlenmiştir. Bu dönem de, *O. similis* kopepoditlerinin ve erkek bireylerinin de en bol bulunduğu dönem olduğu görülmektedir. Dişi bireylerin ise en yüksek bolluk değerine 169 birey/m³ ile Şubat ayında ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 29).



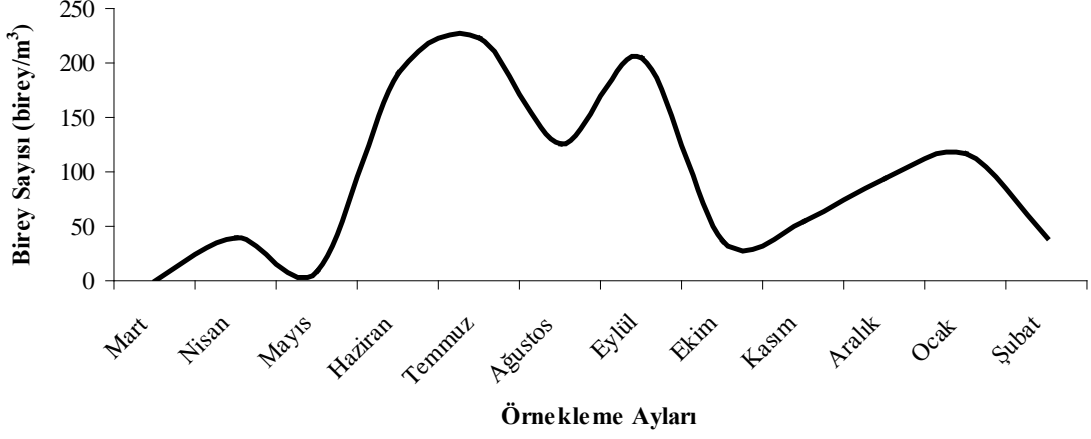
Şekil 29. *Oithona similis*'in aylık bolluk dağılımı (birey/m³)

Kopepod nauplii bolluğu en yüksek değerine (457 birey/m³) Şubat ayında ulaşmıştır. Şubat ayını eşit değerlerle Kasım ve Ocak ayları (162 birey/m³) takip etmiştir. Mayıs ayında ise kopepod naupliilerine rastlanmamıştır (Şekil 30).



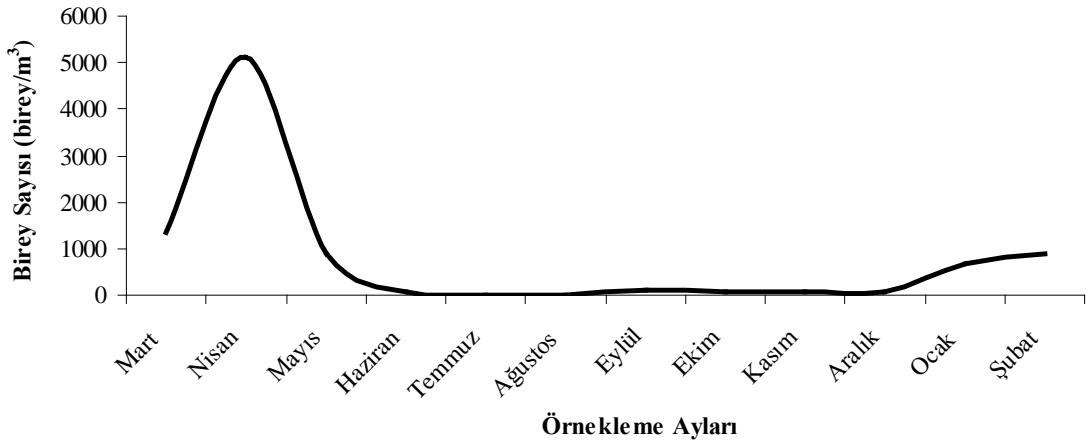
Şekil 30. Kopepod nauplii'nin aylık bolluk dağılımı (birey/m³)

Sagitta setosa'nın en yüksek bolluk değerine (223 birey/m³) Temmuz ayında ulaştığı tespit edilmiştir. Temmuz ayını 204 birey/m³ ile Eylül ayı takip ederken, Mart ayında, *Sagitta setosa* bireylerine rastlanmamıştır. (Şekil 31).



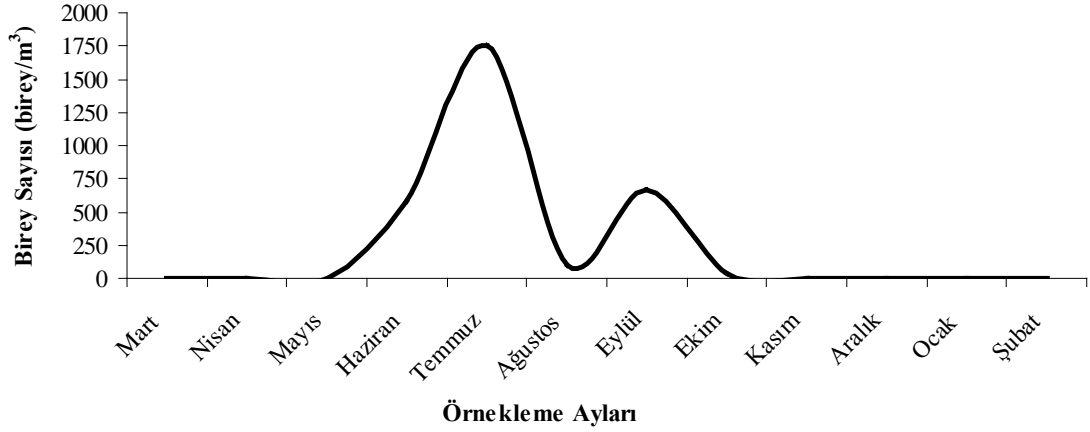
Şekil 31. *Sagitta setosa*'nın aylık bolluk dağılımı (birey/m³)

Noctiluca scintillans bolluğu bahar aylarında pik yapmasına, karşın yaz aylarında büyük bir oranda azalmış kış aylarında tekrar artmaya başlamıştır. *Noctiluca scintillans*'ın en yüksek bolluk değeri Nisan ayında (5105 birey/m³), en düşük bolluk değeri ise, Ağustos ayında (11 birey/m³) tespit edilmiştir (Şekil 32).



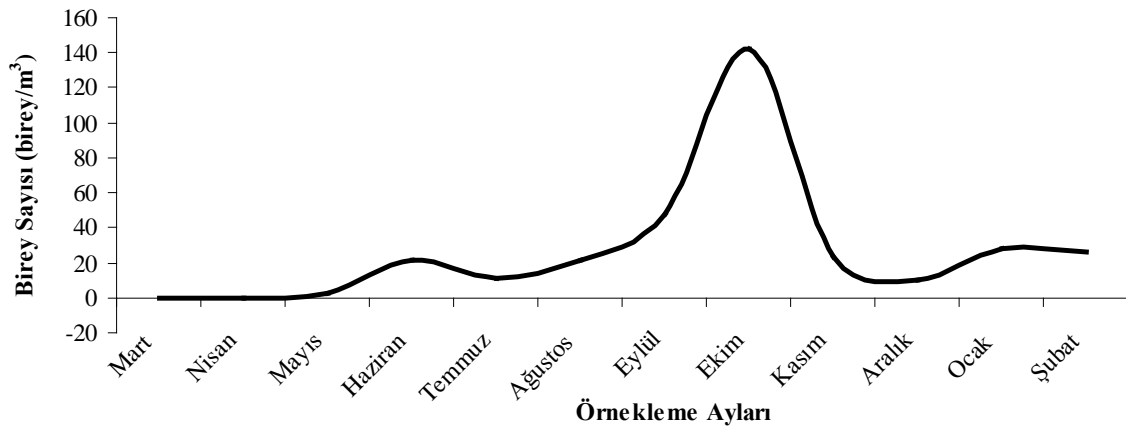
Şekil 32. *Noctiluca scintillans*'ın aylık bolluk dağılımı (birey/m³)

Kladoserler havaların ısınmasıyla birlikte Haziran ayından (586 birey/m^3) itibaren artmaya başlamış, en yüksek değerine (1748 birey/m^3) ise Temmuz ayında ulaşmıştır. Ekim ayından (36 birey/m^3) itibaren de tekrar azalmaya başlamış ve Kış aylarında ise görülmemiştir (Şekil 33).



Şekil 33. Kladoser grubunun aylık bolluk dağılımı (birey/m^3)

Pleurobranchia pileus en yüksek bolluğa (142 birey/m^3) Ekim ayında ulaşmıştır. Ekim ayını 48 birey/m^3 ile Eylül ayı izlemiştir (Şekil 35).



Şekil 34. *Pleurobranchia pileus*'un aylık bolluk dağılımı (birey/m^3)

Türlerin bolluk dağılımlarında, sadece *N. scintillas*'ın bolluk değeri ile sıcaklık arasında negatif yönlü kuvvetli bir ilişki bulunurken, diğer türlerde bir ilişki söz konusu olmamıştır ($p<0.05$) (Tablo 4).

Tablo 4. Türlerin bolluk değerleri ile klorofil-a, sıcaklık ve tuzluluk arasındaki Spearman Rank korelasyon sonuçları (*: Önem derecesi, $p<0.05$)

	Klorofil-a	Sıcaklık	Tuzluluk
<i>C.euxinus</i>	-0,108772	0,448337	-0,042032
<i>A.clausii</i>	0,003503	-0,055944	0,321678
<i>P. parvus</i>	0,070175	-0,140105	0,168126
<i>P. elongatus</i>	-0,017513	-0,097902	0,020979
<i>C. ponticus</i>	-0,347619	0,233940	0,350910
<i>O. similis</i>	0,087719	-0,262697	0,098074
K. Nauplii	0,089474	0,182137	-0,070053
<i>S. setosa</i>	-0,350263	0,496503	0,118881
<i>N. scintillans</i>	0,200000	-0,812611*	0,059545
<i>P. pileus</i>	-0,121266	0,371932	0,312283
Kladoser	-0,523382	0,545860	0,210546

Türlerin aylık bolluk değerleri, türler arası ilişkileri incelendiğinde, gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçlarına göre, *P. pileus* ile Kopepod naupliileri ($r^2=0.71$), *C. euxinus* ($r^2=0.75$) ve *C. ponticus* ($r^2=0.665$) arasında, *P. elongatus* ile *P. parvus* ($r^2=0.844$), ve *O. similis* ($r^2=0.775$) arasında, *O. similis* ile *P. parvus* ($r^2=0.775$) arasında ve Kladoser ile *S. setosa* ($r^2=0.741$) arasında pozitif yönlü bir ilişki söz konusu iken, Kladoser ile *N. scintillans* ($r^2=-0.648$) ve *N. scintillans* ile *S. setosa* ($r^2=-0.697$) arasında negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 5).

Tablo 5. Zooplankton türlerinin bolluk değerleri arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçları (*: Önem derecesi $p < 0.05$)

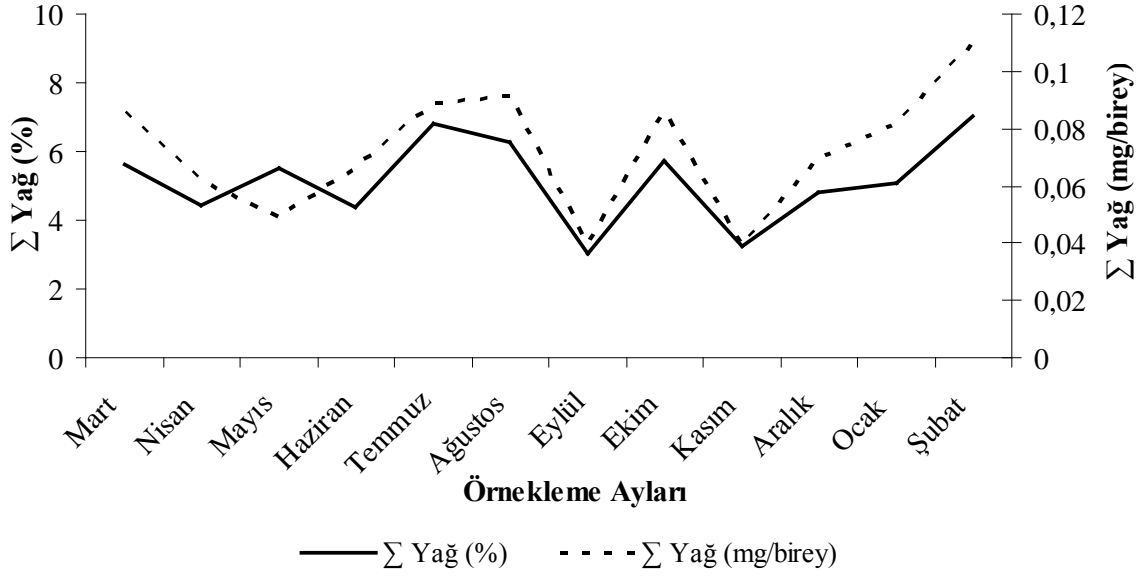
Türler	<i>C.euxinus</i>	<i>A.clausi</i>	<i>P. parvus</i>	<i>P. elongatus</i>	<i>C. ponticus</i>	<i>O. similis</i>	<i>K. Nauplii</i>	<i>S. setosa</i>	<i>N. scintillans</i>	<i>P. pileus</i>
<i>C.euxinus</i>	1,000									
<i>A.clausi</i>	0,032	1,000								
<i>P. parvus</i>	0,340	0,109	1,000							
<i>P. elongatus</i>	0,403	-0,161	0,844*	1,000						
<i>C. ponticus</i>	0,242	-0,023	-0,078	-0,140	1,000					
<i>O. similis</i>	0,014	0,161	0,775*	0,595*	-0,039	1,000				
<i>K. Nauplii</i>	0,604*	0,445	0,558	0,448	0,195	0,214	1,000			
<i>S. setosa</i>	0,025	0,196	0,074	0,063	0,328	0,392	0,133	1,000		
<i>N. scintillans</i>	-0,047	-0,042	0,126	0,214	-0,367	-0,028	-0,023	-0,697*	1,000	
<i>P. pileus</i>	0,750*	0,298	0,378	0,284	0,665*	0,176	0,710*	0,337	-0,257	1,000
Kladoser	0,086	0,155	-0,406	-0,328	0,574	-0,074	-0,125	0,741*	-0,648*	0,325

3.4. Zooplankton Türlerinin Toplam Yağ Miktarı ve Yağ Asiti Kompozisyonu

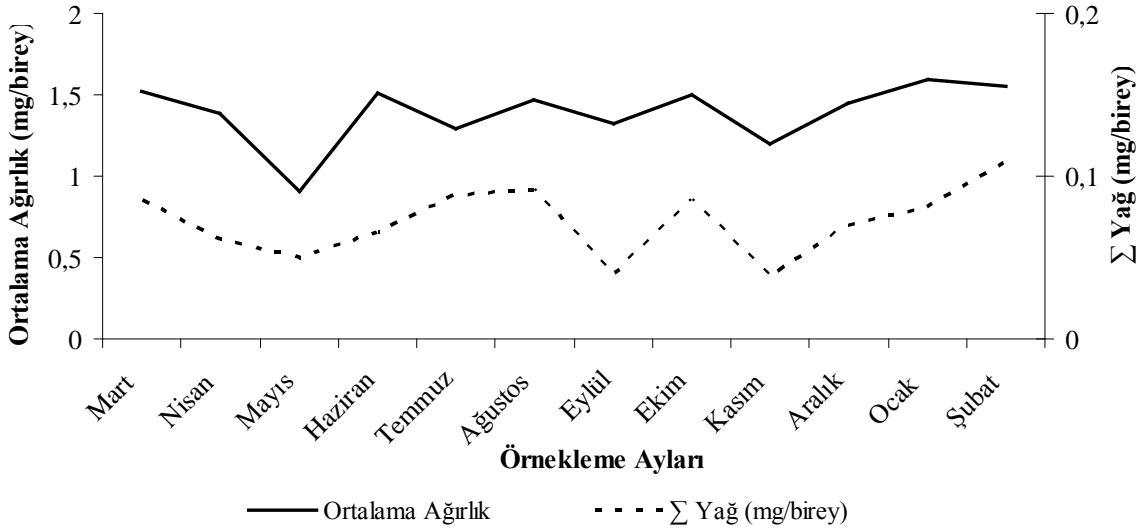
Zooplankton toplam yağ ve yağ asiti kompozisyonunu belirlemek için, zooplankton örnekleri 130 m-yüzey tabakasından vertikal çekim yapılarak toplanmıştır. Örneklemeler Mart 2012-Şubat 2013 tarihleri arasında aylık periyotlarda yapılmıştır. Aşağıda, zooplankton türlerinin örnekleme aylarına ait toplam yağ miktarı (Σ yağ), yağ ağırlıkta (WW) oransal (%) ve birey başına düşen miktar (mg ya da μ g/birey), toplam yağ asiti metil esterlerindeki (Σ FAME) yağ asiti kompozisyonu (% Σ FAME) ve birey başına ortalama ağırlık (mg ya da μ g/birey) verilmiştir.

3.4.1. *Calanus euxinus*'un Toplam Yağ Miktarı ve Yağ Asiti Kompozisyonu

Calanus euxinus'da toplam yağ (Σ Yağ), yağ ağırlıkta (wet weight; WW) % ve birey başına mg (mg/birey) olarak (Mart 2012- Şubat 2013) belirlenmiştir. Σ Yağ (%)'ın örnekleme dönemine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği, en yüksek olduğu dönemin % 7,0289 ile Şubat ayı, Şubat ayını % 6.8374 ile Temmuz ayının izlediği, en düşük olduğu dönemin ise, % 3.0233 ile Eylül ayı olduğu tespit edilmiştir. Σ Yağ (mg/birey)'in da Σ Yağ (%)'da olduğu gibi dönemsel farklılıklar gösterdiği, 0.1092 mg/birey ile Şubat ayının en yüksek değere, Mayıs ayının ise 0.0495 mg/birey ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 35). Birey başına ortalama ağırlığın ise, Ocak ayında 1.5989 mg/birey ile en yüksek değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Ocak ayını sırasıyla, 1.5550 mg/birey ile Şubat, 1.5213 mg/birey ile Mart, 1.5109 mg/birey ile Haziran ve 1.5001 mg/birey ile Ekim ayları izlemiştir. En düşük değerlere ise, 0.9012 mg/birey ile Mayıs, 1.1966 mg/birey ile Kasım ve 1.2947 mg/birey ile Temmuz aylarının sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 36).



Şekil 35. *Calanus euxinus*'un toplam yağ miktarının (Σ Yağ) (% ve mg/birey) aylık değişimi

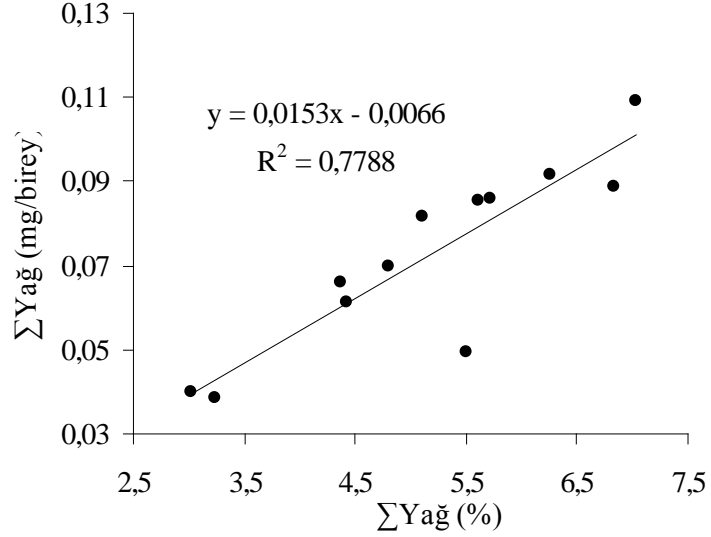


Şekil 36. *Calanus euxinus*'da Σ yağ miktarı (mg/birey) ve ortalama birey ağırlığının (mg/birey) aylık değişimi

Calanus euxinus'da birey başına ortalama ağırlığın (mg/birey) örnekleme dönemleri boyunca değişimi incelendiğinde, 8 homojen grup tespit edilmiştir. Birey başına ortalama ağırlığın zamana bağlı değişiminin önemli olduğu açıkça görülmektedir. Özellikle Mayıs, Kasım, Nisan, Şubat ve Ocak ayları kendi homojen grubu dışında hiçbir gruba dahil

Tablo 7. Σ Yağ (% , mg/birey) için, örnekleme dönemleri arasında gerçekleştirilen varyans analiz tablosu ($p < 0.05$)

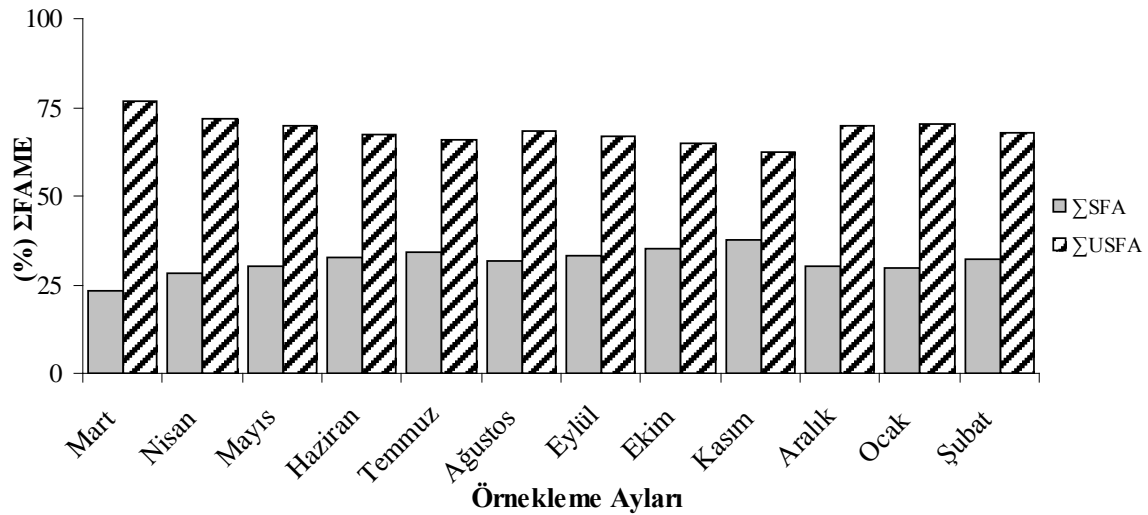
Aylar	Σ Yağ (%)	1	2	3	Aylar	Σ Yağ (mg/birey)	1	2	3	4	5
Eylül	3,0233		b		Kasım	0,0387				d	
Kasım	3,2392		bc	bc	Eylül	0,0398				de	de
Haziran	4,3705	abc	abc	abc	Mayıs	0,0495	ade			ade	ade
Nisan	4,4265	abc	abc	abc	Nisan	0,0615	ab	ab		abd	abde
Aralık	4,7996	abc	abc	abc	Haziran	0,066	abde	abde		abde	abde
Ocak	5,1037	abc	abc	abc	Aralık	0,0696	abcde	abcde	abcde	abcde	abcde
Mayıs	5,5003	abc	abc	abc	Ocak	0,0816	abce	abce	abce		abce
Mart	5,6103	abc	abc	abc	Mart	0,0853	abc	abc	abc		
Ekim	5,7166	abc	abc	abc	Ekim	0,0857	abc	abc	abc		
Ağustos	6,2617	ac		ac	Temmuz	0,0885	abc	abc	abc		
Temmuz	6,8374	a			Ağustos	0,0918		bc	bc		
Şubat	7,0289	a			Şubat	0,1092			c		



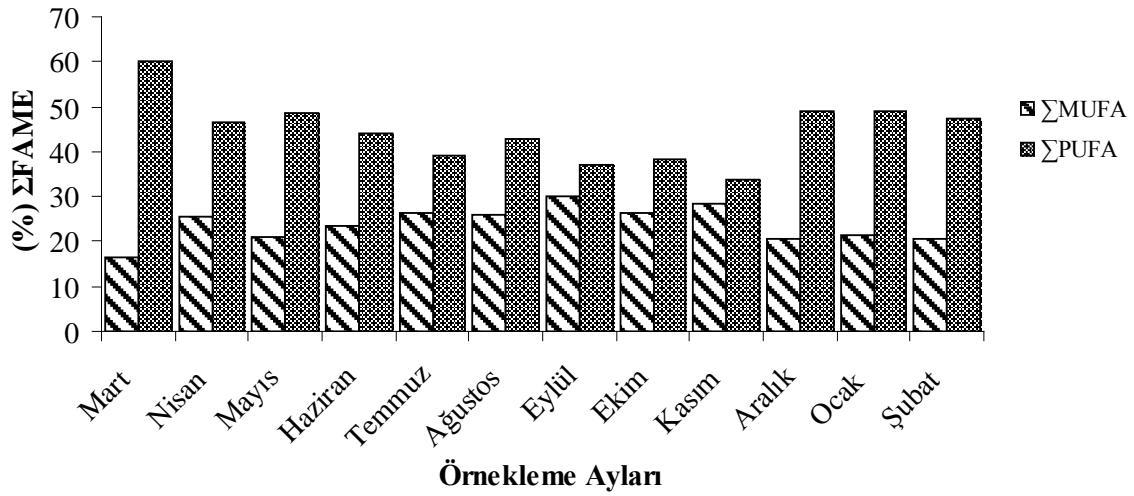
Şekil 37. Σ Yağ (%) ve Σ Yağ (mg/birey) arasındaki ilişki

Calanus euxinus'un toplam yağ asiti metil esterlerindeki (total fatty acid methyl esters; Σ FAME), doymuş yağ asitleri (Σ SFA), doymamış yağ asitleri (Σ USFA) içeriği 12 ay (Mart 2012- Şubat 2013) boyunca incelenmiştir.

Örnekleme dönemleri içinde, Σ SFA miktarının en yüksek olduğu ay % 37.6888 ile Kasım ayı, % 23.4260 ile en düşük olduğu dönem olan Mart ayı tek başına homojen bir grup oluşturarak, diğer aylar ile arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 8). Σ SFA'nın en düşük olduğu dönem olan Mart ayı, Σ USFA miktarının en yüksek (% 76.5740) olduğu dönem olarak tespit edilmiştir (Şekil 38). İstatistiki olarak da diğer aylarla tamamen farklılık göstermiştir ($p < 0.05$) (Tablo 10). Σ USFA'nin en düşük (% 62.3112) olduğu dönemin ise, Kasım ayı olduğu belirlenmiştir. Toplam tekli doymamış yağ asitlerinin (Σ MUFA) % 29.9347 ile en yüksek değeri Eylül ayında ve en düşük değeri % 16.4054 Mart ayında belirlenmiştir (Tablo 9). Toplam çoklu doymamış yağ asitleri (Σ PUFA) ise, en yüksek değerine % 60.1686 ile Mart ayında ulaşmıştır ve diğer aylardan tamamen farklılık göstermiştir ($p < 0.05$) (Şekil 39). Σ PUFA'nin en düşük değeri ise, % 33.9139 ile Kasım ayında tespit edilmiştir. (Tablo 10).

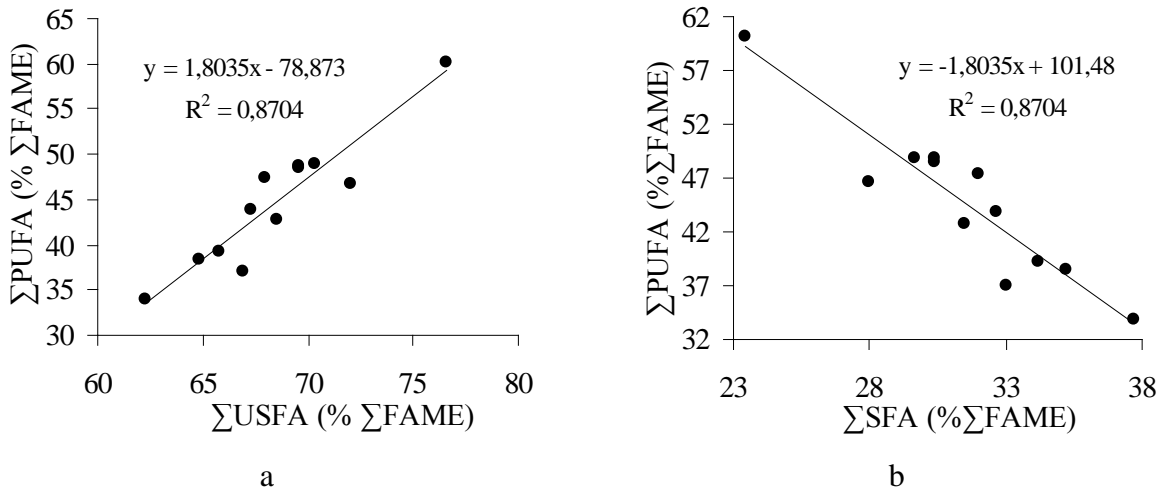


Şekil 38. *Calanus euxinus*'da Σ SFA ve Σ USFA'daki aylık değişimler (%)



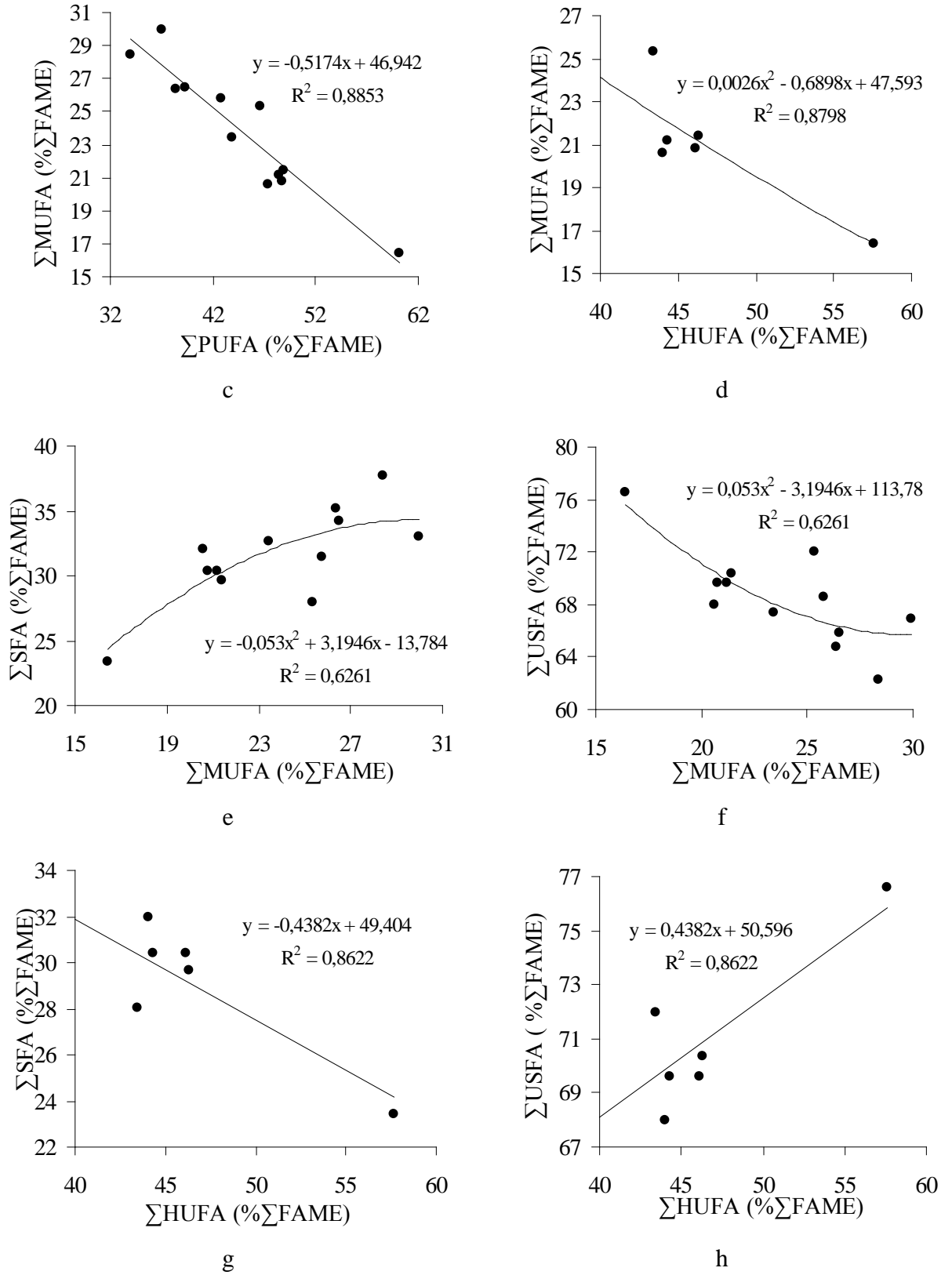
Şekil 39. *Calanus euxinus*'da ΣMUFA ve ΣPUFA'daki aylık değişimler (%)

İstatistiki açıdan, ΣPUFA ile ΣSFA ve ΣUSFA arasında eşit değerde doğrusal ($R^2=0.8704$), ΣHUFA ve ΣMUFA ($R^2=0.8798$) arasında polinomal, ΣPUFA ve ΣMUFA arasında doğrusal ($R^2=0.885$), ΣMUFA ile ΣSFA ve ΣUSFA arasında ise eşit değerde polinomal ($R^2=0.6258$) ve ΣHUFA ile ΣSFA ve ΣUSFA arasında eşit değerde doğrusal ($R^2=0.8622$) bir ilişki olduğu görülmüştür (Şekil 40).

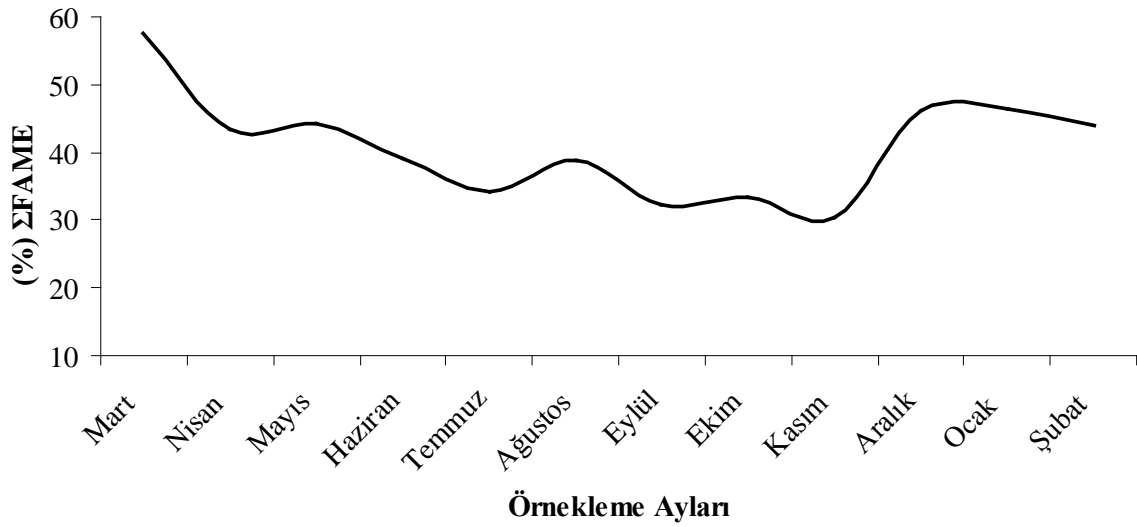


Şekil 40. Yağ asiti grupları arasındaki ilişki a-Σ USFA ve ΣPUFA b- ΣSFA ve ΣPUFA c- ΣPUFA ve ΣMUFA d- ΣHUFA ve ΣMUFA e-ΣMUFA ve ΣSFA f- ΣMUFA ve ΣUSFA g-ΣHUFA ve ΣSFA h- ΣHUFA ve ΣUSFA

Şekil 40'in devamı

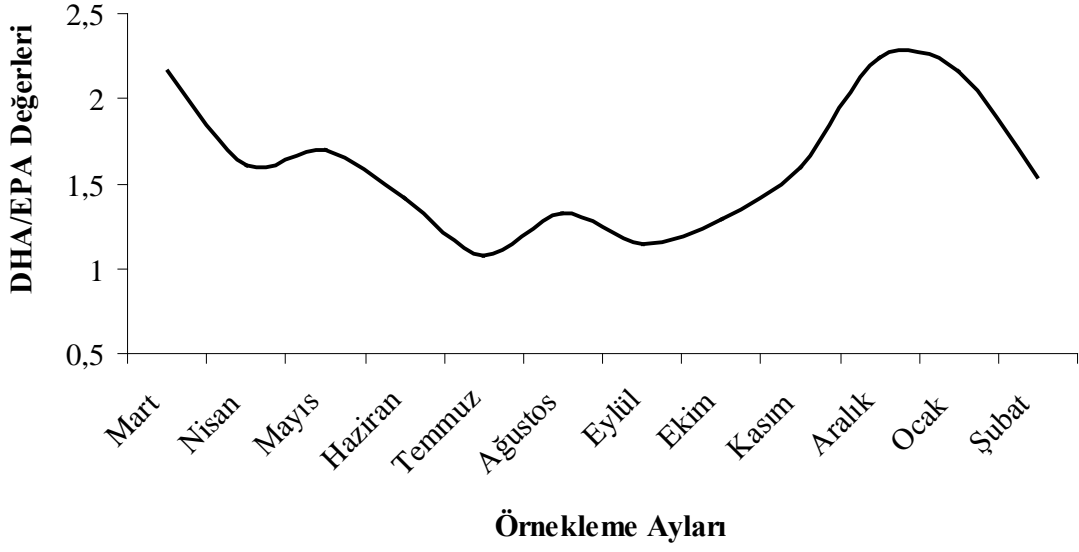


Sucul ekosistemlerde önemli olan diğer bir grup ise, yüksek doymamış yağ asitleri (HUFA) dir. Toplam yüksek doymamış yağ asitlerinin (Σ HUFA) örnekleme dönemlerinde, en yüksek değerleri % 57.7858 ile Mart ve % 46.2917 ile Ocak ve % 46.1292 ile Aralık aylarında, en düşük değeri ise % 30.4806 ile Kasım ayında tespit edilmiştir (Şekil 41). Yapılan varyans analizi sonucunda, Σ HUFA'da zamana bağlı değişimin önemli olduğu bulunmuş ve 5 homojen grup tespit edilmiştir. Mart ayı tek başına birer homojen grup oluşturarak, diğer aylardaki değerlerle arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 10)



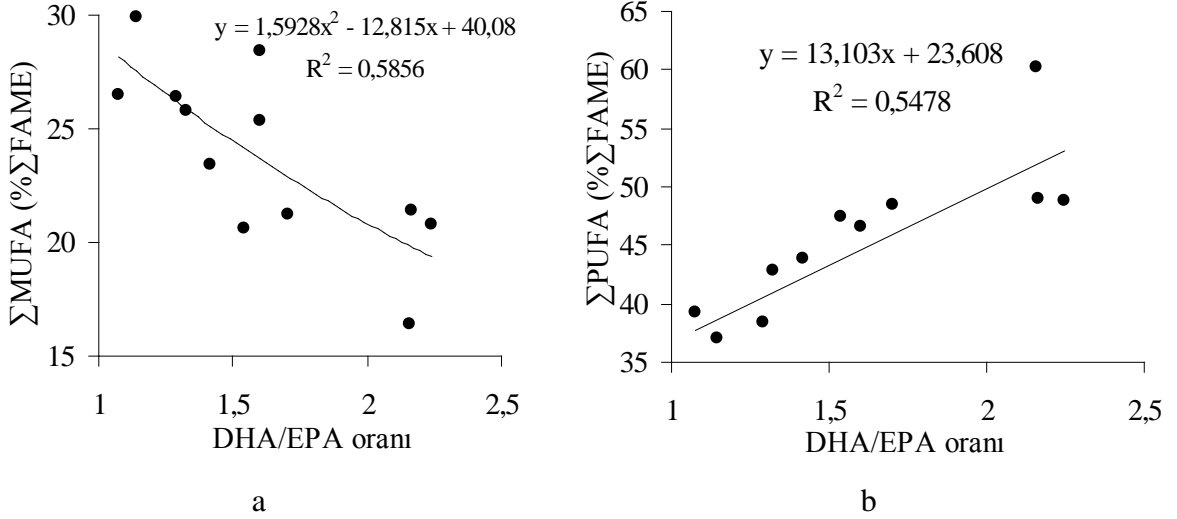
Şekil 41. *Calanus euxinus*'da Σ HUFA'daki aylık değişimler (%)

Omega-3 (ω -3) yağ asitlerinden olan, DHA (22:6 n-3) ve EPA (20:5 n-3) oranının (DHA/EPA) örnekleme dönemleri içinde en yüksek değeri, Aralık ayında (2.2437), en düşük değeri ise, Temmuz ayında (1.0736) tespit edilmiştir (Şekil 42).



Şekil 42. *Calanus euxinus*'un DHA/EPA oranındaki aylık değişimler

DHA/EPA oranı ve \sum PUFA arasında doğrusal bir ilişki varken ($R^2=0.5478$), DHA/EPA oranı ile \sum MUFA ($R^2=0.5856$) arasında polinomal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Şekil 43).



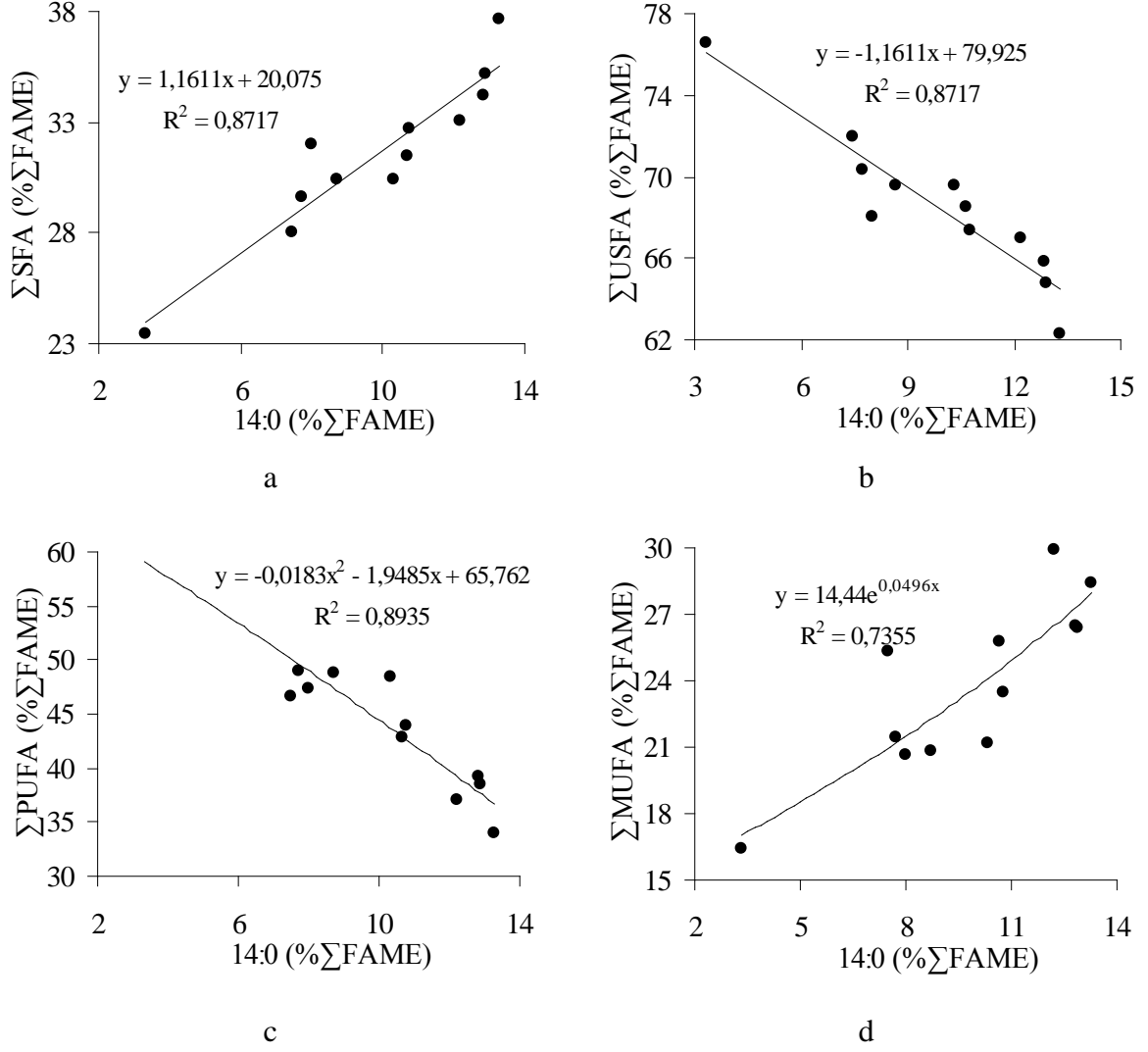
Şekil 43. DHA/EPA oranı ve yağ asiti grupları arasındaki ilişki a- \sum MUFA b- \sum PUFA

Örnekleme dönemleri boyunca, \sum SFA miktarı ortalama % 31.516 olarak belirlenmiştir. SFA'da en yüksek ortalama değeri % 11.136 ile palmitik asit (16:0)

almıştır. Palmitik asit örnekleme dönemleri içinde en yüksek değerine % 12.3389 ile Nisan ayında ulaşmıştır. Nisan ayını % 11.9611 ile Mart ve % 11.8617 ile Şubat ayları izlemiştir. En düşük değerleri ise, % 9.4826 ile Temmuz ve % 9.9815 ile Eylül aylarında tespit edilmiştir. Palmitik asitin zamana bağlı değişimi önemli bulunmakla birlikte, Nisan ve Temmuz ayları diğer aylardan tamamen farklılık göstermişlerdir ($p<0.05$). Palmitik asiti, ortalama % 9.8522 ile miristik asit (14:0) izlemiştir. Miristik asit örnekleme dönemleri içindeki en yüksek değerlerini % 13.2987 ile Kasım, % 12.8882 ile Ekim ve % 12.8499 ile Temmuz aylarında alırken, en düşük değerlerini % 3.3363 ile Mart, % 7.4740 ile Nisan ve % 7.7310 ile Ocak aylarında almıştır. Gerçekleştirilen varyans analizi sonuçlarına göre miristik asitin zamana bağlı değişiminde 6 homojen grup tespit edilmiştir ve Mart ayı istatistiki açıdan diğer aylardan önemli oranda farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Örnekleme dönemleri boyunca diğer yağ asitlerine göre ortalama en yüksek değere sahip diğer bir doymuş yağ asitinin ise behenik asit (22:0) olduğu belirlenmiştir. Behenik asit en yüksek değerlerini Kasım (% 7.6106), Temmuz (% 7.5044) ve Ekim (% 7.20219) aylarında, en düşük değerlerini ise, Mart (% 2.842), Ağustos (% 4.1478) ve Nisan (% 4.6333) aylarında almıştır. Miristik asit de olduğu gibi, behenik asitin de Mart ayındaki değeri ile diğer aylardaki değerleri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Stearik asit (18:0) % 2.7087 ile Mart ayında, pentadekanoik asit (15:0) % 1.488 ile Ekim ayında, (% 1.0352 ile kaprik asit (10:0) Nisan ayında, % 1.3154 ile margarik asit (17:0) Kasım ayında ve % 1.9865 ile araşidik asit (20:0) Eylül ayında en yüksek değerlerine ulaşmışlardır. Laurik asit (12:0) sadece Ekim (% 0.3687) ve Kasım (% 0.3762) aylarında, lignoserik asit (24:0) Ekim (% 0.2189), Kasım (% 0.4316) ve Şubat (% 0.4816) aylarında ve heneikosanoik asit (21:0) ise sadece Eylül ayında görülmüştür (Tablo 8).

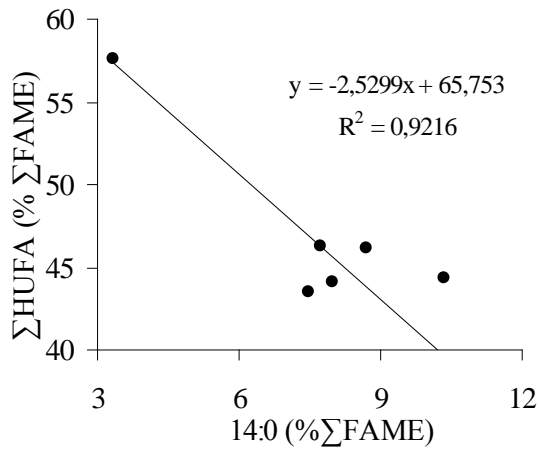
İstatistiki olarak bakıldığında, miristik asitin, stearik asitin ve behenik asitin SFA içinde önemli bir yere sahip olduğu görülmüştür. Miristik asitin, \sum MUFA ($R^2=0.7355$) ile üstel, \sum USFA ($R^2=0.8717$), \sum PUFA ($R^2=0.8935$), \sum SFA ($R^2=0.8717$) ve \sum HUFA ($R^2=0.9216$) ile doğrusal, DHA/EPA oranı ($R^2=0.541$), palmitik asit (16:0) ($R^2=0.5924$) ve stearik asit (18:0) ile polinomal ($R^2=0.7227$) ve behenik asitin ise, SFA ($R^2=0.7697$) ve USFA ($R^2=0.7697$) ile doğrusal, \sum PUFA ($R^2=0.6191$) ve miristik asit ($R^2=0.6475$) ile logaritmik bir ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. Aynı şekilde, stearik asit ile \sum SFA ve \sum USFA ($R^2=0.6438$), miristik asit ($R^2=0.7050$) ve pentadekanoik asit ($R^2=0.7227$) arasında polinomal ve \sum PUFA ($R^2=0.6081$) arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Ayrıca palmitik asit ile pentadekanoik asit arasında polinomal ($R^2= 0.7697$)

ve stearik asit ile pentadekanoik asit arasında da doğrusal ($R^2 = 0.8713$) bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 44).

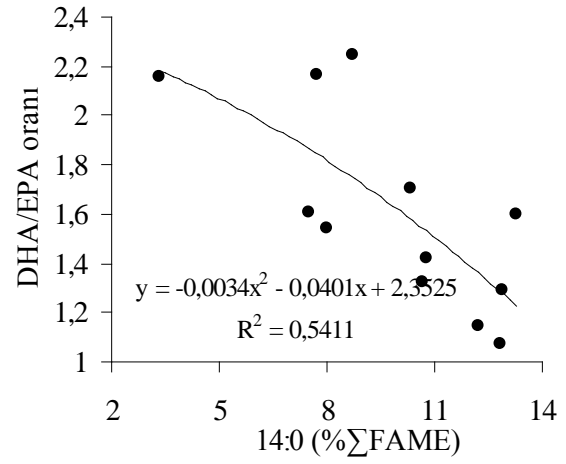


Şekil 44. a- 14:0 ve Σ SFA b- 14:0 ve Σ USFA c-14:0 ve Σ PUFA d- 14:0 ve Σ MUFA e- 14:0 ve Σ HUFA f- 14:0 ve DHA/EPA oranı g-14:0 ve 16:0 h- 16:0 ve 15:0 ı-18:0 ve Σ USFA i-18:0 ve Σ SFA j- 18:0 ve Σ PUFA k- 18:0 ve 14:0 l- 18:0 ve 15:0 m-22:0 ve Σ SFA m-22:0 ve Σ USFA o-22:0 ve Σ PUFA ö-22:0 ve 14:0 arasındaki ilişki

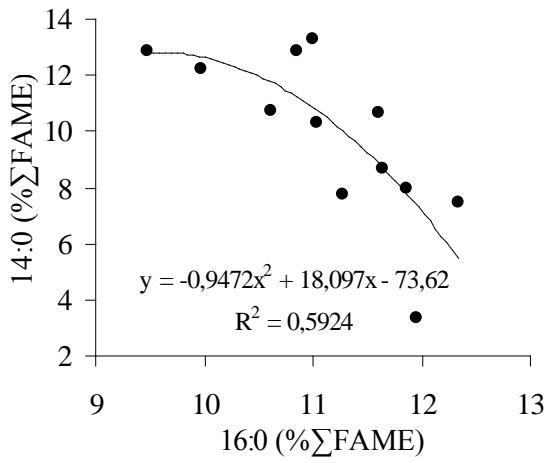
Şekil 44'ün devamı



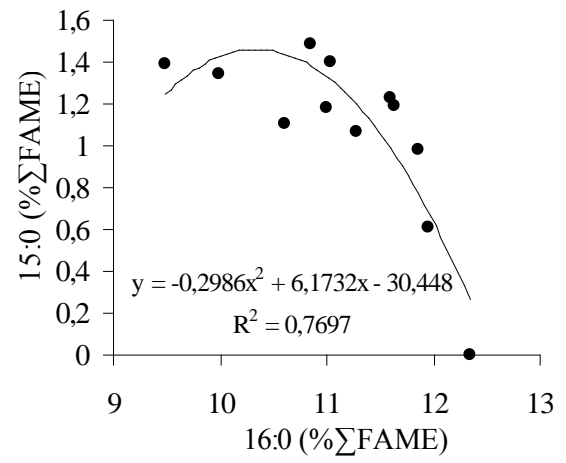
e



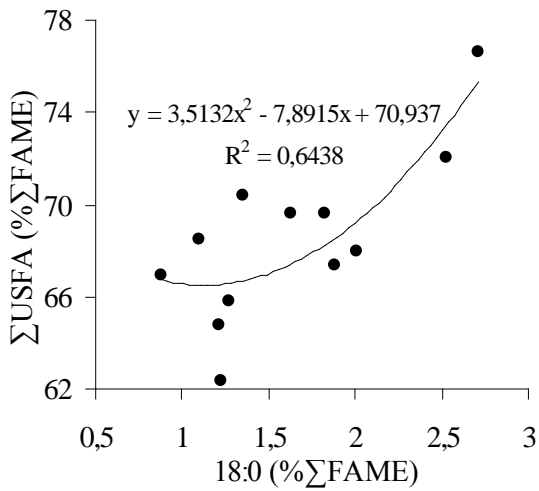
f



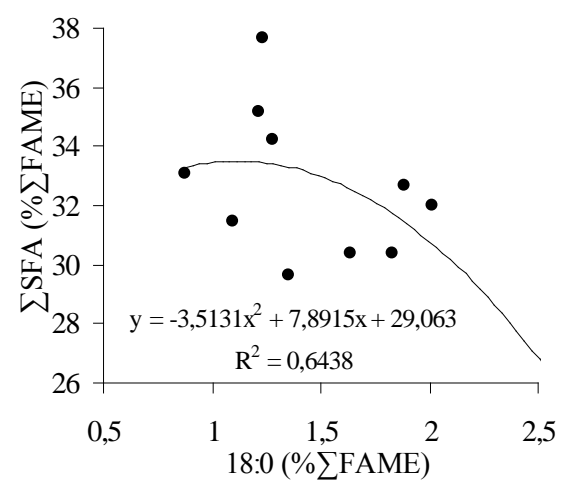
g



h

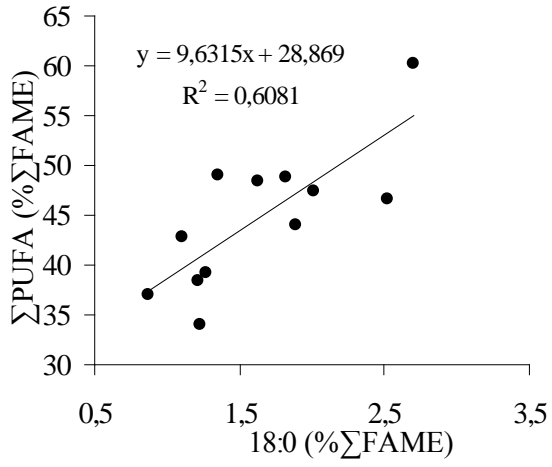


i

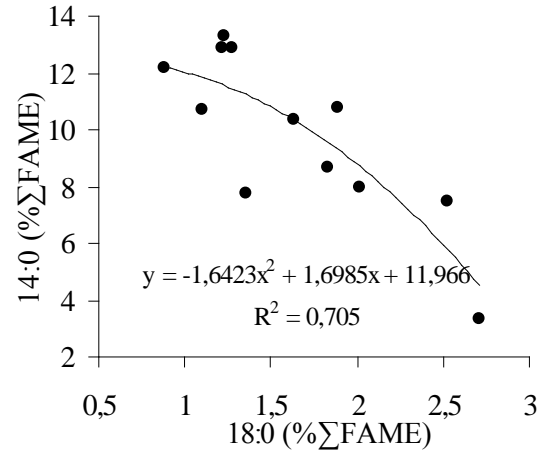


j

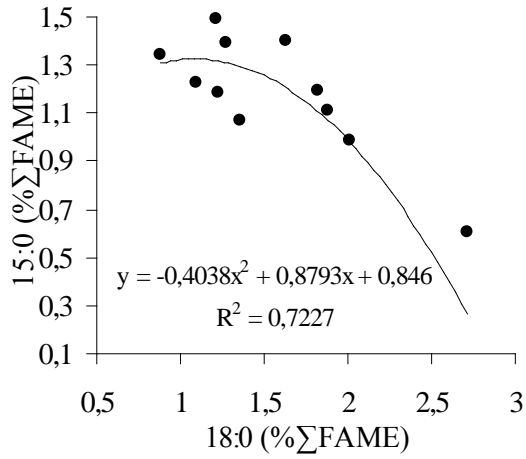
Şekil 44'ün devamı



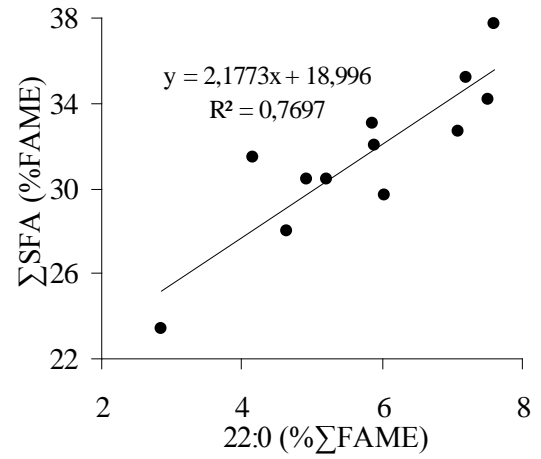
j



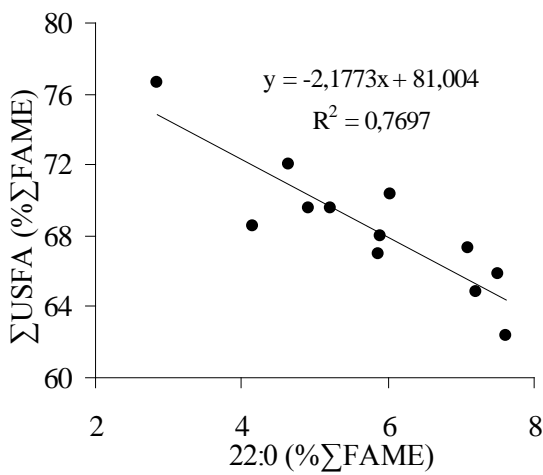
k



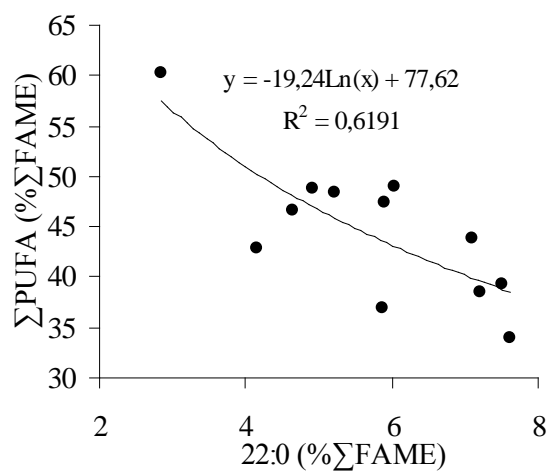
l



m

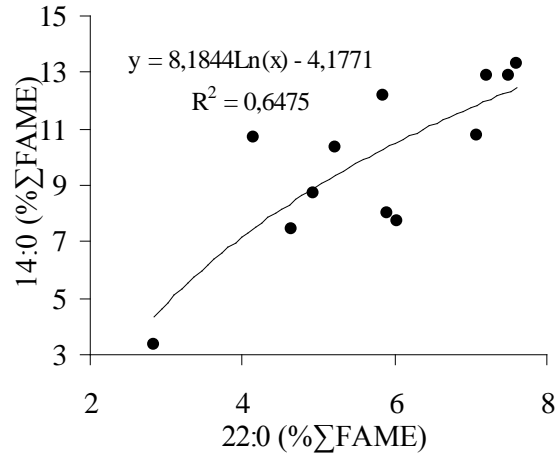


n



o

Şekil 44'ün devamı



ö

Tablo 8. *Calanus euxinus*'da örnekleme dönemlerinde SFA'daki değişim (% Σ FAME)

Yağ Asitleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
10:0	0,711±0,0629 ^{abc}	1,0352±0,0052 ^b	-	0,8551±0,3059 ^{ab}	0,7056±0,0778 ^{abc}	0,7920±0,0241 ^{abc}
12:0	-	-	-	-	-	-
14:0	3,3363±0,0190 ^f	7,474±1,0998 ^a	10,339±0,16122 ^{ce}	10,7518±0,7227 ^{cd}	12,8499±0,2638 ^b	10,6714±0,5139 ^{cd}
15:0	0,6059±0,1337 ^g	-	1,3976±0,0898 ^{ce}	1,1068±0,088 ^{ad}	1,3929±0,0557 ^{bce}	1,2252±0,1018 ^{abc}
16:0	11,9611±0,3692 ^{ab}	12,339±0,0094 ^b	11,036±0,1227 ^{abcd}	10,6094±0,7936 ^{acd}	9,4826±0,2949 ^d	11,6001±0,9402 ^{abc}
17:0	1,2610±0,2009 ^d	-	0,7708±0,0799 ^{bc}	0,3662±0,0666 ^a	0,9978±0,0354 ^c	0,6042±0,051 ^{ab}
18:0	2,7087±0,3292 ^f	2,5240±0,0467 ^{ef}	1,6342±0,0112 ^{abcd}	1,8851±0,1868 ^{cde}	1,2762±0,1215 ^{abcd}	1,0997±0,2347 ^{ab}
20:0	-	-	-	-	-	1,3457±0,2838 ^{ab}
21:0	-	-	-	-	-	-
22:0	2,8420±0,1064 ^f	4,6333±0,2637 ^{de}	5,2187±0,2376 ^{abe}	7,0921±0,6061 ^c	7,5044±0,1373 ^c	4,1478±0,0166 ^d
24:0	-	-	-	-	-	-
ΣSFA	23,426±0,4133 ^g	28,0050±0,8867 ^d	30,396±0,4318 ^{abd}	32,6665±0,9861 ^{ace}	34,2094±0,4132 ^{ce}	31,4861±0,3755 ^{abc}
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
10:0	0,40447±0,0039 ^{cd}	0,5155±0,0763 ^{ac}	0,6032±0,0221 ^{abc}	0,8582±0,1768 ^{ab}	0,8097±0,2129 ^{abc}	1,9820±0,2973 ^c
12:0	-	0,3687±0,0348 ^a	0,3762±0,0068 ^a	-	-	-
14:0	12,2024±0,0985 ^{bd}	12,8882±0,3404 ^b	13,2987±0,7795 ^b	8,6971±0,5639 ^a	7,731±1,102 ^a	7,9869±0,2517 ^a
15:0	1,3387±0,0388 ^{bce}	1,488±0,0074 ^e	1,1856±0,0058 ^{abd}	1,1949±0,0492 ^{abc}	1,0695±0,0905 ^{ad}	0,9837±0,0182 ^d
16:0	9,9815±0,3161 ^{cd}	10,8542±0,1126 ^{abcd}	10,9938±0,6118 ^{abcd}	11,639±0,1187 ^{abcd}	11,278±0,41 ^{abc}	11,8617±1,2185 ^{ab}

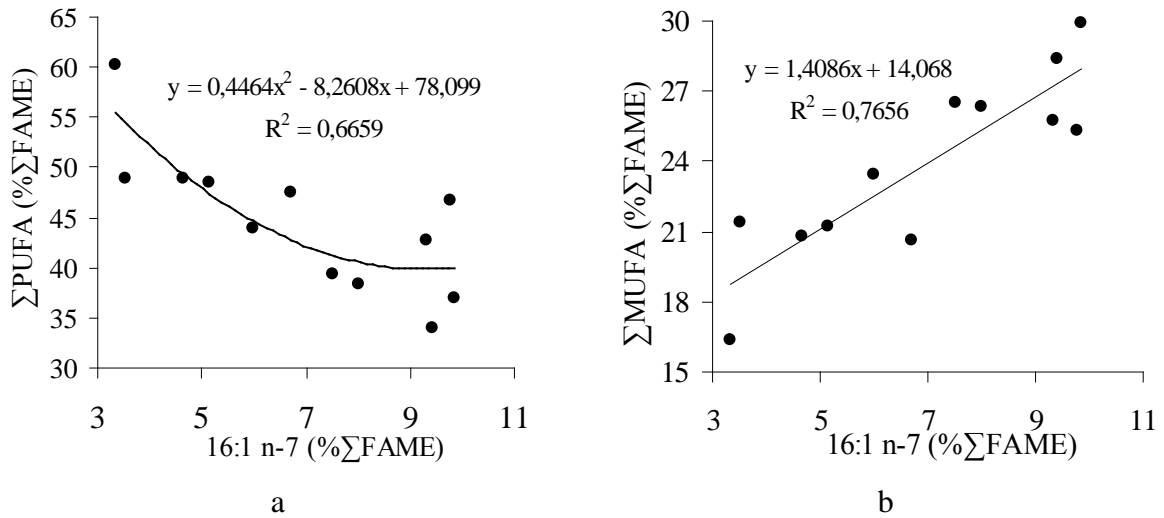
Tablo 8'in devamı

17:0	-	0,4373±0,0617 ^a	0,3984±0,0357 ^a	-	0,4748±0,045 ^a	0,7723±0,1720 ^{bc}
18:0	0,8768±0,0713 ^a	1,2195±0,0124 ^{abc}	1,2304±0,0652 ^{abc}	1,8261±0,022 ^{bcde}	1,3562±0,1984 ^{abcd}	2,0135±0,7851 ^{abcd}
20:0	1,9865±0,0194 ^d	-	1,5806±0,0397 ^b	1,2556±0,0688 ^a	0,8925±0,0548 ^c	-
21:0	0,4023±0,0214 ^a	-	-	-	-	-
22:0	5,8627±0,0923 ^{ab}	7,2021±0,0124 ^c	7,6106±0,3034 ^c	4,9317±0,2389 ^{ade}	6,038±0,8832 ^b	5,9091±0,1384 ^{ab}
24:0	-	0,21887±0,0435 ^b	0,4316±0,0172 ^a	-	-	0,4816±0,0555 ^a
∑SFA	33,053±0,4326 ^{ace}	35,1923±0,5034 ^{ef}	37,7091±0,3464 ^f	30,4026±0,7691 ^{abd}	29,65±1,3173 ^{bd}	31,9908±2,5368 ^{abc}

(“-” o dönem o yağ asitinin olmadığını gösterir) a. b. c.d.e.f: Aynı satırdaki farklı harfler ve harf grupları istatistiki farkı belirtir. (p<0.05). (± SD, n=3)

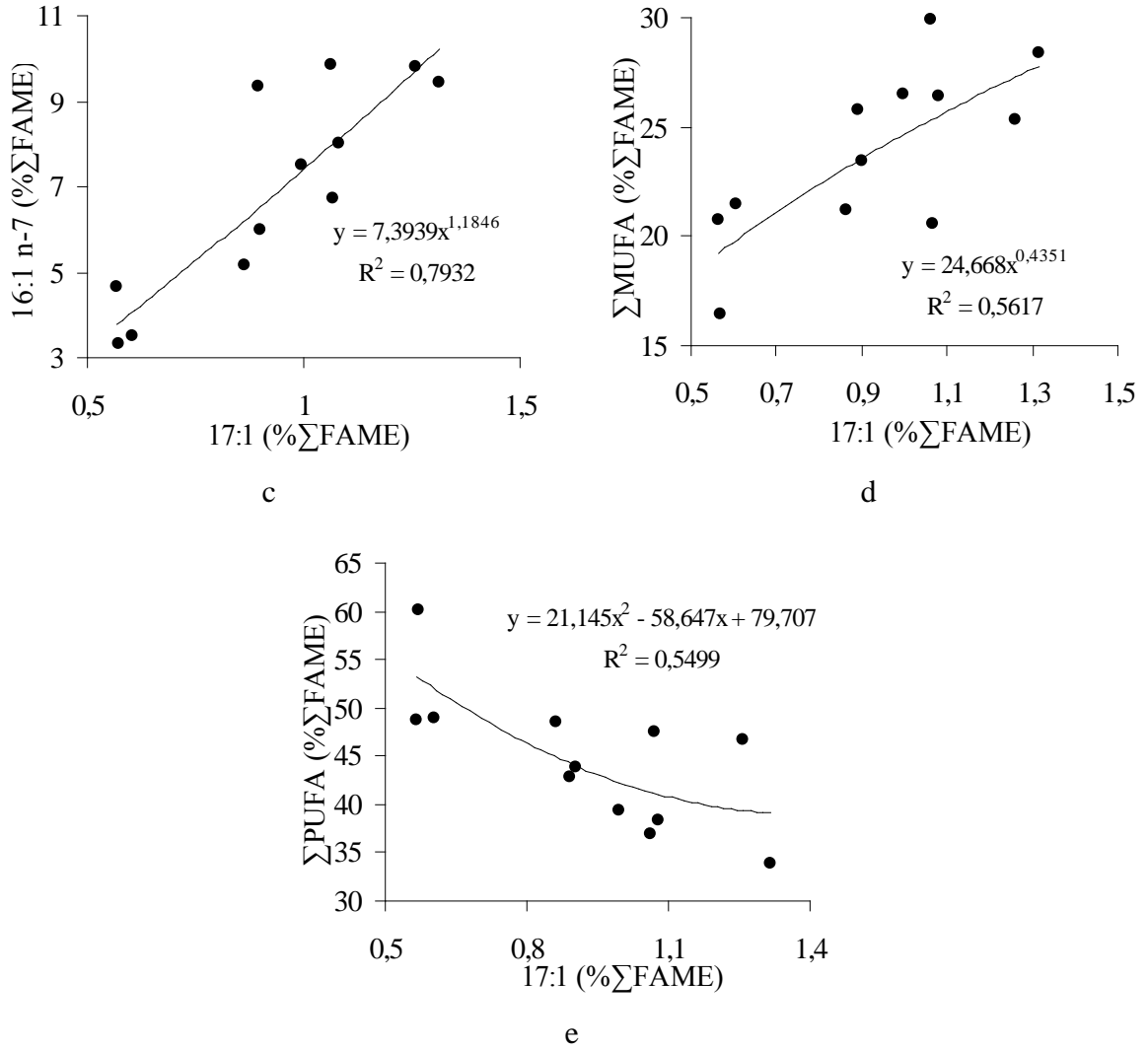
Örnekleme dönemleri boyunca, ortalama Σ USFA miktarı % 68 olarak belirlenmiştir. Bu dönemde, Σ USFA'nin % 35'i Σ MUFA iken, % 65'i Σ PUFA olarak tespit edilmiştir.

Σ MUFA'nın örnekleme dönemleri boyunca ortalama değeri % 23.845 olarak tespit edilmiştir. MUFA'da ortalama en yüksek değeri % 7 ile palmitoleik asit (16:1 n-7) almıştır. Palmitoleik asitin zamansal değişimi önemli bulunmakla birlikte yapılan varyans analizi sonucunda, 7 homojen grup tespit edilmiştir. Palmitoleik asitin örnekleme dönemleri içindeki en yüksek değerini aldığı Eylül (% 9.8568) ve Nisan (% 9.7854) ayları kendi homojen grupları içinde benzerlik gösteren aylar olarak görülmüştür ($p < 0.05$). En düşük değerleri ise, % 3.34 ile Mart ve % 3.5175 ile Ocak aylarında tespit edilmiştir. Ayrıca, palmitoleik asitin, özellikle doymamış yağ asiti grupları ile arasında istatistiksel ilişkilerin olduğu görülmüştür. Bu yağ asiti ile Σ PUFA ($R^2=0.6659$) arasında polinomal, Σ MUFA ile doğrusal ($R^2=0.7656$) ve margoleik asit (17:1) ile de üssel ($R^2=0.7932$) bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca margoleik asit ile de Σ PUFA ($R^2=0.5499$) arasında polinomal, Σ MUFA ($R^2=0.7656$) arasında üssel bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 45).



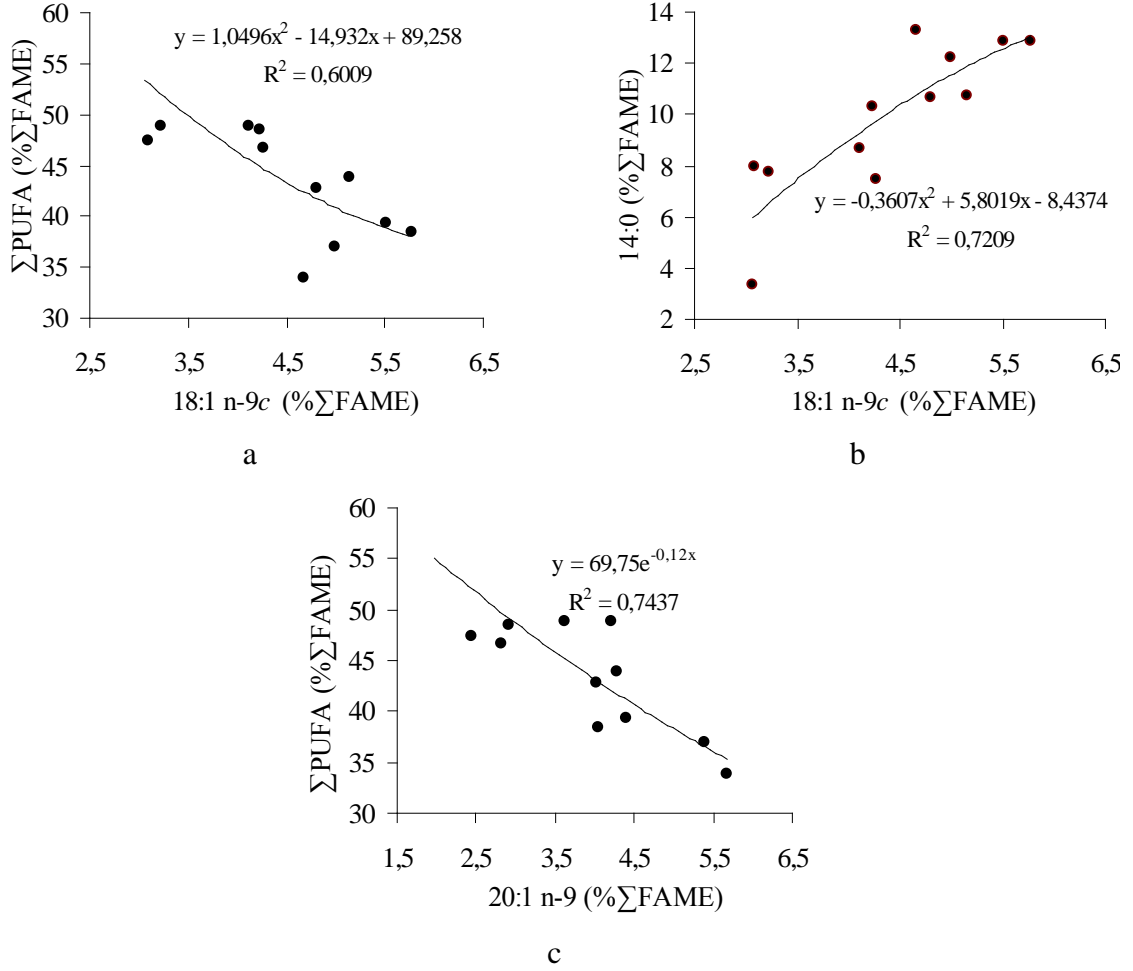
Şekil 45. a-16:1 n-7 ve Σ PUFA b-16:1 n-7 ve Σ MUFA c- 16:1 n-7 ve 17 d-17:1 ve Σ MUFA f-17:1 ve Σ PUFA arasındaki ilişki

Şekil 45'in devamı



Palmitoleik asiti, ortalama % 4.8596 ile çift bağının yeri belirlenemeyen 20:1 n-X yağ asiti ve % 4.4088 ile oleik asitin *cis* formu (18:1 n-9c) izlemiştir. 20:1 n-X yağ asitinin en yüksek değeri % 7.1976 ile Ocak ayında, en düşük değeri ise % 3.4123 ile Kasım ayında tespit edilmiştir. Ocak ayındaki değeri ile diğer aylardaki değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Oleik asitin *cis* formu (18:1 n-9c) ise, en düşük Mart ve en yüksek Ekim ayları olmak üzere % 3.0649-5.7797 arasında değişim göstermiştir. Ortalama en yüksek değere sahip diğer MUFA'nın ise, % 3.8139 ile eikosenoik asit (20:1 n-9) olduğu belirlenmiştir. Eikosenoik asit ise en yüksek değerini % 5.6732 ile Kasım ayında alırken, en düşük değerini % 1.9824 ile Mart ayında almıştır (Tablo 7). Eikosenoik asit ile en önemli ilişki ΣPUFA arasında üstel ($R^2=0.7437$) olarak

görülürken, oleik asitin *cis* formu ile Σ PUFA ($R^2=0.6009$) ve 14:0 ($R^2=0.7209$) arasında polinomal bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 46).



Şekil 46. a-18:1 n-9c ve Σ PUFA b- c-18:1 n-9c ve 14:0 c-20:1 n-9 ve Σ PUFA arasındaki ilişki

Tablo 9. *Calanus euxinus*'da örnekleme dönemlerinde MUFA'daki değişim (% Σ FAME)

Yağ Asitleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
14:1	-	-	-	-	-	-
15:1	-	1,2484±0,0094 ^{ce}	1,0458±0,0858 ^{abc}	1,0274±0,7227 ^{abc}	1,3357±0,2638 ^e	0,9148±0,5139 ^{ab}
16:1 n-7	3,3400±0,3008 ^b	9,7854±0,0178 ^a	5,1000±0,2694 ^{cd}	6±0,8097 ^{cde}	7,5216±0,4015 ^{ef}	9,3349±0,7681 ^{ag}
17: 1	0,5706±0,0990 ^a	1,2603±0,0244 ^b	0,8624±0,0514 ^{ab}	0,9022±0,0188 ^{ab}	0,9960±0,028 ^{ab}	0,8934±0,1422 ^{ab}
18:1 n-9t	-	-	-	-	-	1,0122±0,0171 ^{ab}
18:1 n-9c	3,0649±0,2859 ^b	4,2636±0,2413 ^{cd}	4,2301±0,0245 ^{cd}	5,15±0,0806 ^{ae}	5,5119±0,05 ^{ef}	4,8075±0,1928 ^a
18:1 n-7	0,6780±0,1407 ^a	0,9016±0,0049 ^b	0,5894±0,0073 ^a	-	-	-
20:1 n-9	1,9824±0,0182 ^b	2,8105±0,4419 ^{bc}	2,9186±0,0409 ^{bc}	4,2813±0,3158 ^a	4,4050±0,2825 ^{ad}	4,0192±0,6233 ^a
20:1 n-X	4,6517±0,1080 ^{abc}	4,157±0,1228 ^{ab}	5,0328±0,074 ^{ac}	5,2834±0,6254 ^{ac}	5,8793±0,0698 ^c	4,1742±0,6352 ^{ab}
22:1 n-9	1,3236±0,011 ^d	0,9025±0,0047 ^{ab}	0,8565±0,0605 ^{abc}	0,7882±0,0072 ^{abc}	0,8468±0,0177 ^{abc}	0,5951±0,0122 ^{bc}
24:1	0,7942±0,0267 ^c	-	0,4913±0,009 ^{ab}	-	-	-
ΣMUFA	16,4054±0,4174 ^e	25,3293±0,7111 ^{bc}	21,1860±0,4845 ^{ae}	23,4326±1,842 ^{ab}	26,4962±0,8088 ^{bcd}	25,7513±2,2793 ^{bc}
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
14:1	0,4507±0,0455 ^c	0,3175±0,039 ^b	0,5912±0,0158 ^a	-	-	-
15:1	1,0461±0,0455 ^{abc}	1,0929±0,039 ^{bc}	0,8401±0,0158 ^a	-	-	0,9941±0,2311 ^{ab}
16:1 n-7	9,8548±1,037 ^a	7,9987±0,3748 ^{fg}	9,4171±0,3201 ^{ag}	4,6625±0,3296 ^{bc}	3,5175±0,024 ^b	6,7048±0,8254 ^{def}
17: 1	1,0634±0,0219 ^{ab}	1,0809±0,0266 ^{ab}	1,3154±0,5784 ^b	0,5665±0,0227 ^a	0,6044±0,0091 ^a	1,0691±0,3891 ^{ab}

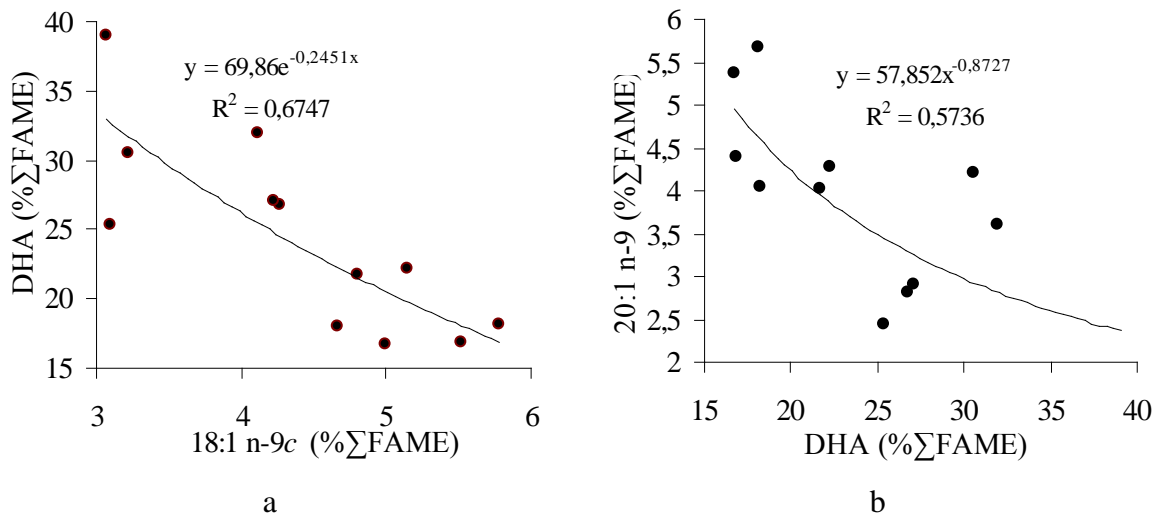
Tablo 9'un devamı

18:1 n-9t	0,9242±0,0609 ^a	-	0,7883±0,0231 ^d	1,0075±0,0632 ^{ab}	1,1263±0,0375 ^c	1,0655±0,0799 ^{bc}
18:1 n-9c	5,0004±0,1243 ^{ac}	5,7797±0,2033 ^f	4,6676±0,1553 ^{ad}	4,1191±0,0705 ^c	3,2181±0,0197 ^b	3,0928±0,2977 ^b
18:1 n-7	-	-	-	-	-	-
20:1 n-9	5,3801±0,1745 ^{de}	4,0425±0,1263 ^a	5,6732±0,0489 ^e	3,6137±0,4542 ^{ac}	4,405±0,2319 ^a	4,0192±0,544 ^b
20:1 n-X	5,1246±0,0229 ^{ac}	4,4214±0,0206 ^{ab}	3,4123±0,0854 ^b	5,2524±0,2748 ^{ac}	5,8793±0,3262 ^d	4,1742±1,079 ^b
22:1 n-9	0,575±0,0926 ^c	0,8571±0,004 ^{abc}	0,9014±0,0087 ^{ab}	0,9576±0,2852 ^a	0,8468±0,2202 ^{ab}	0,5951±0,0567 ^{ad}
24:1	0,5336±0,0046 ^{ab}	0,5769±0,0053 ^{ab}	0,7801±0,0138 ^b	0,6059±0,0556 ^c	0,5045±0,0665 ^{ab}	0,4763±0,0996 ^a
∑MUFA	29,9529±1,0755 ^d	26,376±1,1236 ^{bcd}	28,3867±0,3645 ^{cd}	20,7852±0,8877 ^a	21,4274±0,4569 ^a	20,608±3,0659 ^a

(“-” o dönem o yağ asitinin olmadığını gösterir) (a. b. c.d.e.f.g: Aynı satırdaki farklı harfler ve harf grupları istatistiksel farklılığı belirtir. (p<0.05) (± SD, n=3)

Örnekleme dönemleri boyunca ortalama Σ PUFA miktarı % 44.64 olarak belirlenmiştir. Örnekleme dönemleri itibariyle en yüksek değere ω -3 yağ asitlerinden olan, dokosaheksaenoik asit (DHA, 22:6 n-3) (% 24.551) ve eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5 n-3) (% 15.28) sahiptir. DHA'nın örnekleme dönemleri içindeki en yüksek değeri % 39.0441 ile Mart ayında tespit edilmiştir. Bu değer Nisan ayında % 26.7632'ye, Temmuz ayında % 16.88'e ve Eylül ayında % 16.7541'e düşerek en düşük değerini almıştır. Eylül ayının hemen ardından, Ekim ayında hızla artarak % 35.1923'e ulaşmış ve bu dönemden sonra ortalama değerine yakın değerler almıştır (Tablo 10).

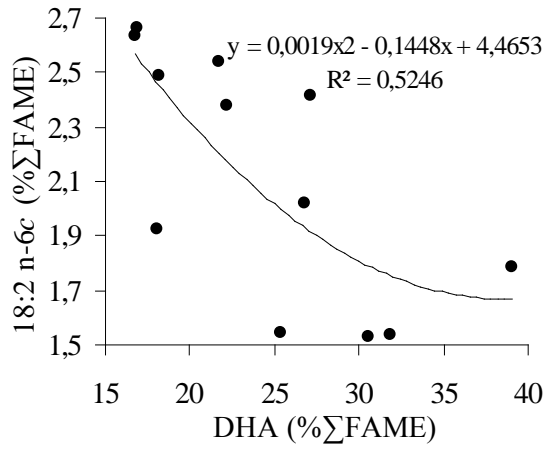
DHA ile birçok yağ asiti grubu ve çeşidi arasında istatistiki açıdan da önemli ilişkiler bulunmuştur. DHA ile Σ SFA ($R^2=0.7869$), 17:1 ($R^2=0.6038$), ve 16:1 n-7 ($R^2=0.676$) arasında üstel, Σ USFA ($R^2=0.7858$), DHA/EPA oranı ($R^2=0.8095$), 18:1n-9c ($R^2=0.6771$) ve 18:2 n-6c ($R^2=0.5246$) arasında polinomal, Σ HUFA ($R^2=0.9523$), Σ PUFA ile doğrusal ($R^2=0.9156$), 20:1 n-9 ($R^2=0.5736$) ve 18:0 ($R^2=0.5721$) ile de üssel bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 47).



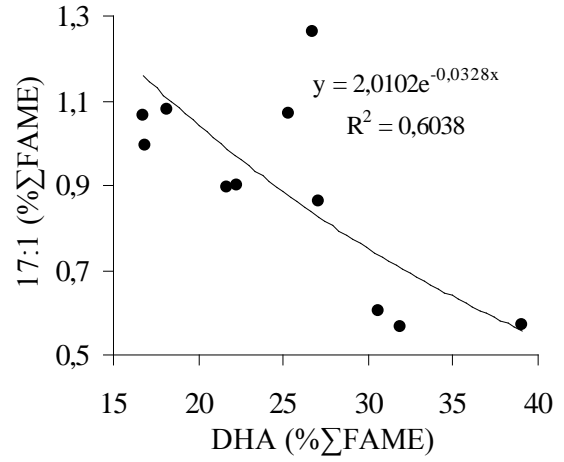
Şekil 47. DHA ile yağ asiti grupları ve yağ asitleri arasındaki ilişki

a-18:1 n-9c b- 20:1 n-9 c- 18:2 n-6c d- 17:1 e- 16:1 n-7 f- Σ SFA g-DHA/EPA oranı h- Σ HUFA ı- Σ PUFA i- USFA j- 18:0

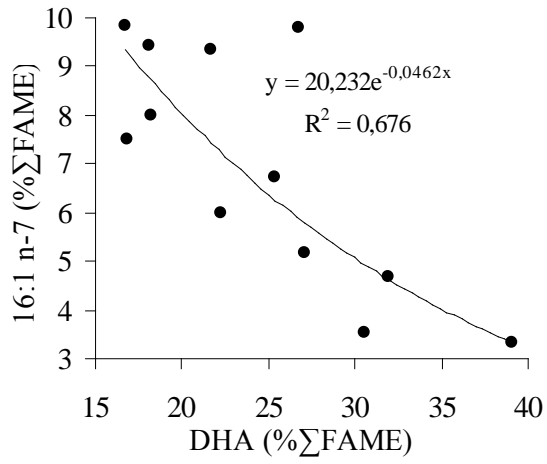
Şekil 47'nin devamı



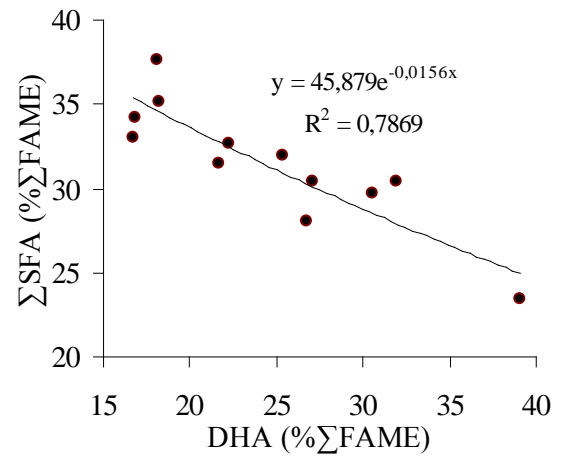
c



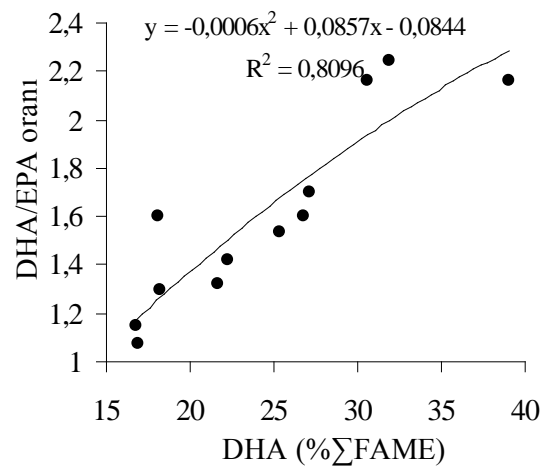
d



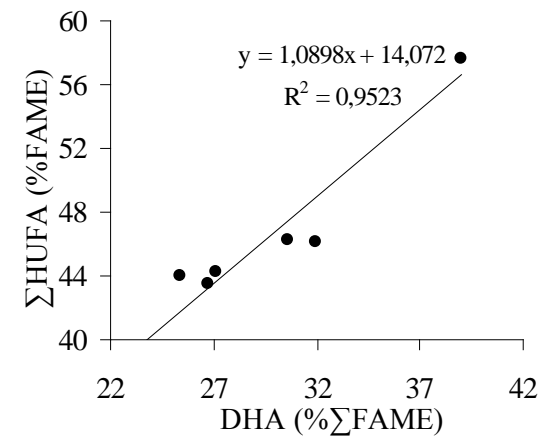
e



f

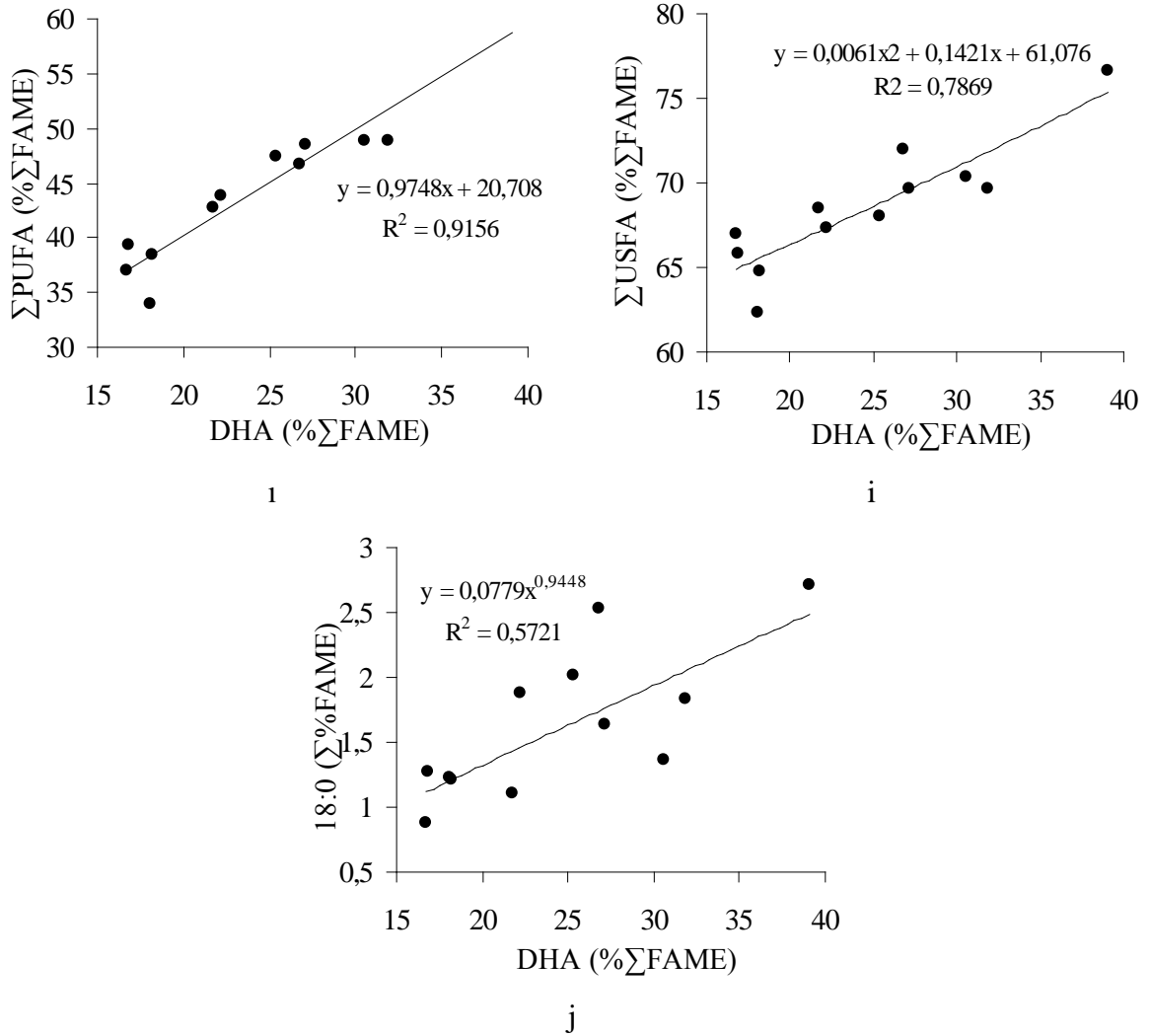


g

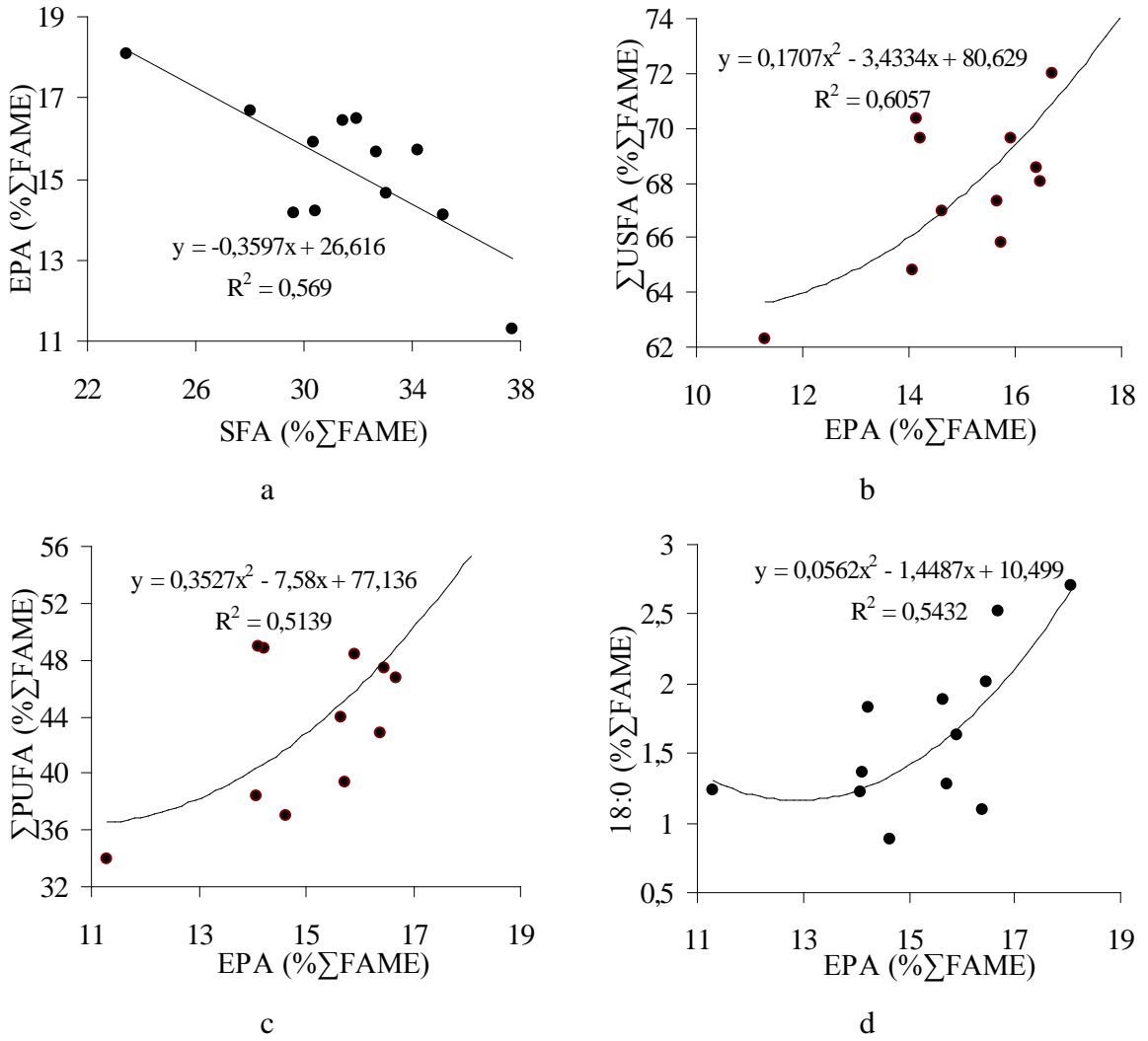


h

Şekil 47'nin devamı

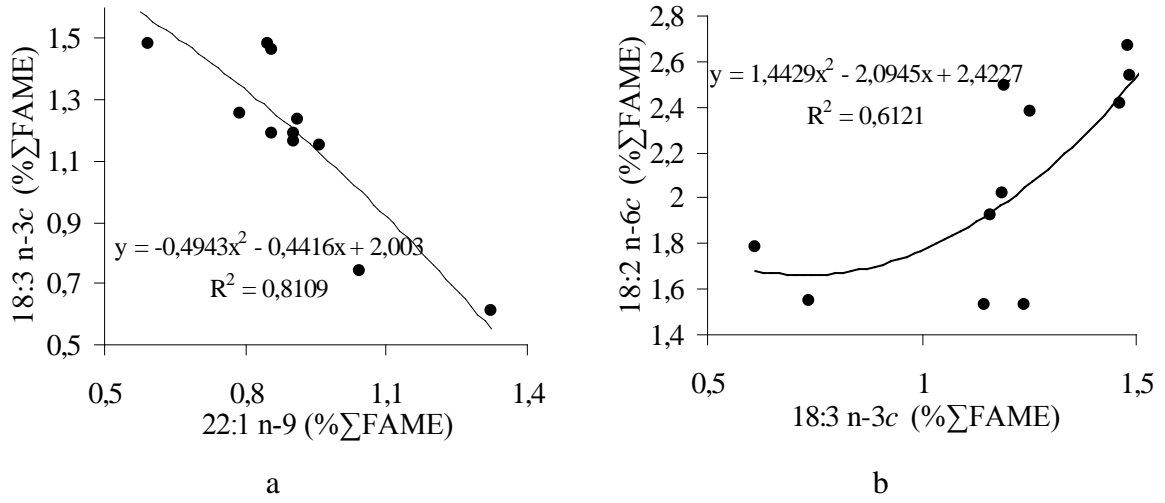


EPA örnekleme dönemleri içinde en yüksek değerine % 18.0751 ile Mart ayında ulaşmıştır ve Kasım ayında % 11.3063 ile en düşük değerini almıştır (Tablo 10). İstatistiki açıdan değerlendirildiğinde, EPA ile ΣSFA arasında doğrusal ($R^2=0.6057$), ΣUSFA ($R^2=0.6057$), ΣPUFA ($R^2=0.5139$) ve 18:0 ($R^2=0.5432$) ile arasında da polinomal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Şekil 48).



Şekil 48. EPA ile yağ asiti grupları ve yağ asitleri arasındaki ilişki
a- Σ SFA b- Σ USFA c- Σ PUFA d- 18:0

Alfa-linolenik asitin (ALA, 18:3 n-3c) örnekleme dönemleri içindeki en düşük değeri % 0.6132 ile Mart ayında tespit edilirken, en yüksek değeri % 1.6078 ile Eylül ayında tespit edilmiştir (Tablo 10). ALA ile erusik asit (22:1 n-9) ($R^2=0.8109$) ve 18:2 n-6c ($R^2=0.6121$) arasında polinomal bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 49).



Şekil 49. a-18:3 n-3c ve 22:1 n-9 b-18:3 n-3c ve 18:2 n-6c arasındaki ilişki

Dihomo-gama linoleik asit (DGLA, 20: 3n-6) ise, örnekleme dönemleri içinde % 0.2084 ile sadece ekim ayında görülmüştür (Tablo 10).

Tablo 10. *Calanus euxinus*'da örnekleme dönemlerinde PUFA'daki değişim (% Σ FAME)

Yağ Asitleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
18:2 n-6t	-	-	-	0,4826±0,0201 ^a	0,4312±0,0174 ^a	-
18:2 n-6c	1,7835±0,0143 ^e	2,0175±0,0015 ^f	2,4179±0,0041 ^{ab}	2,3808±0,1041 ^a	2,6649±0,1981 ^c	2,5416±0,0478 ^{abc}
18:3 n-3c	0,6132±0,1197 ^c	1,1878±0,0165 ^a	1,4647±0,0674 ^b	1,2532±0,0727 ^a	1,4808±0,063 ^b	1,4855±0,0642 ^b
18:3n-6	-	-	0,3291±0,0038 ^b	0,69±0,2527 ^a	0,5822±0,1065 ^{ad}	-
20:2 n-6	-	-	0,4543±0,0815 ^{ab}	0,4442±0,0276 ^{ab}	0,5353±0,0167 ^b	-
20:3 n-6	-	-	-	-	-	-
20:4 n-6	-	-	-	-	-	-
20:5 n-3 (EPA)	18,0751±0,0698 ^f	16,697±0,1901 ^d	15,92±0,0931 ^{bc}	15,6611±0,3877 ^b	15,7235±0,2992 ^{bc}	16,4115±0,095 ^{bcd}
22:5 n-3	0,6527±0,051 ^{ab}	-	0,7144±0,0089 ^{ab}	0,7702±0,0351 ^b	0,9952±0,2055 ^c	0,5995±0,0104 ^{ab}
22:6 n-3 (DHA)	39,0441±0,6271 ^e	26,7630±0,031924 ^b	27,117±0,9162 ^b	22,2189±0,972 ^c	16,8812±0,3176 ^a	21,7245±1,9842 ^c
Σ USFA	76,574±0,6069 ^g	71,995±0,8867 ^e	69,604±0,4318 ^{ace}	67,3335±0,9861 ^{abd}	65,7905±0,4132 ^{bd}	68,5139±0,3755 ^{abc}
Σ PUFA	57,7858±0,6366 ^{bc}	43,4600±0,1753 ^b	44,2041±1,0349 ^c	39,0942±1,3495 ^a	34,1352±0,3502 ^a	38,7356±2,0733 ^a
Σ HUFA	66,5238±0,6102 ^e	51,3300±0,7014 ^a	53,5050±0,9173 ^a	49,4473±0,8673 ^d	45,2663±0,0987 ^c	47,524±0,9237 ^d
DHA/EPA	2,1601±0,0363 ^d	1,6030±0,0192 ^{bc}	1,7033±0,0521 ^c	1,4183±0,0276 ^{ag}	1,0736±0,0178 ^e	1,3237±0,1143 ^a
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
18:2 n-6t	-	0,1976±0,0161 ^a	-	-	-	0,9729±0,4186 ^b
18:2 n-6c	2,6355±0,069 ^{bc}	2,49±0,0215 ^{abc}	1,9290±0,0255 ^{ef}	1,5343±0,0514 ^d	1,5329±0,0866 ^d	1,5455±0,0436 ^d

Tablo 10'un devamı

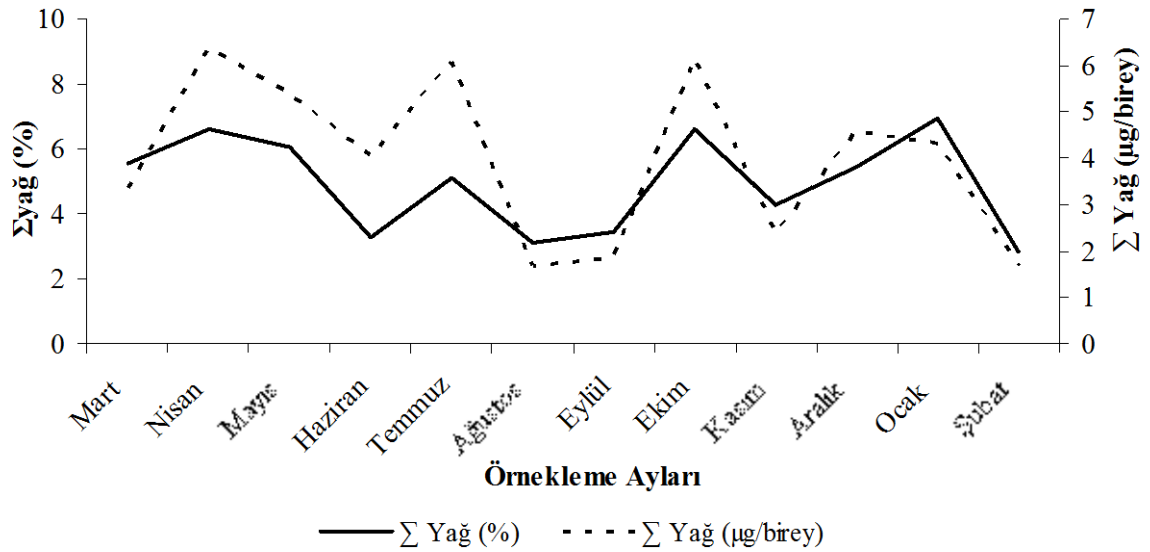
18:3 n-3c	1,6078±0,0061 ^b	1,1923±0,0034 ^a	1,1614±0,0496 ^a	1,1488±0,0487 ^a	1,2385±0,0816 ^a	0,7381±0,0389 ^c
18:3 n-6	0,3931±0,0058 ^{bcd}	0,6392±0,0357 ^a	0,3408±0,0065 ^{bc}	-	-	0,5822±0,042 ^{acd}
20:2 n-6	-	0,6526±0,0694 ^c	-	-	0,6826±0,0396 ^c	0,4276±0,0421 ^a
20:3 n-6	-	0,2084±0,0271 ^a	-	-	-	-
20:4 n-6	0,3847±0,0055 ^a	0,3278±0,0258 ^b	0,5326±0,0004 ^c	-	0,3674±0,005 ^a	0,6061±0,0047 ^d
20:5 n-3 (EPA)	14,6407±0,328 ^a	14,0887±0,1483 ^a	11,3063±0,0977 ^c	14,2209±0,1932 ^a	14,136±0,5503 ^a	16,4753±0,2432 ^{cd}
22:5 n-3	0,5803±0,0084 ^{ab}	0,63173±0,0873 ^{ab}	0,5576±0,0153 ^a	-	0,5386±0,048 ^a	0,7191±0,0287 ^{ab}
22:6 n-3 (DHA)	16,7541±0,3604 ^a	18,2117±0,6829 ^a	18,0787±0,3434 ^a	31,9082±1,4294 ^d	30,567±1,1185 ^d	25,347±1,1124 ^b
∑USFA	66,947±0,4326 ^{abd}	64,8077±0,5034 ^{df}	62,3112±0,3464 ^f	69,5974±0,7691 ^{ace}	70,351±1,3173 ^{ce}	68,0092±2,5368 ^{abc}
∑PUFA	36,9941±0,6693 ^f	38,4317±0,606 ^{ae}	33,9139±0,5091 ^a	48,8122±1,5301 ^{de}	21,427±1,7524	20,608±1,1431
∑HUFA	32,3641±0,6747 ^{bc}	33,2600±0,7174 ^{bc}	30,4806±0,4435 ^b	46,1292±1,5991 ^a	46,2917±1,7571 ^a	44,0567±1,4488 ^a
DHA/EPA	1,1443±0,0088 ^{ef}	1,2926±0,0361 ^{af}	1,5987±0,0165 ^{bc}	2,2437±0,0759 ^d	2,1623±0,0054 ^d	1,5384±0,0674 ^{bg}

(“-” o dönem o yağ asitinin olmadığını gösterir) (a. b. c.d.e.f.g: Aynı satırdaki farklı harfler ve harf grupları istatistikî farkı belirtir. (p<0.05) (± SD, n=3)

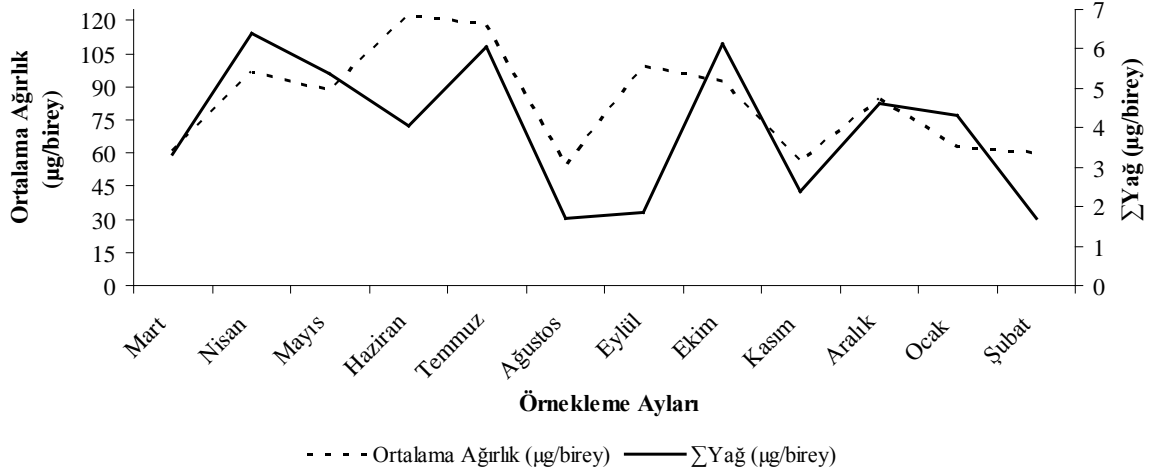
3.4.2. Küçük Kopepodların Toplam Yağ Miktarı ve Yağ Asiti Kompozisyonu

Küçük kopepodlar grubu, örnekleme yapılan dönemde, ergin *Calanus euxinus* türü hariç, nauplii aşamasındaki *Calanus euxinus* türü ve o döneme ait kopepod türlerini içermektedir.

Küçük kopepodlarda, toplam yağ (Σ Yağ) yağ ağırlıkta (WW) oransal (%) ve birey başına mikrogram ($\mu\text{g/birey}$) olarak ve birey başına ortalama ağırlık mikrogram olarak ($\mu\text{g/birey}$) aylık periyotlarda (Mart 2012- Şubat 2013) belirlenmiştir. Σ Yağ (%)’ın en yüksek olduğu dönemin % 6.9175 ile Ocak ayı, Ocak ayını % 6.6087 ile Ekim ayı izlerken, en düşük olduğu dönemin, % 2.8117 ile Şubat ayı olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 50). Buna karşın $\mu\text{g/birey}$ olarak Σ Yağ’a bakıldığında, 6.3819 $\mu\text{g/birey}$ ile Nisan ayının en yüksek değere 1.6847 $\mu\text{g/birey}$ ile Şubat ve 1.6869 $\mu\text{g/birey}$ ile Ağustos aylarının ise en düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Aylık olarak, birey başına ortalama ağırlığa bakıldığında, Haziran ayının 122.2935 $\mu\text{g/birey}$ ile en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Haziran ayını sırasıyla, 118.0936 $\mu\text{g/birey}$ ile Temmuz, 99.4380 $\mu\text{g/birey}$ ile Eylül, 96.3214 $\mu\text{g/birey}$ ile Nisan ve 92.7355 $\mu\text{g/birey}$ ile Ekim ayları izlemiştir. En düşük değerlerini ise, 54.0534 $\mu\text{g/birey}$ ile Ağustos, 55.8067 $\mu\text{g/birey}$ ile Kasım aylarında almıştır (Şekil 51).



Şekil 49. Küçük kopepodlarda, toplam yağ miktarının (Σ yağ) (% ve $\mu\text{g/birey}$) aylık değişimi



Şekil 50. Küçük kopepodlarda toplam yağ miktarı (mg/birey) ve ortalama birey ağırlığının (µg/birey) aylık değişimi

Küçük kopepodlarda, birey başına ortalama ağırlığın (µg/birey) örnekleme dönemleri boyunca değişimi incelendiğinde, 12 homojen grup tespit edilmiştir. Açıkça görülmektedir ki, birey başına ortalama ağırlık her ayda önemli oranda değişim göstermektedir. (Tablo 11). Buna karşın ΣYağ (%)’de 4 ve ΣYağ (µg/birey)’de 5 homojen grup tespit edilmiştir. ΣYağ (%)’de Şubat ve Ocak ayları, ΣYağ (µg/birey)’de da Nisan ayı kendi homojen grubu dışında hiçbir gruba dahil olmaması sebebiyle istatistiki açıdan diğer aylardan farklılık göstermiştir ($p < 0.05$) (Tablo 12). Ayrıca, ΣYağ (%) ve ΣYağ (µg/birey) arasında üssel ($R^2 = 0.6848$) bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 52)

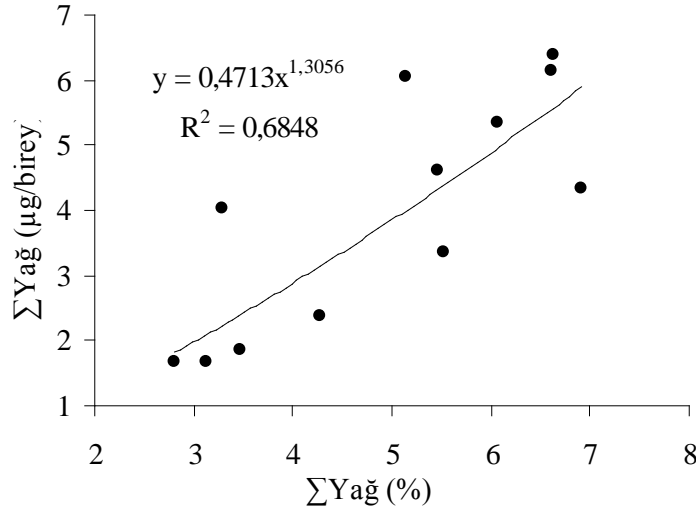
Tablo 11. Ortalama birey ağırlığı ($\mu\text{g/birey}$) için örnekleme dönemleri arasında gerçekleştirilen varyans analizi tablosu ($p<0.05$)

Aylar	Ortalama Birey Ağırlığı ($\mu\text{g/birey}$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ağustos	54,0534	a											
Kasım	55,8067		b										
Şubat	59,9241			c									
Mart	60,6532				d								
Ocak	62,5742					e							
Aralık	84,3909						f						
Mayıs	88,2631							g					
Ekim	92,7355								h				
Nisan	96,3214									i			
Eylül	99,4380										i		
Temmuz	118,0936											j	
Haziran	122,2935												k

Tablo 12. Σ Yağ miktarı (% , $\mu\text{g/birey}$) için, örnekleme dönemleri arasında gerçekleştirilen varyans analizi tablosu ($p<0.05$)

Aylar	Σ Yağ (%)	1	2	3	4
Şubat	2,8117				d
Ağustos	3,1208	ad			ad
Haziran	3,3003	ad			ad
Eylül	3,4659	ad			ad
Kasım	4,2713	abd	abd		abd
Temmuz	5,1316	abcd	abcd	abcd	abcd
Aralık	5,4534	abc	abc	abc	
Mart	5,5306	abc	abc	abc	
Mayıs	6,0683		bc	bc	
Ekim	6,6087		bc	bc	
Nisan	6,6284		bc	bc	
Ocak	6,9175			c	

Aylar	Σ Yağ ($\mu\text{g/birey}$)	1	2	3	4	5
Şubat	1,6847		b			
Ağustos	1,6869		b			
Kasım	2,3837		bc	bc		
Mart	3,3548	abc	abc	abc		
Eylül	3,4463	abc	abc	abc		
Haziran	4,0361	ac		ac		
Ocak	4,3285	acd		acd	acd	
Aralık	4,6021	ade			ade	ade
Mayıs	5,3561	ade			ade	ade
Temmuz	6,0600				de	de
Ekim	6,1289				de	de
Nisan	6,3819					e

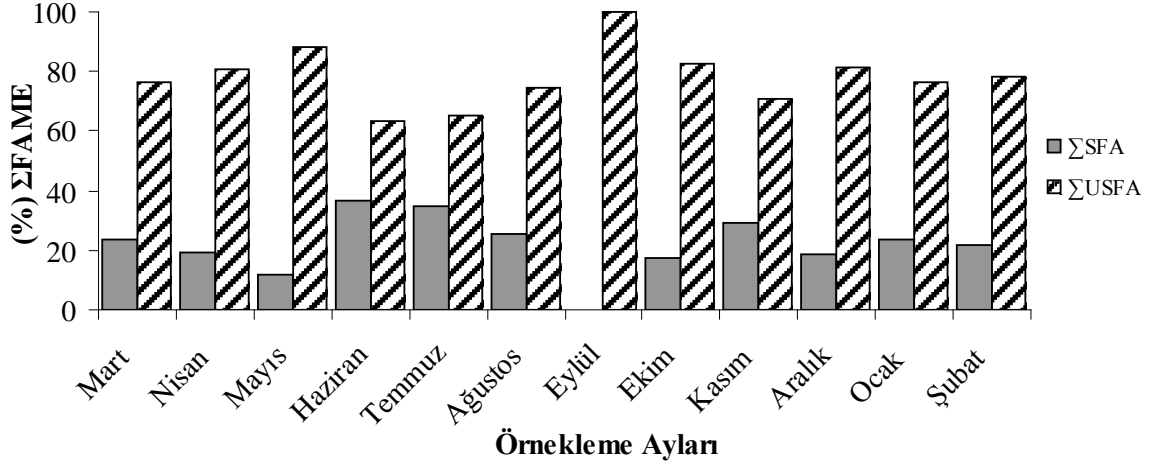


Şekil 51. Σ yağ (%) ve Σ Yağ ($\mu\text{g/birey}$) arasındaki ilişki

Küçük kopepodlarda, toplam yağ asiti metil esterlerindeki (Σ FAME), doymuş yağ asitleri (Σ SFA), doymamış yağ asitleri (Σ USFA) içeriği 12 ay (Mart 2012- Şubat 2013) boyunca incelenmiştir. Bazı aylarda (Eylül, Ekim, Mayıs) yapılan analiz sonucunda çok az yağ asiti belirlenmiştir. Bu dönemlerde, analiz için yeterli örnek miktarının sağlanamadığından bazı yağ asitlerinin belirlenemediği düşünülmektedir.

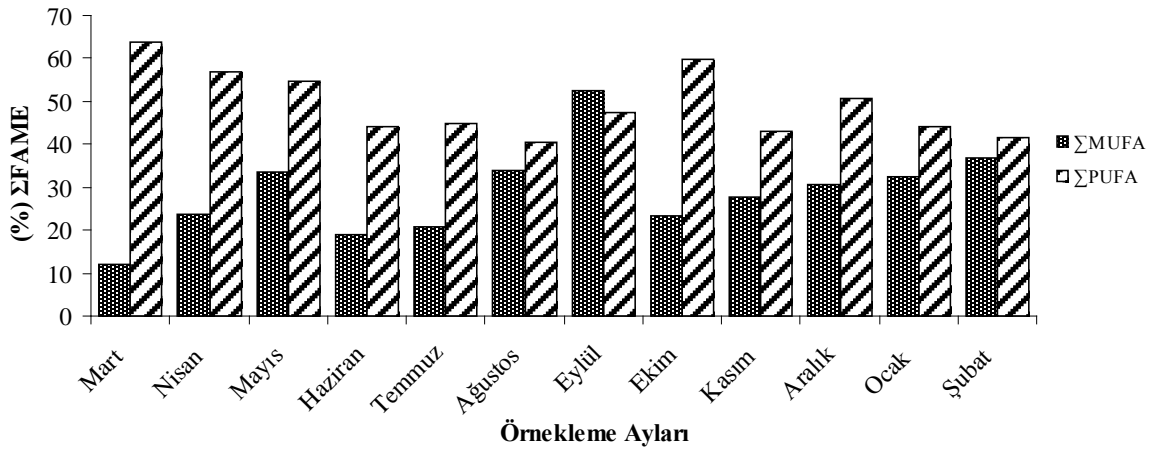
Küçük kopepodlarda, örnekleme dönemleri içinde, Eylül ayında SFA'dan hiçbirine rastlanmamıştır ve bu dönem Σ SFA'nın en düşük olduğu dönem olarak belirlenmiştir. Σ SFA, Eylül ayı dışında en düşük Mayıs ve en yüksek Haziran ayları olmak üzere % 12.0302-36.6562 arasında değişim göstermiştir (Şekil 53). İstatistiki açıdan bakıldığında, yapılan varyans analizi sonucunda 10 homojen grup tespit edilmiştir ve Haziran, Temmuz, Eylül, Kasım ve Şubat aylarının her biri birer grup oluşturarak, birbirlerinden ve diğer aylardan tamamen farklılık göstermişlerdir ($p < 0.05$) (Tablo 13)

Örnekleme dönemleri içindeki Σ FAME'nin tamamının Eylül ayında USFA olduğu görülmektedir. Eylül ayı dışında Σ USFA'nın en düşük değerini % 63.3438 ile Haziran ayında, en yüksek değerini ise % 87.9708 ile Mayıs ayında aldığı belirlenmiştir (Şekil 53). USFA'da ise, yapılan varyans analizi sonucunda 7 homojen grup tespit edilmiştir ve Mayıs, Eylül ve Kasım aylarının her biri birer grup oluşturarak diğer aylarla ve birbirleri ile aralarındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 15).



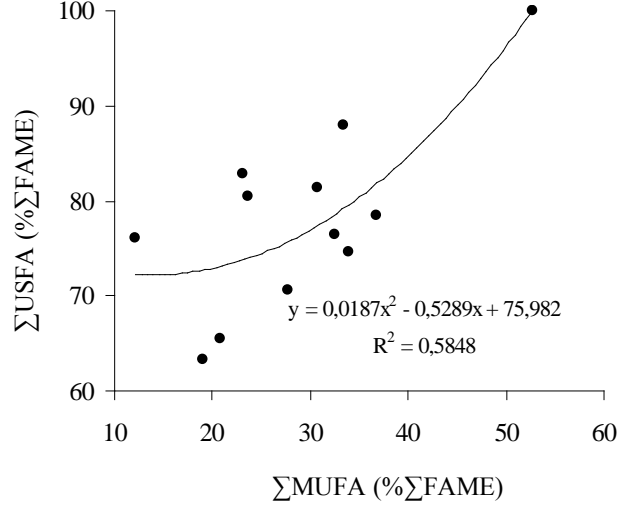
Şekil 52. Küçük kopepodlarda Σ SFA ve Σ USFA'daki aylık değişimler (%)

Σ MUFA en düşük Mart ve en yüksek Eylül ayları olmak üzere, % 12.0302-52.6595 arasında değişim göstermiştir (Şekil 54, Tablo 12). Bu dönemlerin yanında, Kasım ayı da % 27.6639 ile diğer aylardan tamamen farklılık göstermiştir ($p < 0.05$) (Tablo 12). Buna karşın, Σ PUFA ise, en yüksek değerini % 63.9050 ile Mart ayında alırken, en düşük değerini % 40.6430 ile Ağustos ayında almıştır (Şekil 55). Σ PUFA'da da diğer gruplarda olduğu gibi zamana bağlı değişimin önemli olduğu, özellikle Mart, Eylül, Ekim ve Aralık aylarının farklı homojen gruplar oluşturarak, diğer aylardan ve birbirlerinden önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0.05$) (Tablo 15).



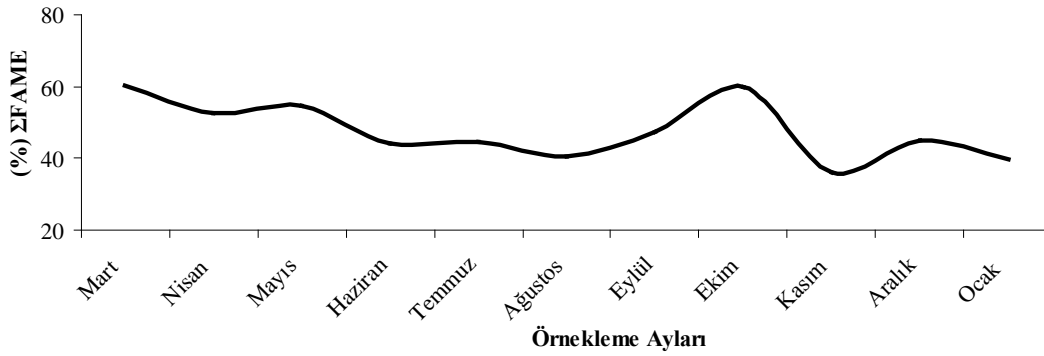
Şekil 53. Küçük kopepodlarda Σ MUFA ve Σ PUFA'deki aylık değişimler (%)

İstatistiksel olarak, yağ asiti grupları arasında en önemli ilişkinin MUFA ve USFA arasında polinomal ($R^2=0.6303$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 55).

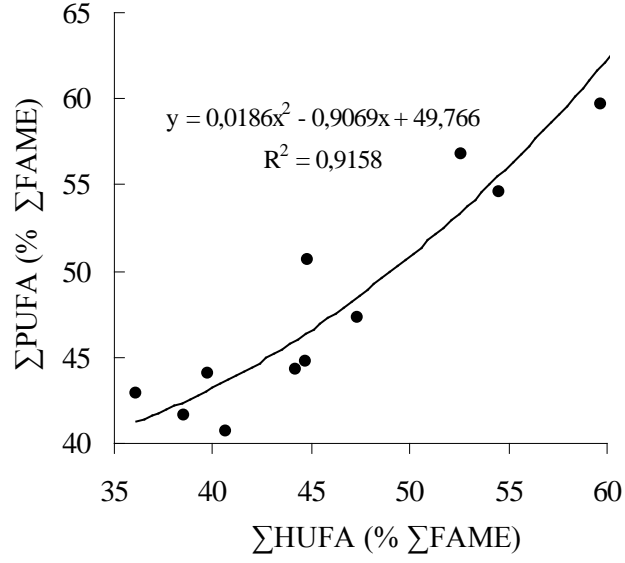


Şekil 54. Σ MUFA ve Σ USFA arasındaki ilişki

Σ HUFA'da en düşük kısım ve en yüksek Mart ayları olmak üzere, % 36.0987-60.3052 aralığında değişim göstermiştir (Şekil 56). Örnekleme dönemleri boyunca Σ HUFA'daki değişim incelendiğinde, 6 homojen grup tespit edilmiştir ve Nisan, Mayıs ve Ekim ve Mart ayları ayrı birer grup oluşturarak, istatistiki açıdan diğer aylardan ve birbirlerinden farklılık göstermişlerdir ($p<0.05$) (Tablo 13). Σ HUFA ile de en önemli ilişkinin Σ PUFA arasında polinomal ($R^2=0.9158$) olduğu görülmüştür (Şekil 57).

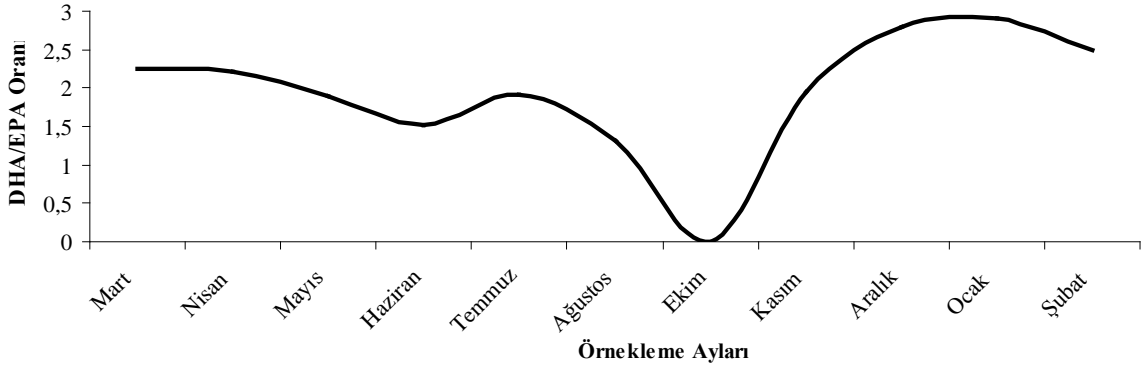


Şekil 55. Küçük kopepodlarda Σ HUFA'daki aylık değişimler (%)



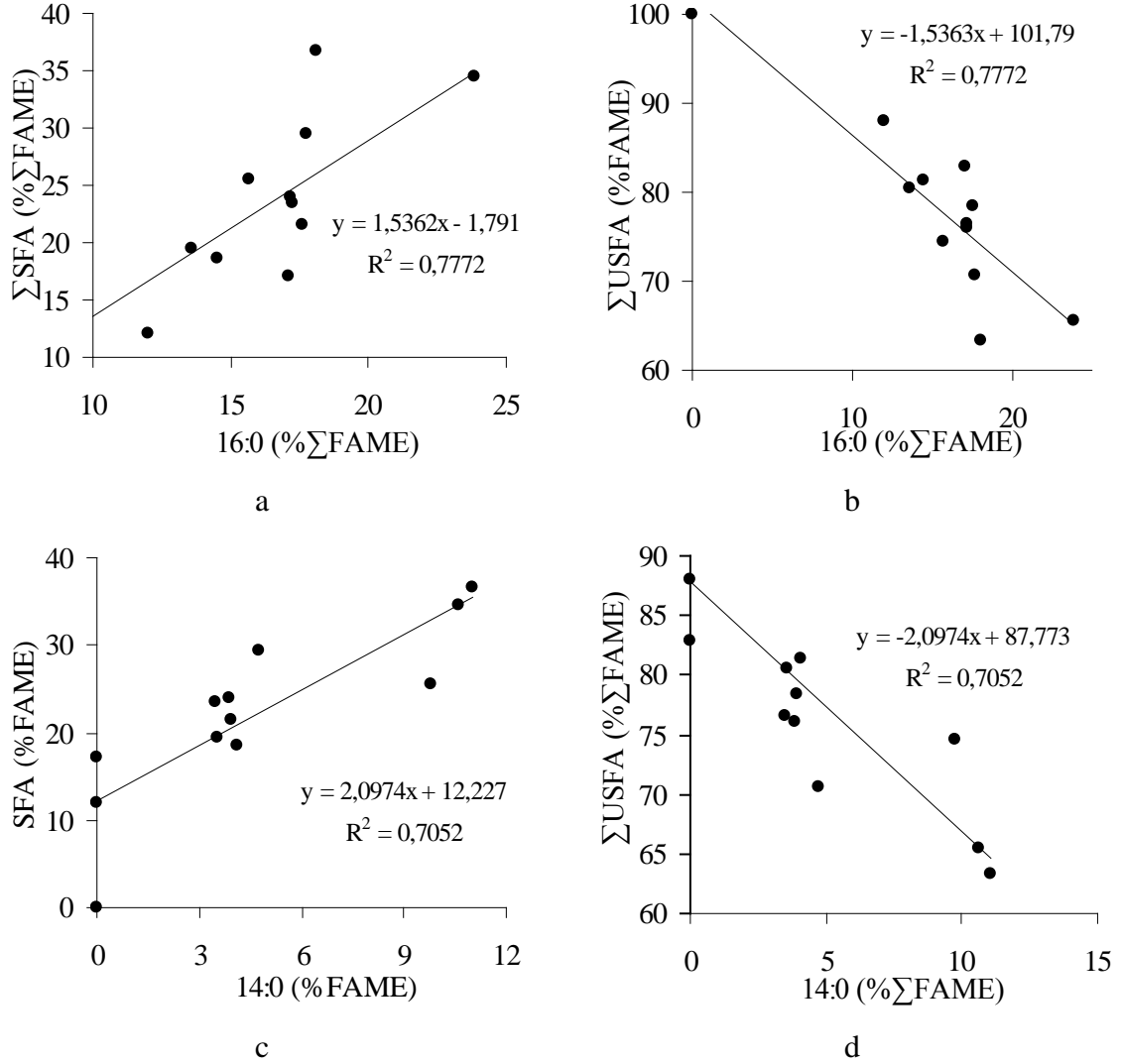
Şekil 56. Σ HUFA ve Σ PUFA arasındaki ilişki

Omega-3 yağ asitlerinden olan, DHA (22:6 n-3) ve EPA (20:5 n-3) oranının (DHA/EPA) örnekleme dönemleri içindeki en yüksek değerleri 2.9026 ile Aralık ve 2.785 ile Kasım aylarında, en düşük değerleri ise, Eylül ayı dışında, 1.3118 ile Ağustos ve 1.5849 ile Şubat aylarında tespit edilmiştir (Şekil 59). En yüksek değeri aldığı Aralık ayı kendi homojen grubu dışında hiçbir gruba dahil olmaması sebebiyle, istatistiki açıdan diğer aylardan farklılık göstermiştir ($p < 0.05$) (Tablo 15).



Şekil 57. Küçük kopepodların DHA/EPA oranındaki aylık değişimler

Örnekleme dönemleri boyunca, ortalama Σ SFA miktarı % 21.8594 olarak belirlenmiştir. SFA'da en yüksek ortalama değeri, % 15.3941 ile palmitik asit almıştır. palmitik asit örnekleme dönemleri içindeki en yüksek fark grubunu % 23.8835 ile Temmuz ayında oluşturmuştur. Palmitik asite Eylül ayında rastlanmamıştır. Eylül ayından sonra en düşük değerini % 12.0302 ile Mayıs ayında almıştır ve bu iki ay da birbirlerinden bağımsız olarak en düşük fark gruplarını oluşturmuşlardır ($p < 0.05$) (Tablo 13). Palmitik asiti ortalama % 4.5919 ile miristik asit izlemiştir. Miristik asit en yüksek değerini % 11.0369 ile Haziran ayında almıştır (Tablo 13). Palmitik asit ve miristik asitin yağ asiti gruplarından Σ SFA ($R^2 = 0.7772$) ve Σ USFA ($R^2 = 0.7052$) ile aralarında doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 59).



Şekil 59. a-16:0 ile SFA b-16:0 ile USFA c- 14:0 ile SFA d-14:0 ile USFA arasındaki ilişki

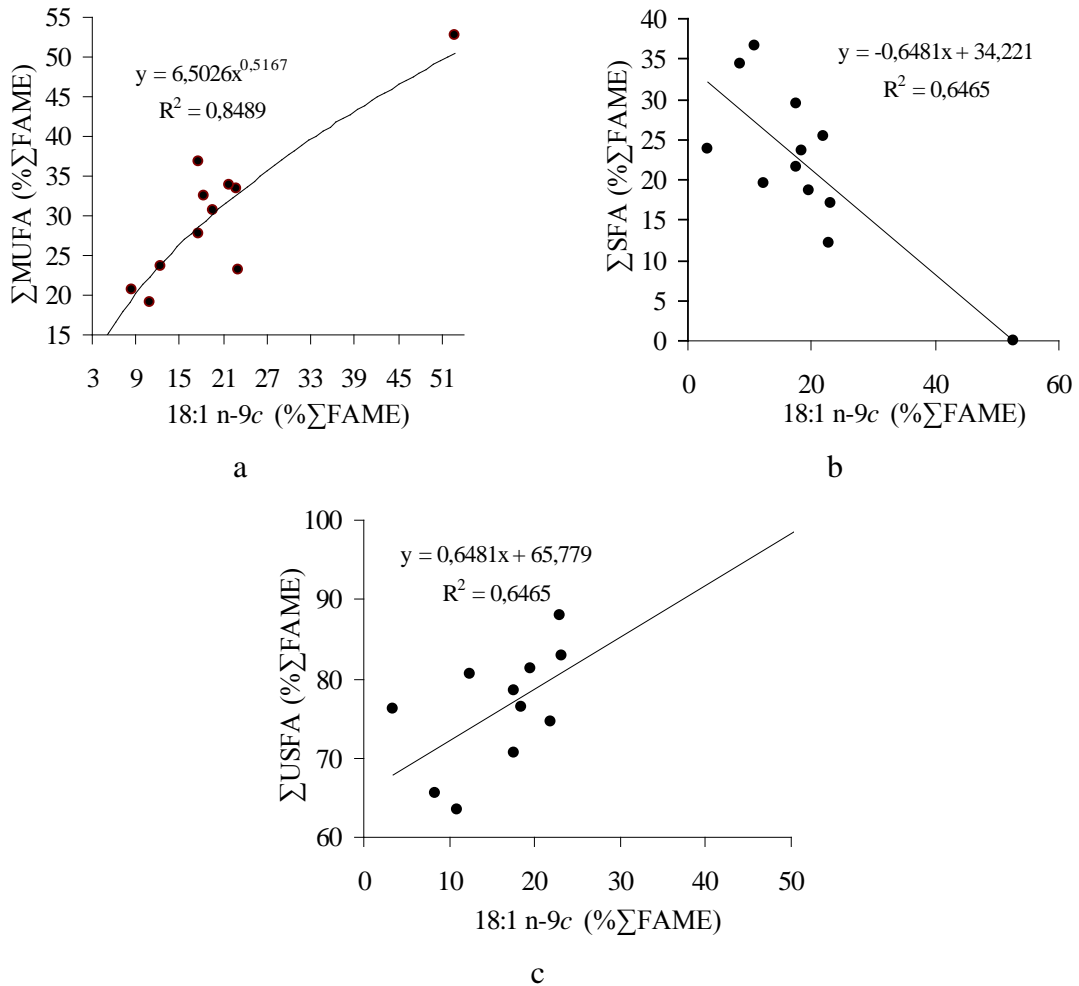
Tablo 13. Küçük kopepodlarda örnekleme dönemlerinde SFA'daki değişim (% Σ FAME)

Yağ Asitleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
13:0	-	-	-	-	-	-
14:0	3,8629±0,1324 ^a	3,55737±0,0185 ^a	-	11,0369±0,3069 ^c	10,604±0,5353 ^{cd}	9,7702±0,0384 ^d
16:0	17,1956±0,104 ^a	13,593±0,5563 ^b	12,0505±0,0353 ^e	18,1052±0,2639 ^a	23,883±0,7833 ^f	15,6989±0,0409 ^{cd}
18:0	2,8502±0,0092 ^c	2,3774±0,0311 ^a	-	-	-	-
22:0	-	-	-	7,5141±0,0190 ^a	-	-
Σ SFA	23,9087±0,1988 ^{cd}	19,528±0,5674 ^b	12,0505±0,0353 ^e	36,6562±0,5543 ⁱ	34,488±1,3044 ^h	25,4691±0,003 ^{cd}
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
13:0	-	-	3,4138 ^a	-	-	-
14:0	-	-	4,737±0,5179 ^b	4,0902±0,1559 ^{ab}	3,4958±0,0959 ^a	3,9482±0,4451 ^{ab}
16:0	-	17,1275±0,1725 ^{ad}	17,7191±0,5409 ^a	14,5229±1,2626 ^{bc}	17,2403±0,0493 ^a	17,6125±0,3962 ^a
18:0	-	-	3,5725±0,0357 ^d	-	2,7534±0,0210 ^b	-
22:0	-	-	-	-	-	-
Σ SFA	-	17,1275±0,1725 ^a	29,4424±0,6161 ^g	18,6131±1,1164 ^{ab}	23,4895±0,0816 ^c	21,5608±0,1631 ^f

“-” O dönem o yağ asitinin olmadığını gösterir. a.b.c.d.e.f.g.h.i.i: Aynı satırdaki harfler ve harf grupları istatistiksel farkı belirtir (p<0,05). (±SD,n=3)

Örnekleme dönemleri boyunca ortalama Σ USFA miktarı % 77.8208 olarak belirlenmiştir. Ortalama Σ USFA'nın % 37.1055'i Σ MUFA iken, % 63.3055'i Σ PUFA olarak tespit edilmiştir.

Σ MUFA'nın örnekleme dönemleri boyunca ortalama değeri % 77.8208 olarak belirlenmiştir. MUFA'da en önemli yağ asitinin ortalama en yüksek değeri % 19.0765 olan oleik asitin *cis* formunun aldığı belirlenmiştir. Oleik asitin zamana bağlı değişimi önemli bulunmakla birlikte yapılan varyans analizi sonucunda, 7 homojen grup tespit edilmiştir. Oleik asitin örnekleme dönemleri içindeki en yüksek değerini % 52.659 ile aldığı Eylül ayı ve en düşük değerini % 3.3522 ile aldığı Mart ayı diğer aylardan ve birbirlerinden tamamen bağımsız farklı homojen gruplar oluşturmuşlardır ($p < 0.05$) (Tablo 14). Ayrıca, oleik asitin, Σ MUFA ile polinomal ($R^2 = 0.8489$), Σ SFA ve Σ USFA ($R^2 = 0.6465$) ile arasında doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 60).



Şekil 58. 18:1 n-9c ve yağ asiti grupları arasındaki ilişki a- Σ MUFA b- Σ SFA c- Σ USFA

Tablo 14. Küçük kopepodlarda örnekleme dönemlerinde MUFA'daki değişim (% Σ FAME)

Yağ Asitleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
15:1	-	1,5409±0,0317 ^a	-	-	-	-
16:1 n-7	-	3,5684±0,1091 ^b	-	1,1895±0,0464 ^c	-	12,0112±0,2629 ^e
18:1 n-9t	-	-	-	-	-	-
18:1 n-9c	3,5217±0,066 ^f	12,3919±1,1683 ^d	22,5599±0,7515 ^b	10,9401±0,028 ^{cd}	8,3604±0,1282 ^c	21,8768±0,1095 ^b
20:1 n-9	8,8341±0,2288 ^c	4,9693±0,0849 ^a	-	-	-	-
20:1 n-X	-	-	-	-	-	-
22:1 n-9	-	1,2090±0,0778 ^a	-	-	-	-
24:1	-	-	10,8581±0,5104 ^b	-	12,4080±1,2195 ^c	-
Σ MUFA	12,1863±0,2953 ^f	23,6795±1,2873 ^a	33,4224±0,4923 ^{bc}	19,1015±0,0186 ^d	20,7690±1,2418 ^{ad}	33,8879±0,1325 ^{ce}
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
15:1	-	-	-	-	-	-
16:1 n-7	-	-	4,0541±0,3113 ^a	4,2141±0,3398 ^a	3,897±0,0234 ^{ab}	8,7991±0,0311 ^d
18:1 n-9t	-	-	-	-	-	3,0555±0,3318 ^a
18:1 n-9c	52,6595±2,1525 ^g	23,1629±0,7263 ^b	17,6791±1,358 ^a	19,598±1,0813 ^a	18,4135±0,5605 ^a	17,6269±0,4204 ^a
20:1 n-9	-	-	5,9307±0,1484 ^b	-	-	-
20:1 n-X	-	-	-	6,9293±0,029 ^a	7,2567±0,0059 ^a	7,3248±0,48 ^a

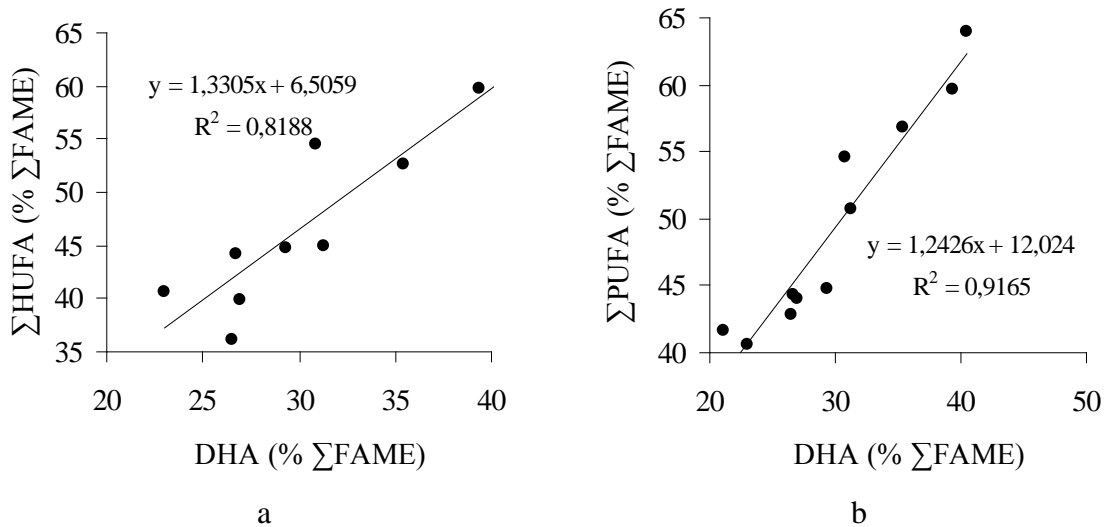
Tablo 14'ün devamı

22:1 n-9	-	-	-	-	-	-
24:1	-	-	-	-	2,8624±0,0266 ^a	-
ΣMUFA	52,6595±2,1525 ^h	23,1629±0,7263 ^a	27,6639±1,2366 ^g	30,7414±1,1905 ^b	32,4296±0,5336 ^{bc}	36,8063±0,3041 ^e

“-” O dönem o yağ asitinin olmadığını gösterir. a.b.c.d.e.f.g.h.i.i: Aynı satırdaki farklı harfler ve harf grupları istatistiki farkı belirtir (p<0.05). (±SD, n=3)

Örnekleme dönemleri boyunca ortalama Σ PUFA miktarı % 49.2648 olarak belirlenmiştir. PUFA'da en önemli yağ asitlerinin, omega-3 yağ asitlerinden olan, DHA (% 31.5463) ve EPA (% 13.8061) olduğu belirlenmiştir. DHA'nın örnekleme dönemleri içindeki en yüksek değeri % 47.3406 ile Eylül ayında tespit edilmiştir. Bu değer Mart ayında % 40.4612'ye, Ekim ayında % 39.4115'e ve Şubat ayında % 21.1582'ye düşerek en düşük değerini almıştır. DHA'nın zamana bağlı değişimi incelendiğinde, yapılan varyans analizi sonucunda, 6 homojen grup tespit edilmiştir. Eylül ve Nisan ayları ayrı homojen gruplar oluşturularak, istatistiksel olarak, diğer aylardan tamamen farklılık göstermişlerdir ($p < 0.05$) (Tablo 15).

DHA ile Σ HUFA ($R^2=0.8188$) ve Σ PUFA arasında doğrusal ($R^2=0.9165$) bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 61).



Şekil 59. a- DHA ve Σ HUFA b-DHA ve Σ PUFA arasındaki ilişki

EPA örnekleme dönemleri içinde en yüksek değerine (% 20.2982) Ekim ayında ulaşmıştır ve Eylül ayında EPA'ya rastlanmamıştır. EPA'nın zamana bağlı değişimi değerlendirildiğinde, Eylül, Ekim ve Şubat aylarının her birinin birer grup oluşturduğu ve diğer aylardan ve birbirlerinden farklılık gösterdikleri görülmüştür ($p < 0.05$) (Tablo 15).

Tablo 15. Küçük kopepodlarda örnekleme dönemlerinde PUFA'daki değişim (% Σ FAME)

Yağ Asitleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
18:2 n-6c	1,8909±0,009 ^c	2,8867±0,007 ^a	-	-	-	-
18:3 n-3c	1,7089±0,013 ^c	2,4584±0,003 ^d	-	-	-	-
20:3 n-6	1,7968±0,017 ^a	-	-	-	-	-
20:5 n-3 (EPA)	18,0472±0,8619 ^d	15,9891±0,5599 ^b	16,3872±0,6027 ^{bc}	17,5162±0,1892 ^{cd}	15,399±0,0564 ^b	17,5897±0,8028 ^{cd}
22:5 n-3	-	-	7,3025±0,3316 ^b	-	-	-
22:6 n-3 (DHA)	40,4612±0,6834 ^d	35,4584±1,2754 ^e	30,8577±0,1973 ^b	26,7263±0,7243 ^a	29,344±0,0962 ^{ab}	23,0532±0,9149 ^c
ΣUSFA	76,0913±0,1988 ^{ac}	80,4722±0,5674 ^b	87,9708±0,0343 ^f	63,3438±0,0554 ^d	65,512±1,3044 ^d	74,5309±0,0026 ^c
ΣPUFA	63,905±0,3134 ⁱ	56,7926±0,7215 ^e	54,5474±0,496 ^e	44,2423±0,5359 ^a	44,744±0,1521 ^a	40,643±0,1306 ^b
ΣHUFA	60,30523±0,3302 ^f	52,6565±0,6537 ^e	54,5474±0,4960 ^e	44,2423±0,5359 ^b	44,7438±0,1521 ^{bc}	40,6430±0,1307 ^a
DHA/EPA	2,242±0,146 ^{de}	2,2176±0,2459 ^{ade}	1,8859±0,1209 ^{ac}	1,5262±0,0578 ^b	1,9055±0,0014 ^{ac}	1,314±0,1306 ^b
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
18:2 n-6c	-	-	3,8165±0,0423 ^d	2,771±0,1182 ^a	3,1579±0,027 ^b	3,0776±0,0962 ^b
18:3 n-3c	-	-	2,9785±0,5797 ^a	3,0197±0,1795 ^a	1,1306±0,0088 ^b	-
20:3 n-6	-	-	-	-	-	-
20:5 n-3 (EPA)	-	20,2982±0,5218 ^f	9,5373±0,5789 ^a	10,7715±0,3784 ^a	10,7878±0,1822 ^a	13,3499±0,4232 ^e
22:5 n-3	-	-	-	2,81716±0,0054 ^b	-	-
22:6 n-3 (DHA)	47,3406±2,1526 ^f	39,4115±1,420 ^d	26,5613±0,9225 ^a	31,2660±1,0542 ^b	26,9163±0,3926 ^a	21,1582±0,5422 ^c

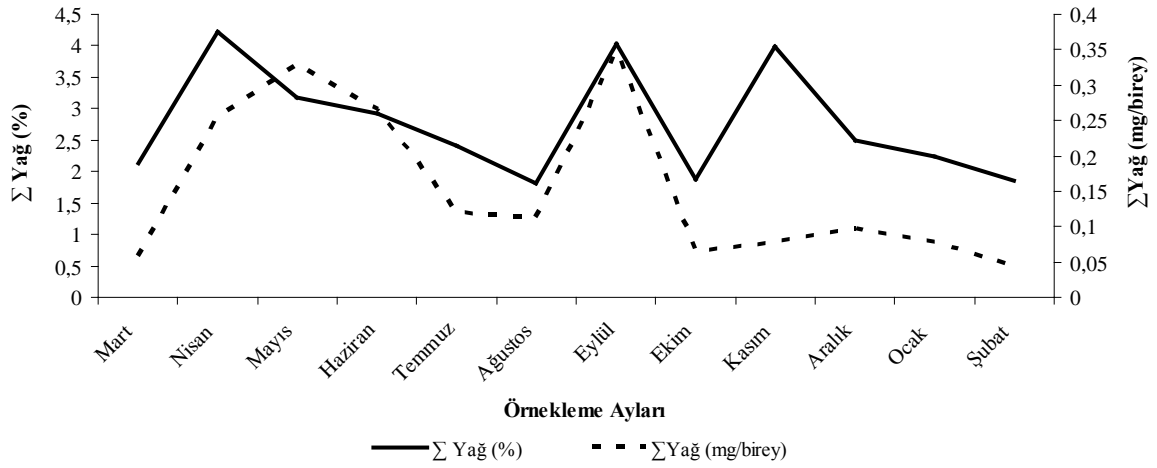
Tablo 15'in devamı

ΣUSFA	100±0 ^g	82,8726±3,196 ^{ab}	70,5576±0,6161 ^e	81,3869±1,1164 ^b	76,5105±0,0816 ^{ac}	78,4392±0,1631 ^{ab}
ΣPUFA	47,3406±2,1526 ^f	59,7097±0,8988 ^h	42,8937±0,7813 ^{abc}	50,6454±1,1885 ^g	44,0809±0,61 ^{ac}	41,6329±0,4523 ^{bc}
ΣHUFA	47,3406±2,1526 ^c	59,7097±0,8988 ^f	36,0987±1,3822 ^d	44,8567±1,2070 ^{bc}	39,7925±0,6281 ^a	38,5553±0,4965 ^{ad}
DHA/EPA	-	1,9416±0,1199 ^{ad}	2,785±0,1289 ^{fg}	2,9026±0,1238 ^g	2,4951±0,0072 ^{ef}	1,5849±0,0097 ^{bc}

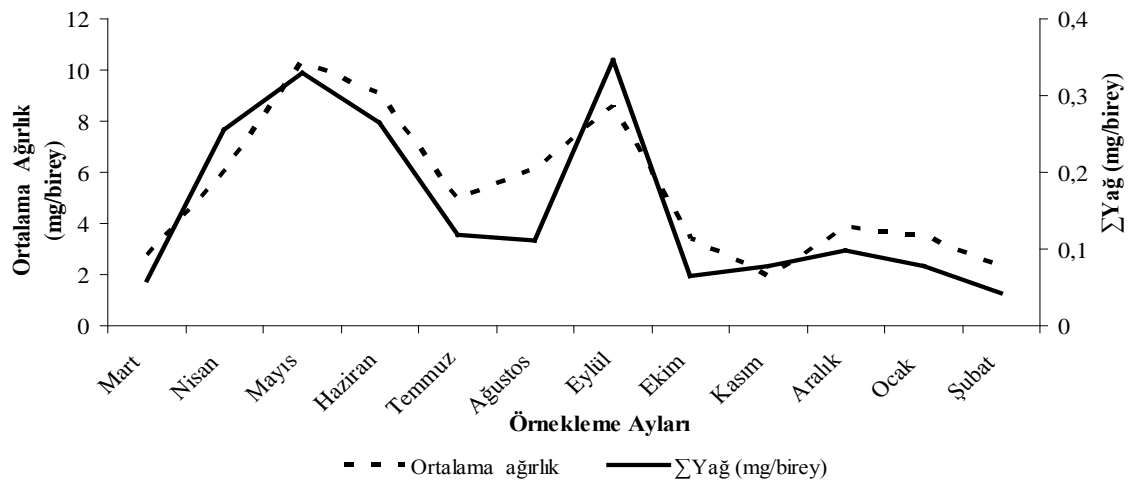
“-” O dönem o yağ asitinin olmadığını gösterir. a.b.c.d.e.f.g.: Aynı satırdaki farklı harfler ve harf grupları istatistiki farkı belirtir (p<0.05). (±SD,n=3)

3.4.3. *Sagitta setosa*'nın Toplam Yağ Miktarı ve Yağ Asiti Kompozisyonu

Sagitta setosa'da toplam yağ (Σ Yağ) yaş ağırlıkta (WW) % ve birey başına mg (mg/birey) olarak (Mart 2012-Şubat 2013) belirlenmiştir. Σ Yağ (%) ve Σ Yağ (mg/birey)'nin örnekleme dönemine bağlı olarak değiştiği, en yüksek ve en düşük değerleri hemen hemen aynı dönemlerde (Σ Yağ %: 1.8177;1.8650-4.2198;4.0259 Ağustos;Şubat-Nisan;Eylül; Σ Yağ mg/birey: 0.0427;0.0592-0.3470;0.3296 Şubat;Mart-Eylül;Mayıs) aldıkları belirlenmiştir. (Şekil 62). Birey başına ortalama ağırlık ise, en düşük Kasım ve en yüksek Mayıs ayları olmak üzere 1.96-10.36 mg/birey arasında değişmiştir (Şekil 63).



Şekil 60. *Sagitta setosa*'nın toplam yağ miktarının (Σ Yağ) (%; mg/birey) aylık değişimi

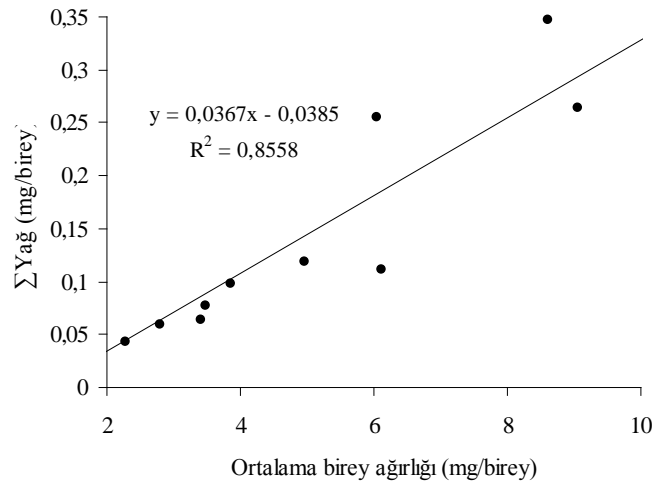


Şekil 61. *Sagitta setosa*'nın toplam yağ miktarı (mg/birey) ve ortalama birey ağırlığının (mg/birey) aylık değişimi

Tablo 17. Σ Yağ miktarı (% , mg/birey) için, örnekleme dönemleri arasında gerçekleştirilen varyans analizi tablosu ($p < 0.05$)

Aylar	Σ yağ (%)	1	2	3
Ağustos	1,8177	a		
Şubat	1,8650	a		
Ekim	1,8826	a		
Mart	2,1243	ab	ab	
Ocak	2,2306	ab	ab	
Temmuz	2,4043	abc	abc	abc
Aralık	2,4955	abc	abc	abc
Haziran	2,917	abc	abc	abc
Mayıs	3,1800	abc	abc	abc
Kasım	3,9930		bc	bc
Eylül	4,0259		bc	bc
Nisan	4,2198			c

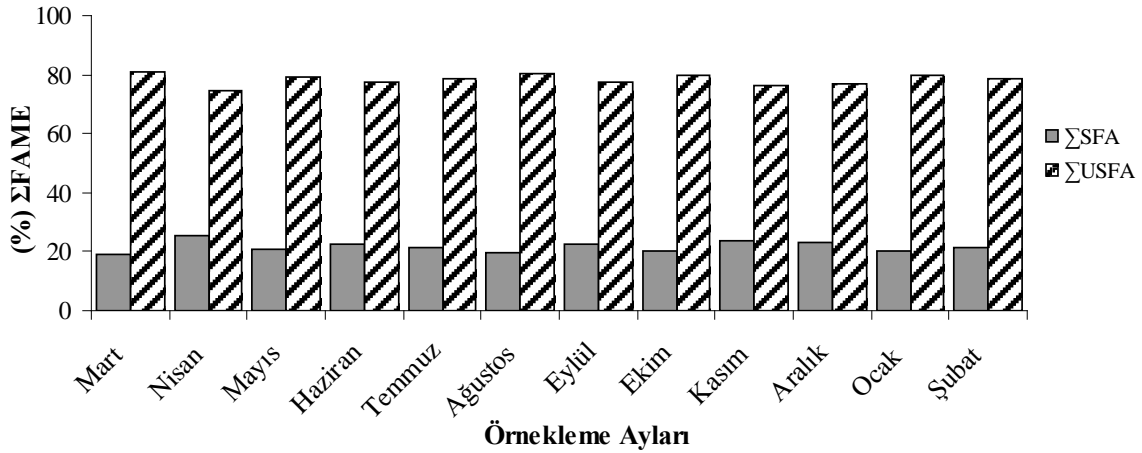
Aylar	Σ Yağ (mg/birey)	1	2	3
Şubat	0,0427	a		
Mart	0,0592	a		
Ekim	0,0642	a		
Ocak	0,0776	a		
Kasım	0,0782	a		
Aralık	0,0974	a		
Ağustos	0,1112	a		
Temmuz	0,1193	ac		ac
Nisan	0,2548		bc	bc
Haziran	0,2646		b	
Mayıs	0,3296		b	
Eylül	0,3470		b	



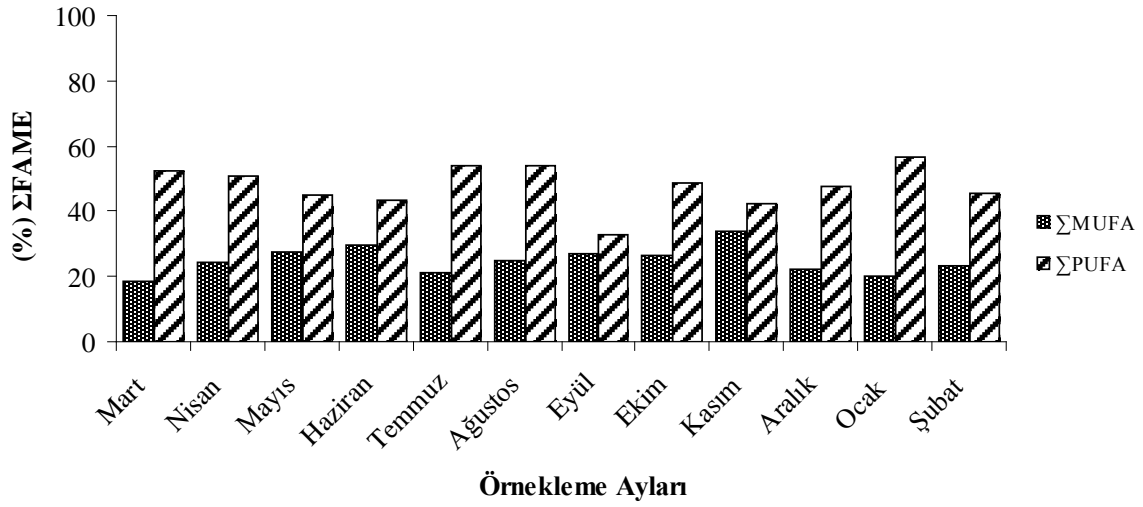
Şekil 62. Σ Yağ (mg/birey) ve ortalama birey ağırlığı (mg/birey) arasındaki ilişki

Sagitta setosa' nin toplam yağ asiti metil esterlerindeki (Σ FAME), doymuş yağ asitleri (Σ SFA) ve doymamış yağ asitleri (Σ USFA) içeriği 12 ay (Mart 2012- Şubat 2013) boyunca incelenmiştir.

Örnekleme dönemleri içinde, Σ SFA içeriğinin en yüksek % 25.2617 ile Nisan, en düşük % 18.8697 ile Mart ayında belirlenmiştir (Şekil 66). Özellikle Nisan ayının diğer aylarla arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Σ SFA' nın en düşük olduğu dönem olan Mart ayı, Σ USFA' nin en yüksek (% 81.1303) olduğu dönem olarak tespit edilmiştir (Şekil 65). Σ USFA' nin en düşük değerini aldığı Nisan ayı diğer aylardan istatistiki olarak tamamen farklılık göstermiştir ($p < 0.05$) (Tablo 18). Σ MUFA da, istatistiki olarak, diğer aylardan tamamen farklılık gösteren Kasım ayında % 25.9102 ile en yüksek değerine ulaşırken, Kasım ayının ardından Aralık ayında hızlı bir düşüş göstererek % 14.8023 ile en düşük değerini almıştır. Σ PUFA ise, % 64.4127 ile Ocak ayında en yüksek değerine ulaşmıştır ve bunu % 62.72 ile Ekim ayı izlemiştir (Şekil 66). Σ PUFA' nin en düşük değeri ise, Aralık ayında (% 50.6392) tespit edilmiştir. En yüksek ve en düşük değerini aldığı Ocak ve Aralık ayları, kendi homojen grupları dışında diğer hiçbir gruba dahil olmaması sebebiyle istatistiki açıdan diğer aylardan farklılık göstermişlerdir ($p < 0.05$) (Tablo 18).

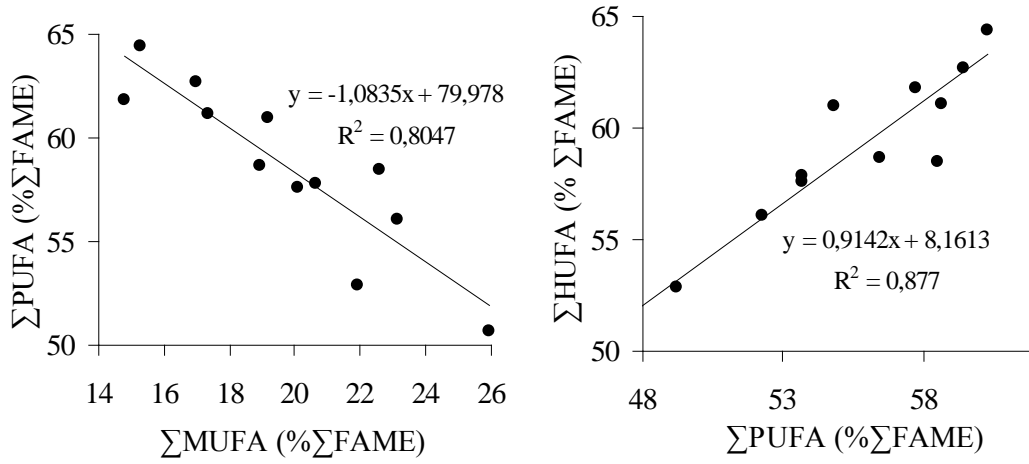


Şekil 63. *Sagitta setosa*'da Σ SFA ve Σ USFA'daki aylık değişimler (%)



Şekil 64. *Sagitta setosa*'da Σ MUFA ve Σ PUFA'daki aylık değişimler (%)

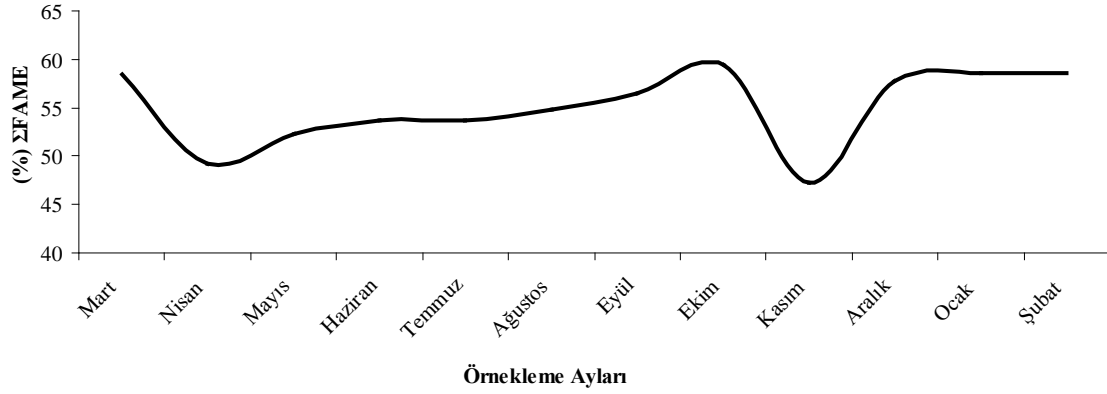
Yağ asiti grupları arasındaki en önemli ilişkinin Σ PUFA ile Σ MUFA ($R^2=0.8047$) ve Σ HUFA arasında doğrusal ($R^2=0.877$) olduğu görülmüştür (Şekil 67).



Şekil 65. a- Σ PUFA ve Σ MUFA b- Σ PUFA ve Σ HUFA arasındaki ilişki

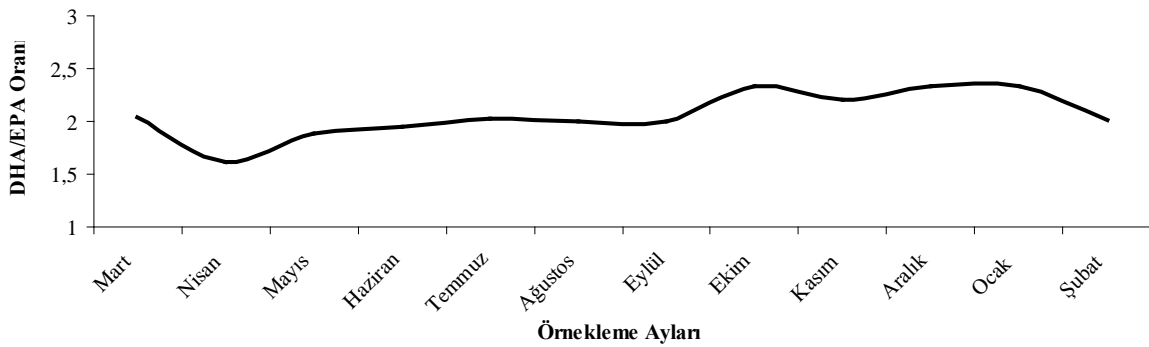
Sucul ekosistemlerde önemli olan diğer bir grup olan Σ HUFA'nın örneklem dönemlerinde, en yüksek değerleri % 60.2697 ile Ocak ve % 59.4154 ile Ekim aylarında, en düşük değeri ise % 49.2235 ile Nisan ayında tespit edilmiştir (Şekil 68). Yapılan varyans analizi sonucunda, Σ HUFA'da zamana bağlı değişimin önemli olduğu bulunmuş ve 7 homojen grup tespit edilmiştir. Kasım ve Ocak ayları kendi homojen grubu dışında

hiçbir gruba dahil olmayarak, HUFA'nın Kasım ve Ocak aylarında aldığı değerler, istatistiki açıdan diğer aylardan tamamen farklılık göstermişlerdir ($p<0.05$) (Tablo 20).



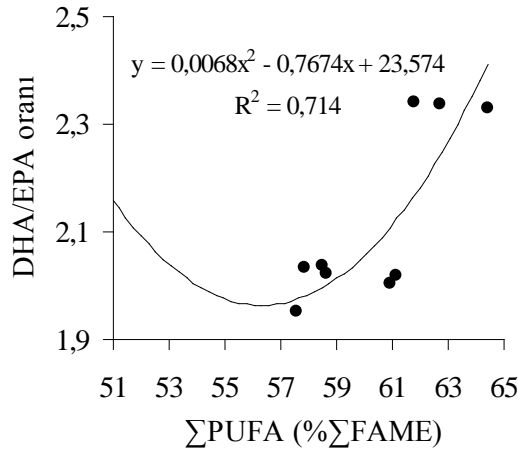
Şekil 66. *Sagitta setosa*'da Σ HUFA'daki aylık değişimler (%)

DHA ve EPA oranının (DHA/EPA) örneklem dönemleri içinde en yüksek değeri, Aralık ayında (2.339), en düşük değeri ise, Nisan ayında (1.6158) tespit edilmiştir (Şekil 80). Yapılan varyans analizi sonucunda, 4 homojen grup tespit edilmiştir ve Nisan ayının istatistiki olarak, diğer aylardan tamamen farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p<0.05$) (Tablo).



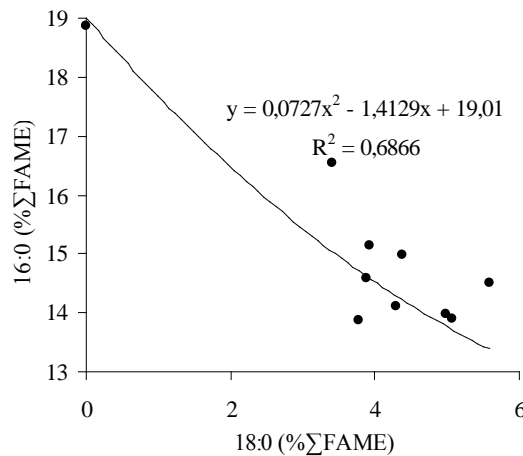
Şekil 69. *Sagitta setosa*'nın DHA/EPA oranındaki aylık değişimler

DHA/EPA oranı ile en önemli ilişkinin Σ PUFA arasında polinomal ($R^2=0.714$) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 70).



Şekil 67. DHA/EPA oranı ve ΣPUFA arasındaki ilişki

Örnekleme dönemleri boyunca, ortalama ΣSFA miktarı % 21.6537 olarak belirlenmiştir. SFA'da en yüksek ortalama değeri, % 14.6052 ile palmitik asit almıştır. Palmitik asit örnekleme dönemleri içindeki en yüksek değerine Mart (% 18.8697) ayında ulaşmıştır. Mart ayından sonra Nisan ayında % 16.5385 ile ikinci büyük değerini alırken, dalgalanmalar göstererek düşmeye başlamış ve Ağustos ayında % 11.8459'e düşerek, en düşük değerini almıştır. Palmitik asitin zamansal değişimi incelendiğinde, 5 homojen grup belirlenmiştir. Bu gruplardan Mart ayı tek başına bir grup oluşturarak, istatistiki olarak diğer aylardan tamamen farklılık göstermiştir ($p < 0.05$) (Tablo 16). Palmitik asiti ortalama % 4.0634 ile stearik asit izlemiştir. Stearik asit en yüksek değerini % 5.5909 ile Ekim ayında alırken, Mart ayında görülmemiştir (Tablo 16). Palmitik asit ile stearik asit arasında polinomal ($R^2 = 0.6866$) bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 71).



Şekil 68. 16:0 ve 18:0 arasındaki ilişki

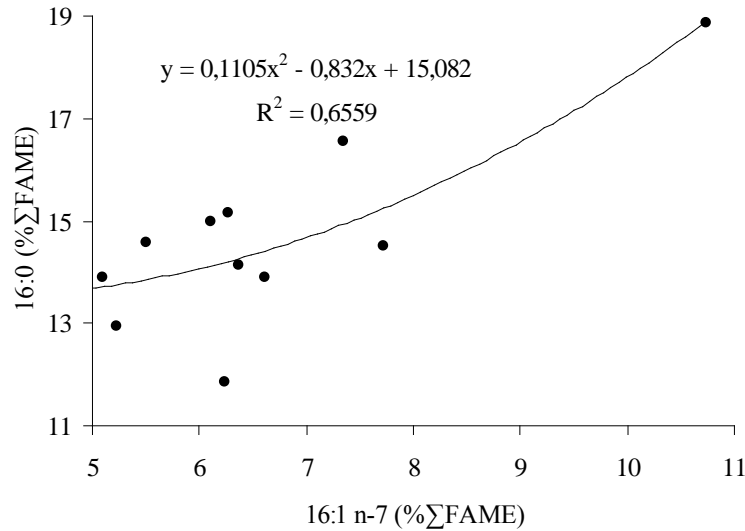
Tablo 18. *Sagitta setosa*'da örnekleme dönemlerinde SFA'daki değişim (% Σ FAME)

Yağ Asitleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
14:0	-	1,207±0,0555 ^b	1,7345±0,3495 ^b	2,6233±0,0854 ^c	2,7475±0,1031 ^c	1,8609±0,0815 ^b
15:0	-	0,4162±0,0253 ^{abc}	-	0,6634±0,0418 ^b	-	-
16:0	18,8697±0,5296 ^e	16,5385±0,2385 ^d	15,1421±0,622 ^{ad}	14,5815±0,0705 ^a	13,8817±0,3631 ^{ab}	11,8459±0,0549 ^c
17:0	-	1,3572±0,0461 ^{abc}	-	0,6009±0,0156 ^d	1,1199±0,3196 ^a	1,4824±0,1092 ^c
18:0	-	3,4024±0,0311 ^d	3,9292±0,1343 ^{ad}	3,8741±0,0566 ^{ad}	3,779±0,0371 ^{ad}	4,698±0,0253 ^{bc}
20:0	-	0,8328±0,0143 ^a	-	-	-	-
22:0	-	0,5201±0,0893 ^a	-	-	-	-
24:0	-	0,9875±0,0271 ^a	-	-	-	-
Σ SFA	18,86973±0,5296 ^c	25,2617±0,0433 ^e	20,80573±0,8371 ^{ab}	22,34323±0,1384 ^{bd}	21,52807±0,6254 ^{ab}	19,8872±0,0803 ^{ac}
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
14:0	3,0125±0,9997 ^c	-	4,5202±2,5149 ^c	1,7515±0,0309 ^b	1,337±0,079 ^{ab}	1,0019±0,2083 ^b
15:0	-	-	-	-	-	-
16:0	14,9928±0,2913 ^a	14,507±0,6355 ^a	12,9268±1,0198 ^{bc}	13,9651±0,2808 ^{ab}	13,8939±0,6375 ^{ab}	14,1171±0,1528 ^{ab}
17:0	-	-	1,2678±0,0357 ^{abc}	1,436±0,0241 ^{bc}	-	1,1335±0,1307 ^{ab}
18:0	4,3817±0,2495 ^{abc}	5,5908±0,3777 ^{ce}	4,7359±0,7365 ^b	4,9959±0,0145 ^{bce}	5,0726±0,0562 ^{ce}	4,3007±0,0941 ^{ab}
20:0	-	-	-	-	-	-
22:0	-	-	-	-	-	-
24:0	-	-	-	1,25±0,3932 ^a	-	0,9583±0,0843 ^a
Σ SFA	22,3869±0,4589 ^{bd}	20,0978±1,0131 ^{ac}	23,4507±0,7784 ^d	23,39853±0,1937 ^d	20,3035±0,6073 ^{ac}	21,5115±0,3391 ^{ab}

“-” O dönem o yağ asitinin olmadığını gösterir. a.b.c.d.e.f: Aynı satırdaki harfler ve harf grupları istatistiki farkı belirtir (p<0.05). (±SD,n=3)

Örnekleme dönemleri boyunca ortalama Σ USFA miktarı % 78.3463 olarak belirlenmiştir. Ortalama Σ USFA'nın % 25.3575'i Σ MUFA iken, % 74.6425'i Σ PUFA olarak tespit edilmiştir.

Σ MUFA'nın örnekleme dönemleri boyunca ortalama değeri % 78.3463 olarak belirlenmiştir. MUFA'da en önemli yağ asitinin ortalama en yüksek değeri % 9.4055 ile oleik asitin *cis* formunun olduğu tespit edilmiştir. Oleik asitin zamansal değişimi de önemli bulunmakla birlikte yapılan varyans analizi sonucunda, 5 homojen grup tespit edilmiştir. Oleik asitin örnekleme dönemleri içindeki en yüksek değerini % 11.8984 ile aldığı Mart ayı ve % 7.145 ile en düşük değerini aldığı Şubat ayı kendi, homojen grupları dışında hiçbir gruba dahil olmadıkları için, istatistiki, olarak diğer aylardan farklılık göstermişlerdir ($p < 0.05$) (Tablo 19). Oleik asiti, ortalama % 7 ile palmitoleik asit takip etmiştir. Palmitoleik asitin de zamana bağlı değişimi önemli bulunmakla birlikte, yapılan varyans analizi sonucunda 7 homojen grup tespit edilmiştir ve istatikselsel olarak, Mart ayının diğer aylardan tamamen farklılık gösterdiği bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 19). Palmitoleik asit ile de en önemli ilişkinin palmitik asit arasında polinomal ($R^2 = 0.6559$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 72).



Şekil 69. 16:1 n-7 ve 16:0 arasındaki ilişki

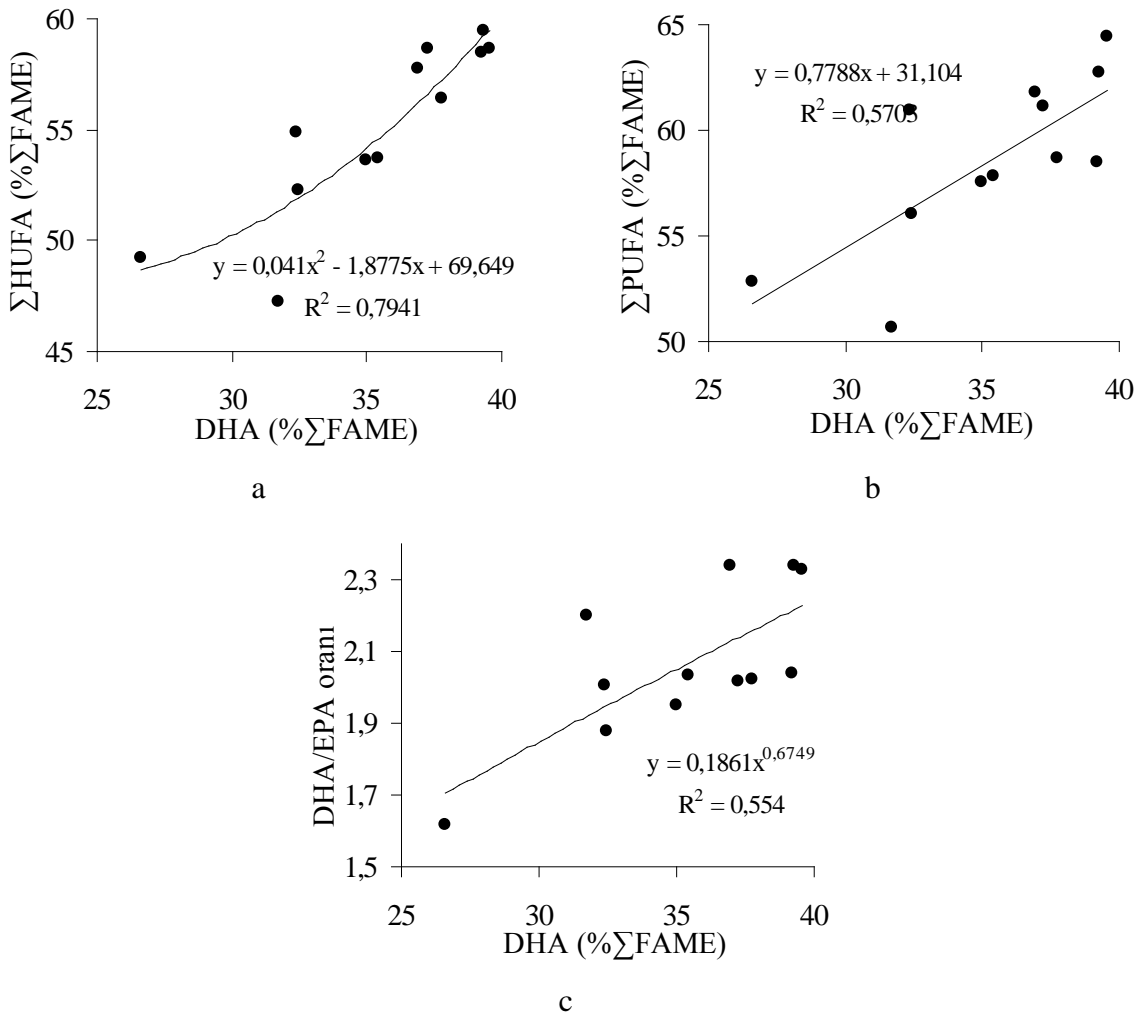
Tablo 19. *Sagitta setosa*'da örnekleme dönemlerinde MUFA'daki değişim (% Σ FAME)

Yağ Asitleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
15:1	-	-	-	-	-	-
16:1 n-7	10,743±0,6268 ^g	7,35±0,1693 ^{ef}	6,2759±0,0071 ^{ab}	5,5093±0,0854 ^{acd}	6,6066±0,2048 ^{bc}	6,2332±0,2853 ^{abd}
18:1 n-9t	-	-	1,0363±1,0204 ^a	1,0185±0,0123 ^a	1,0654±0,0062 ^a	-
18:1 n-9c	11,8984±0,4151 ^e	9,9767±0,1509 ^{ad}	9,3022±0,3607 ^a	10,8987±0,5763 ^{de}	11,1265±0,4997 ^{de}	8,571±0,0885 ^{abc}
20:1 n-9	-	0,4304±0,0136 ^c	1,214±0,0139 ^a	1,2465±0,0727 ^a	0,9003±0,012 ^d	-
20:1 n-X	-	-	2,4462±0,026 ^c	1,3946±0,0626 ^d	0,947±0,0092 ^a	-
22:1 n-9	-	0,6296±0,0395 ^a	-	0,6186±0,0212 ^a	0,9059±0,017 ^a	2,6413±0,1912 ^b
24:1	-	-	-	-	-	1,7038±0,1628 ^a
Σ MUFA	22,6116±0,9975 ^{ef}	21,8917±0,2639 ^{def}	23,1363±0,3814 ^f	20,0676±0,4941 ^{bd}	20,6458±0,3016 ^{bde}	19,1494±0,5897 ^{ab}
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
15:1	-	-	-	-	-	1,16117±0,05272 ^a
16:1 n-7	6,1044±0,9997	7,7265±0,6355 ^f	5,2304±0,0137 ^{cd}	4,9691±0,2526 ^c	5,0938±0,0797 ^c	6,3616±0,1826 ^{ab}
18:1 n-9t	-	-	1,613±0,0501 ^c	-	-	1,2265±0,0766 ^b
18:1 n-9c	10,9255±0,2181 ^{de}	9,2842±0,2373 ^a	7,6689±1,3619 ^{bc}	7,302±0,2721 ^{bc}	8,7674±0,57 ^{ac}	7,145±0,0268 ^b
20:1 n-9	1,933±0,0565 ^b	-	1,9211±0,13 ^b	-	-	-
20:1 n-X	-	-	3,1838±0,1221 ^d	-	-	-
22:1 n-9	-	-	6,2931±0,1912 ^c	0,7028±0,0399 ^a	-	-
24:1	-	-	-	-	-	-
Σ MUFA	18,9629±0,1066 ^b	17,0107±0,8089 ^{ac}	25,9102±1,7686 ^g	14,8023±0,43 ^g	15,2837±0,8416 ^{cg}	17,3737±0,046 ^{ac}

“-” O dönem o yağ asitinin olmadığını gösterir. a.b.c.d.e.f.g: Aynı satırdaki farklı harfler ve harf grupları istatistikî farkı belirtir (p<0.05). (±SD, n=3)

Örnekleme dönemleri boyunca ortalama Σ PUFA miktarı % 58.4796 olarak belirlenmiştir. PUFA'da en yüksek değere omega-3 yağ asitlerinden olan, DHA (% 35.2939) ve EPA'nın (% 17.0342) sahip olduğu belirlenmiştir. DHA'nın örnekleme dönemleri içindeki en yüksek değeri % 39.5365 ile Ocak ayında tespit edilmiştir. Ocak ayını çok yakın değerlerle Ekim (% 39.3037) ve Mart (% 39.2302) ayları takip ederken, Nisan ayında % 26.6144'e düşerek en düşük değerini almıştır. DHA'nın zamana bağlı değişimi incelendiğinde, yapılan varyans analizi sonucunda, 5 homojen grup tespit edilmiştir. Nisan ayı istatistiksel olarak, diğer aylardan tamamen farklılık göstermiştir ($p < 0.05$) (Tablo 20).

DHA ve Σ HUFA arasında polinomal ($R^2=0.7164$), DHA ve Σ PUFA arasında doğrusal ($R^2=0.5703$) ve DHA ve DHA/EPA arasında üssel ($R^2=0.554$) bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 73).



Şekil 70. DHA ve yağ asiti grupları arasındaki ilişki a- Σ HUFA b- Σ PUFA c-DHA/EPA oranı

EPA örnekleme dönemleri içinde en yüksek değerine % 19.2586 ile Mart ayında ulaşmıştır. Mart ayını % 18.675 ile Eylül ayı izlerken, en düşük değerini % 14.4263 ile Kasım ayında almıştır ve Kasım ayı istatistiki olarak diğer aylardan tamamen farklılık göstermiştir ($P<0.05$) (Tablo 20).

Tablo 20. *Sagitta setosa*'da örnekleme dönemlerinde PUFA'daki değişim (% Σ FAME)

Yağ Asitleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
18:2 n-6c	-	1,9234±0,04 ^{ac}	2,4103±0,0152 ^{ab}	2,187±0,0562 ^{ab}	2,2462±0,0866 ^{ab}	3,6855±0,2568 ^d
18:3 n-3c	-	1,6797±0,015 ^{bc}	1,3716±0,0832 ^{abc}	1,1328±0,0343 ^{ab}	0,9632±0,0074 ^a	2,439±0,4243 ^d
20:2 n-6	-	2,514±0,0084 ^e	1,4009±0,0119 ^b	-	-	-
20:3 n-6	-	0,2507±0,0255 ^b	-	-	-	2,7677±0,3306 ^a
20:4 n-3	-	1,7895±0,0123 ^a	1,5286±0,0089 ^{ab}	-	-	2,4944±0,1594 ^d
20:4 n-6	-	0,5277±0,0064 ^a	-	0,7474±0,0231 ^b	0,8791±0,0215 ^c	-
22:2	-	0,505±0,0039 ^a	-	-	-	1,5732±0,0437 ^b
20:5 n-3 (EPA)	19,2586±0,337 ^e	16,4474±0,1185 ^{ab}	16,9015±0,2978 ^a	17,9184±0,143 ^{cd}	17,4234±0,168 ^{ac}	15,6225±0,3949 ^b
22:5 n-3	-	0,5749±0,0065 ^a	-	-	-	-
22:6 n-3 (DHA)	39,2302±1,2349 ^a	26,6144±0,1791 ^e	32,445±0,838 ^{cd}	34,985±0,2838 ^{bc}	35,4077±0,8633 ^{bc}	32,381±0,4699 ^{cd}
ΣUSFA	81,1303±0,5295 ^d	74,7383±0,0432 ^e	79,1943±0,8371 ^{ab}	77,6568±0,1384 ^{bc}	78,4719±0,6254 ^{ab}	80,1128±0,0803 ^{ad}
ΣPUFA	58,4888±1,5714 ^{abc}	52,8466±0,2884 ^{gh}	56,0588±1,2172 ^{ah}	57,5892±0,3644 ^{ab}	57,8261±0,9261 ^{abc}	60,9634±0,515 ^{bcde}
ΣHUFA	58,4888±1,5714 ^{abc}	49,2235±0,3156 ^{fg}	52,2761±1,1514 ^{dg}	53,6508±0,42721 ^{de}	53,7102±1,0126 ^{de}	54,8389±0,0929 ^{ade}
DHA/EPA	2,0367±0,0286 ^a	1,6181±0,01 ^d	1,8804±0,0383 ^b	1,9525±0,0076 ^{ab}	2,032±0,03 ^a	2,0029±0,0296 ^{ab}
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
18:2 n-6c	2,2264±0,015 ^{ab}	3,4761±0,1974 ^d	2,2724±0,4366 ^{ac}	2,1023±0,0776 ^{abc}	2,7023±0,2424 ^b	1,4161±0,0202 ^c
18:3 n-3c	-	-	1,1217±0,0123 ^{ab}	1,9689±0,5219 ^{cd}	1,4407±0,3257 ^{abc}	1,0547±0,0229 ^a
20:2 n-6	-	-	-	1,6397±0,0115 ^c	2,1506±0,049 ^d	1,2945±0,066 ^a

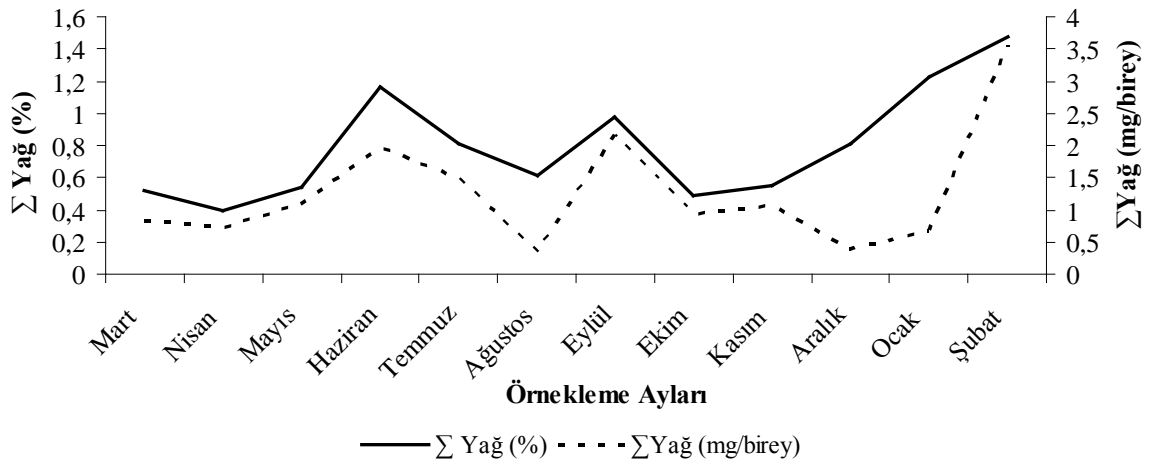
Tablo 20'nin devamı

20:3 n-6	-	-	-	0,7023±0,0348 ^b	-	-
20:4 n-3	-	3,2894±0,0099 ^e	-	1,4047±0,1254 ^b	1,6824±0,2445 ^a	1,1255±0,0262 ^c
20:4 n-6	-	-	1,1012±0,0173 ^d	0,7712±0,023 ^b	-	0,5774±0,0423 ^a
22:2	-	-	-	-	-	-
20:5 n-3 (EPA)	18,675±0,3318 ^d	16,8223±0,6864 ^a	14,4263±0,4299 ^f	15,5982±0,0775 ^b	16,9002±0,3955 ^a	18,4165±0,2684 ^{cde}
22:5 n-3	-	-	-	0,6848±0,0495 ^b	-	-
22:6 n-3 (DHA)	37,7489±0,9122 ^{ab}	39,3037±1,3420 ^a	31,7177±2,5242 ^d	36,9269±0,3751 ^{ab}	39,5365±1,3178 ^a	37,2303±0,1472 ^{ab}
∑USFA	77,6131±0,4589 ^{bc}	79,9022±1,013 ^{ad}	76,5494±0,7784 ^c	76,6015±0,1937 ^c	79,6965±0,6073 ^{ad}	78,4885±0,3431 ^{ab}
∑PUFA	58,6503±0,5655 ^{abcd}	62,72±1,5709 ^{ef}	50,6392±2,547 ^g	61,7992±0,478 ^{def}	64,4127±1,1195 ^f	61,1148±0,3398 ^{cdef}
∑HUFA	56,4238±0,5805 ^{abe}	59,4154±2,0193 ^{bc}	47,2451±2,9713 ^f	57,7279±0,1526 ^{abc}	60,2697±1,3936 ^c	58,6441±0,3387 ^{abc}
DHA/EPA	2,0045±0,0598 ^{ab}	2,3368±0,0157 ^c	2,2016±0,1033 ^c	2,339±0,0135 ^c	2,33±0,1109 ^c	2,0173±0,0187 ^{ab}

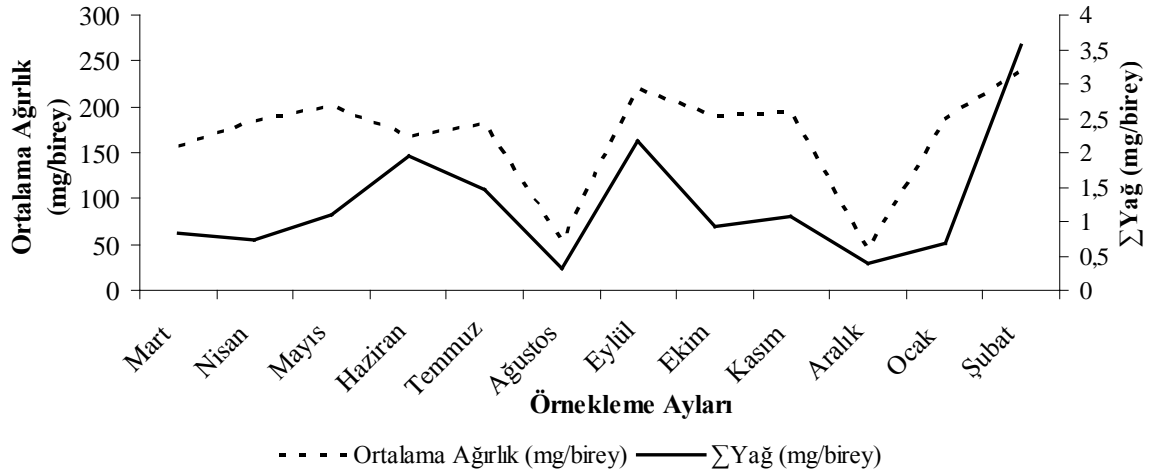
“-” O dönem o yağ asitinin olmadığını gösterir. a.b.c.d.e.f.: Aynı satırdaki farklı harfler ve harf grupları istatistiksel farkı belirtir (p<0.05). (±SD, n=3)

3.4.3. *Pleurobrachia pileus*'un Toplam Yağ Miktarı ve Yağ Asiti Kompozisyonu

Pleurobrachia pileus'da toplam yağ (Σ Yağ) yaş ağırlıkta (WW) % ve birey başına mg (mg/birey) olarak (Mart 2012- Şubat 2013) belirlenmiştir. Σ Yağ (%) ve Σ Yağ (mg/birey) en yüksek değerlerini Şubat ayında (% 1.4780; 3.5533 mg/birey) alırken, en düşük değerlerini aldıkları aylarda farklılık görülmüştür. Σ Yağ (%) en düşük değerini % 0.3969 ile Nisan ayında alırken, Σ Yağ (mg/birey) en düşük değerini 0.3261 mg/birey ile Ağustos ayında almıştır (Şekil 74) Birey başına ortalama ağırlık (mg/birey) ise, Eylül ayında en yüksek değerine (220.3859 mg/birey) ulaşırken, Aralık ayında en düşük değerini (44.4845 mg/birey) almıştır (Şekil 75).



Şekil 71. *Pleurobrachia pileus*'un toplam yağ miktarının (Σ Yağ) (% ve mg/birey) aylık değişimi



Şekil 72. *Pleurobrachia pileus*'un toplam yağ miktarının (mg/birey) ve ortalama ağırlığının (mg/birey) aylık değişimi

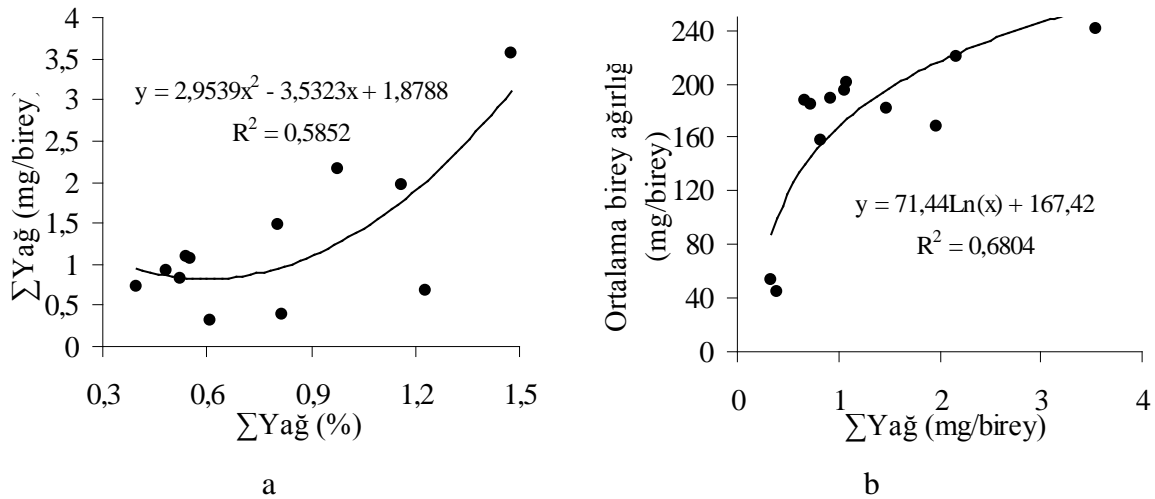
Pleurobrachia pileus'un birey başına ortalama ağırlığının (mg/birey) örnekleme dönemleri boyunca değişimi incelendiğinde, yapılan varyans analizi sonucunda 7 homojen grup tespit edilmiştir. Eylül ve Ocak ayları tek başlarına birer homojen grup oluşturarak diğer aylardan ve birbirlerinden tamamen farklılık göstermişlerdir ($p < 0.05$) (Tablo 21). Buna karşın Σ Yağ (%) ve Σ Yağ (mg/birey)'de 4 homojen grup tespit edilmiştir. Σ Yağ (%)'de Nisan ve Şubat ayları kendi homojen grupları dışında hiçbir gruba dahil olmaması sebebiyle istatistiki açıdan diğer aylardan farklılık gösterirken, Σ Yağ (mg/birey)'de Şubat ayı hiçbir homojen gruba dahil olmaması nedeniyle diğer aylardan tamamen farklılık göstermiştir ($p < 0.05$) (Tablo 22). Ayrıca, Σ Yağ (%) ve Σ Yağ (mg/birey) arasında polinomal ($R^2=0.5852$) ve Σ Yağ (mg/birey) ve ortalama ağırlık (mg/birey) arasında da logaritmik ($R^2=0.6804$) bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 76).

Tablo 21. Ortalama birey ağırlığı (mg/birey) için örnekleme dönemleri arasında gerçekleştirilen varyans analizi tablosu ($p<0.05$)

Aylar	Ortalama Birey Ağırlığı (mg/birey)	1	2	3	4	5	6	7
Aralık	44,4845			c				
Ağustos	53,2811			c				
Mart	157,3809				d			
Haziran	168,8773				de	de		
Temmuz	181,8333	ae				e		
Nisan	183,8509	a						
Ocak	186,8667	a						
Ekim	189,6513	ab	ab					
Kasım	194,2525	ab	ab					
Mayıs	201,4848		ab					
Eylül	220,3859						f	
Şubat	240,4025							g

Tablo 22. Σ Yağ miktarı (% , mg/birey) için, örnekleme dönemleri arasında gerçekleştirilen varyans analiz tablosu ($p<0.05$)

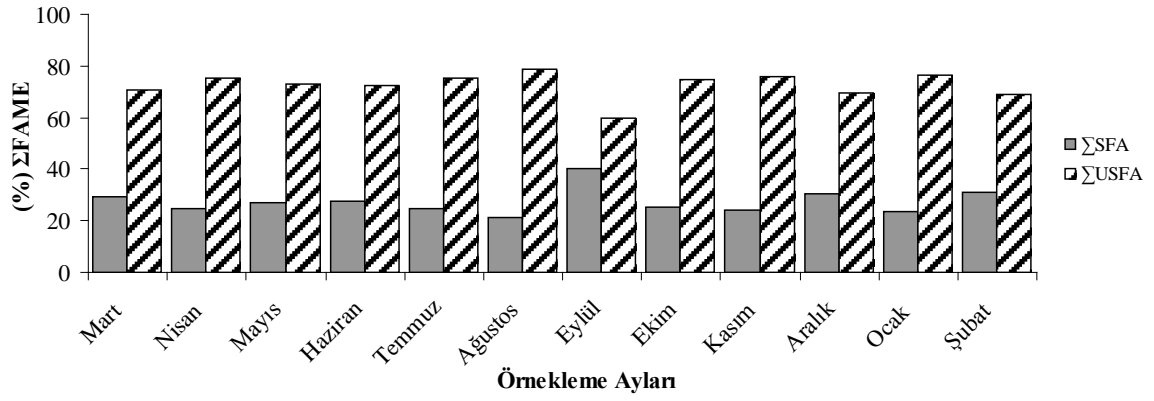
Aylar	Σ Yağ (mg/birey)	1	2	3	4	Aylar	Σ yağ (%)	1	2	3	4
Ağustos	0,3261	a				Nisan	0,3969	a			
Aralık	0,3849	a				Ekim	0,4864	ab	ab		
Ocak	0,6762	ab	ab			Mart	0,5234	ab	ab		
Nisan	0,7278	ab	ab			Mayıs	0,5415	ab	ab		
Mart	0,8232	ab	ab			Kasım	0,5504	ab	ab		
Ekim	0,9225	ab	ab			Ağustos	0,6124	ab	ab		
Kasım	1,0692	ab	ab			Temmuz	0,8071	abc	abc	abc	
Mayıs	1,0924	ab	ab			Aralık	0,8146	abc	abc	abc	
Temmuz	1,4685		bc	bc		Eylül	0,9797		bcd	bcd	bcd
Haziran	1,9622			c		Haziran	1,1619			cd	cd
Eylül	2,1603			c		Ocak	1,2291			cd	cd
Şubat	3,5533				d	Şubat	1,4780				d



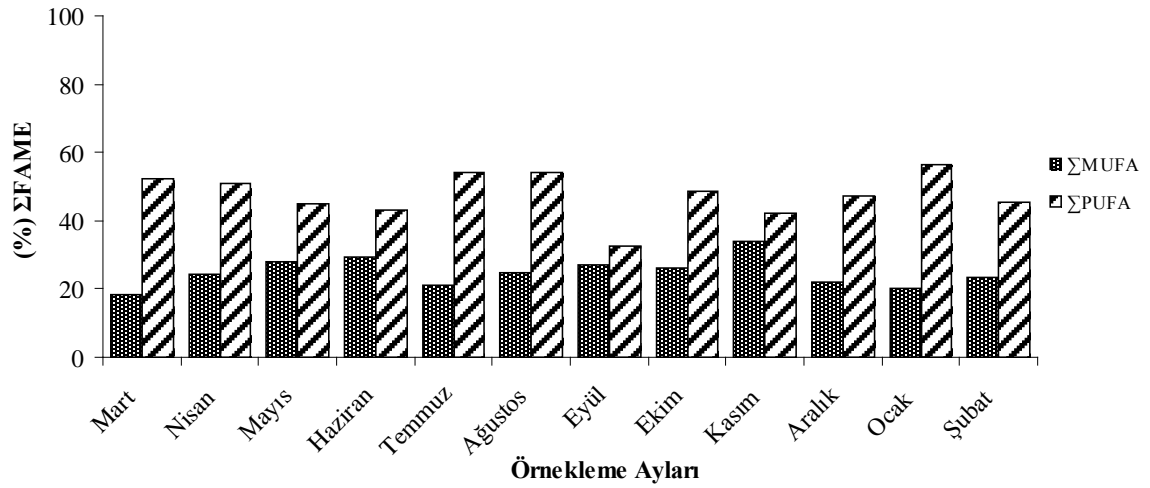
Şekil 73. a- Σ Yağ (%) ve Σ Yağ (mg/birey) b- Σ Yağ (mg/birey) ve ortalama birey ağırlığı (mg/birey) arasındaki ilişki

Pleurobrachia pileus'un toplam yağ asiti metil esterlerindeki (Σ FAME), doymuş yağ asitleri (Σ SFA) ve doymamış yağ asitleri (Σ USFA) içeriği 12 ay (Mart 2012- Şubat 2013) boyunca incelenmiştir.

Örnekleme dönemleri içinde, Σ SFA içeriğinin en yüksek olduğu dönem % 40.3009 ile Eylül ayı, en düşük olduğu dönem % 21.1077 ile Ağustos ayı olarak belirlenmiştir. Σ SFA' nın en düşük olduğu dönem olan Ağustos ayı % 78.8923 ile Σ USFA'nin en yüksek olduğu dönem olarak tespit edilmiştir (Şekil 77). Yapılan varyans analizi sonucunda, gerek Σ SFA, gerekse Σ USFA'da 5 homojen grup tespit edilmiştir ve istatistiki olarak Eylül ayındaki değeri diğer aylardaki değerlerinden tamamen farklılık göstermiştir ($p < 0.05$) (Tablo 23, Tablo 24). Σ MUFA'da, % 33.969 ile Kasım ayında en yüksek değerine ulaşmıştır. Kasım ayını % 29. 4141 ile Haziran ayı izlerken, en düşük değerlerini de % 19. 9873 ile Ocak ayında ve % 18.4427 ile Mart ayında almıştır. Buna karşın, Σ PUFA % 56.3747 ile Ocak ayında en yüksek değerine ulaşmıştır ve en düşük değerini de % 32.7103 ile Eylül ayında almıştır (Şekil 78). Yapılan varyans analizi sonucunda Σ MUFA'da 6, Σ PUFA' da 5 homojen grup tespit edilmiştir. İstatistiki açıdan Σ MUFA'da Mart ve Kasım ayları kendi homojen grupları dışında hiçbir gruba dahil olmadıkları için diğer aylardan farklılık gösterirken, Σ PUFA'da Eylül ayı tek başına bir grup oluşturarak diğer aylardan tamamen farklılık göstermiştir ($p < 0.05$) (Tablo 24, Tablo 25).

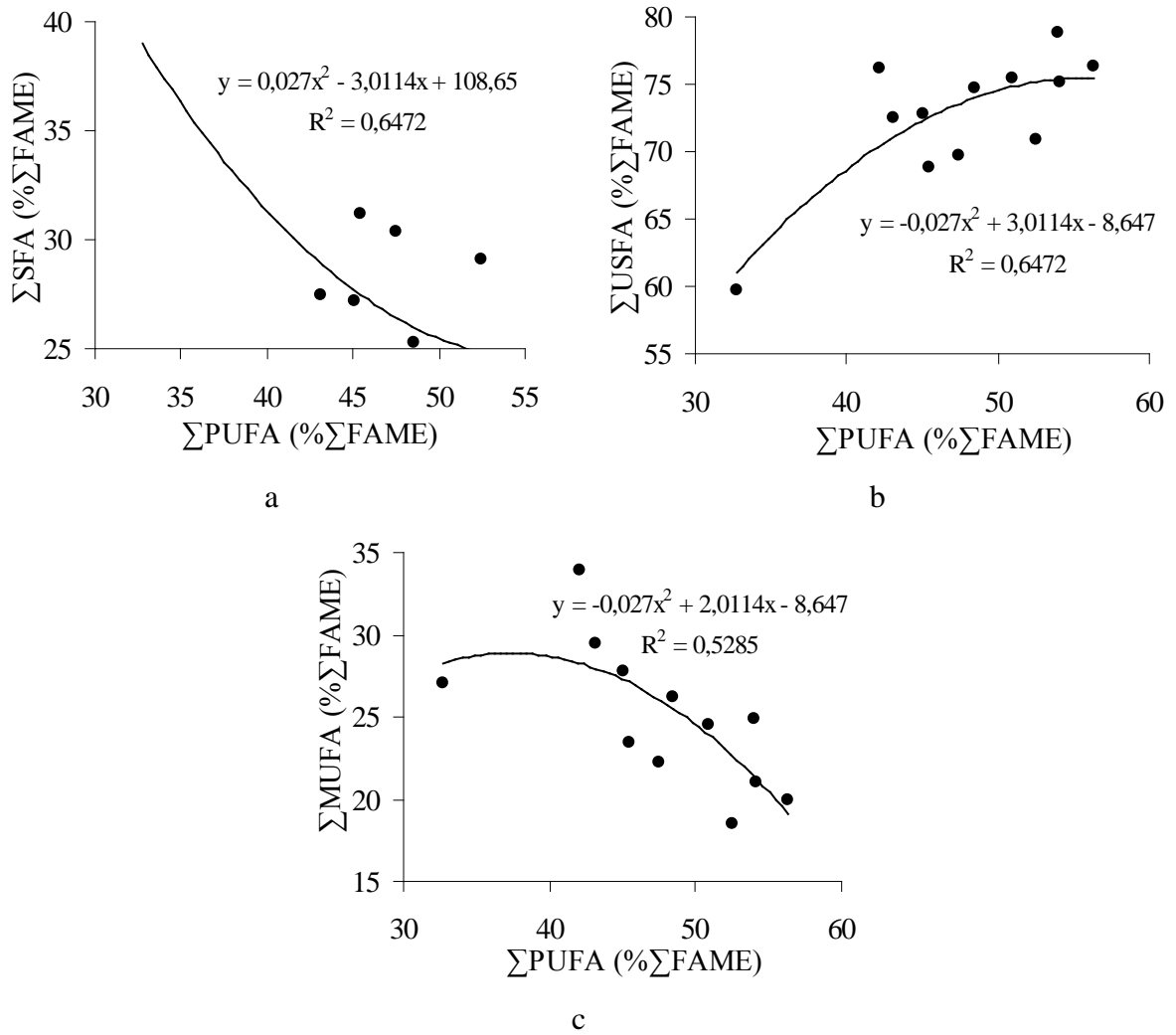


Şekil 74. *Pleurobrachia pileus*'da Σ SFA ve Σ USFA'daki aylık değişimler (%)



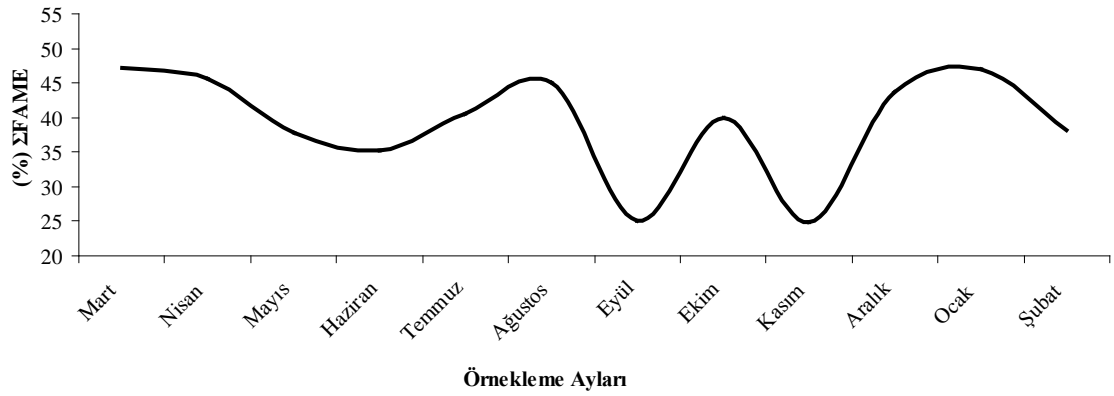
Şekil 75. *Pleurobrachia pileus*'da Σ MUFA ve Σ PUFA'daki aylık değişimler (%)

Yağ asiti grupları arasındaki en önemli ilişkinin Σ PUFA ile Σ SFA ($R^2=0.6472$), Σ USFA ($R^2=0.6472$) ve Σ MUFA ($R^2=0.5285$) arasında polinomal olduğu görülmüştür (Şekil 79).

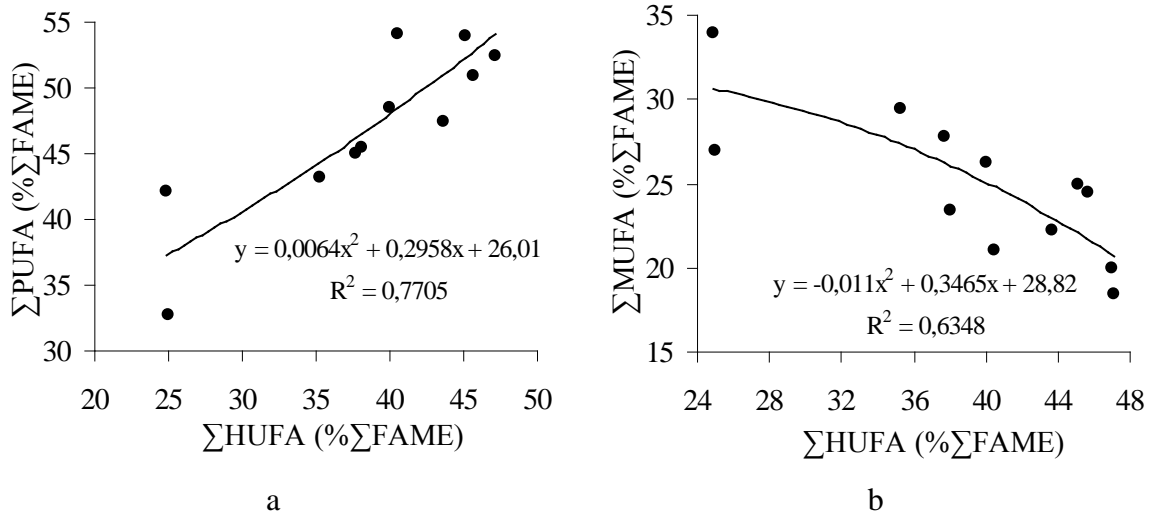


Şekil 79. Σ PUFA ve yağ asiti grupları arasındaki ilişki a- Σ SFA b- Σ USFA c- Σ MUFA

Sucul ekosistemlerde önemli olan diğer bir grup olan Σ HUFA'nin örnekleme dönemlerinde, en yüksek değerleri % 47.1675 ile Mart ve % 47.0279 ile Ocak ayında, en düşük değeri ise, % 24.8534 ile Kasım ayında tespit edilmiştir (Şekil 80). Yapılan varyans analizi sonucunda, Σ HUFA'da zamana bağlı değişimin önemli olduğu bulunmuş ve 5 homojen grup tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Tablo 25). Ayrıca, Σ HUFA ile Σ PUFA ($R^2 = 0.7705$) ve Σ MUFA ($R^2 = 0.6348$) arasında polinomal bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 81).

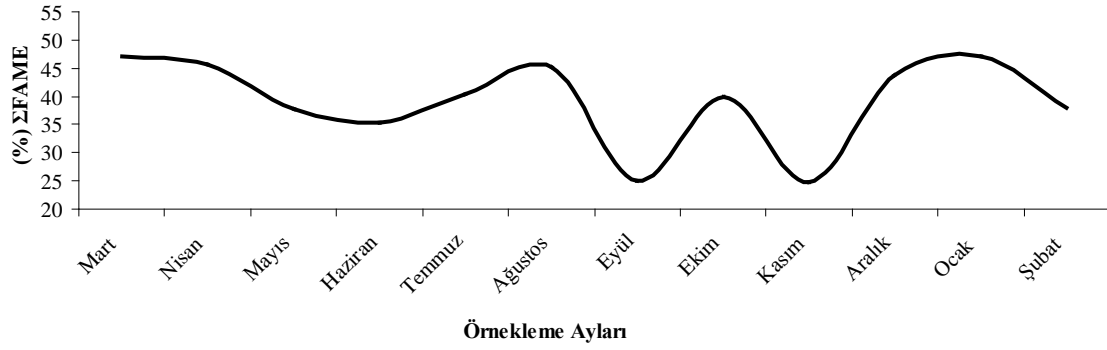


Şekil 76. *Pleurobrachia pileus*'da Σ HUFA'daki aylık değişimler (%)



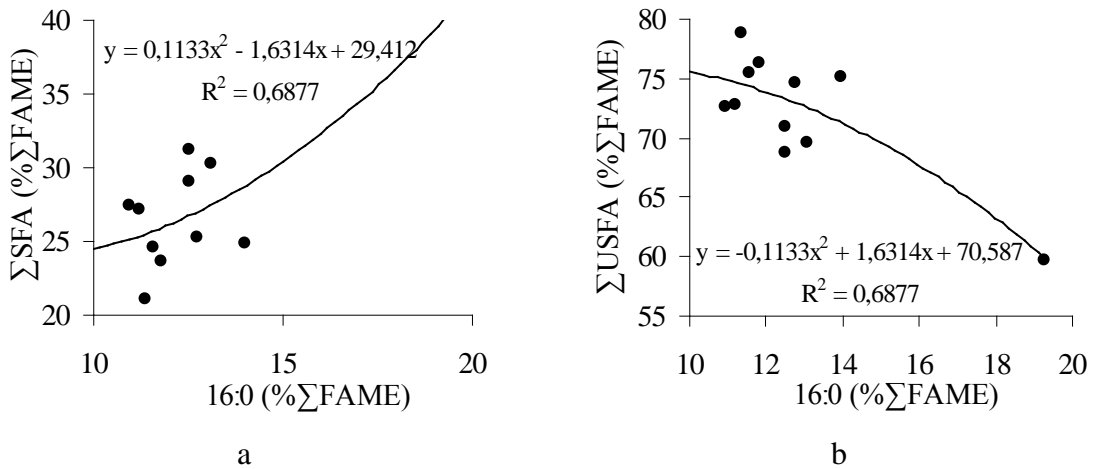
Şekil 77. a- Σ HUFA ve Σ PUFA b- Σ HUFA ve Σ MUFA arasındaki ilişki

DHA/EPA oranının (DHA/EPA) örnekleme dönemleri içinde en yüksek değeri, Kasım ayında (2.6796), en düşük değeri ise, Şubat ayında (1.6682) tespit edilmiştir (Şekil 82). Yapılan varyans analizi sonucunda, 5 homojen grup tespit edilmiştir ve Kasım ayının istatistiki olarak, diğer aylardan tamamen farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0.05$) (Tablo 25).



Şekil 78. *Pleurobrachia pileus*'un DHA/EPA oranındaki aylık değişimler

Örneklem dönemleri boyunca, ortalama Σ SFA miktarı % 27.405 olarak belirlenmiştir. SFA'da en yüksek ortalama değeri, % 12.5831 ile palmitik asit almıştır. Palmitik asit örneklem dönemleri içindeki en yüksek değerine % 19.2851 ile Eylül ayında ulaşmıştır. Eylül ayını % 13.9762 ile Temmuz ayı izlerken, en düşük değerini de % 9.9699 ile Kasım ayında almıştır. Kasım ve Eylül aylarının, yapılan varyans analizi sonucunda istatistiki olarak diğer aylardan tamamen farklılık gösterdikleri bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 23). Palmitik asiti ortalama % 5.3138 ile miristik asit izlemiştir. Miristik asit en yüksek değerini % 8.1667 ile Aralık ayında alırken, en düşük değerini ise, hemen öncesinde % 2.0781 ile Kasım ayında almıştır (Tablo 23). Palmitik asit ile en önemli ilişkinin Σ SFA ve Σ USFA arasında polinomal ($R^2 = 0.6877$) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 83).



Şekil 79. a-16:0 ve Σ SFA b-16:0 ve Σ USFA arasındaki ilişki

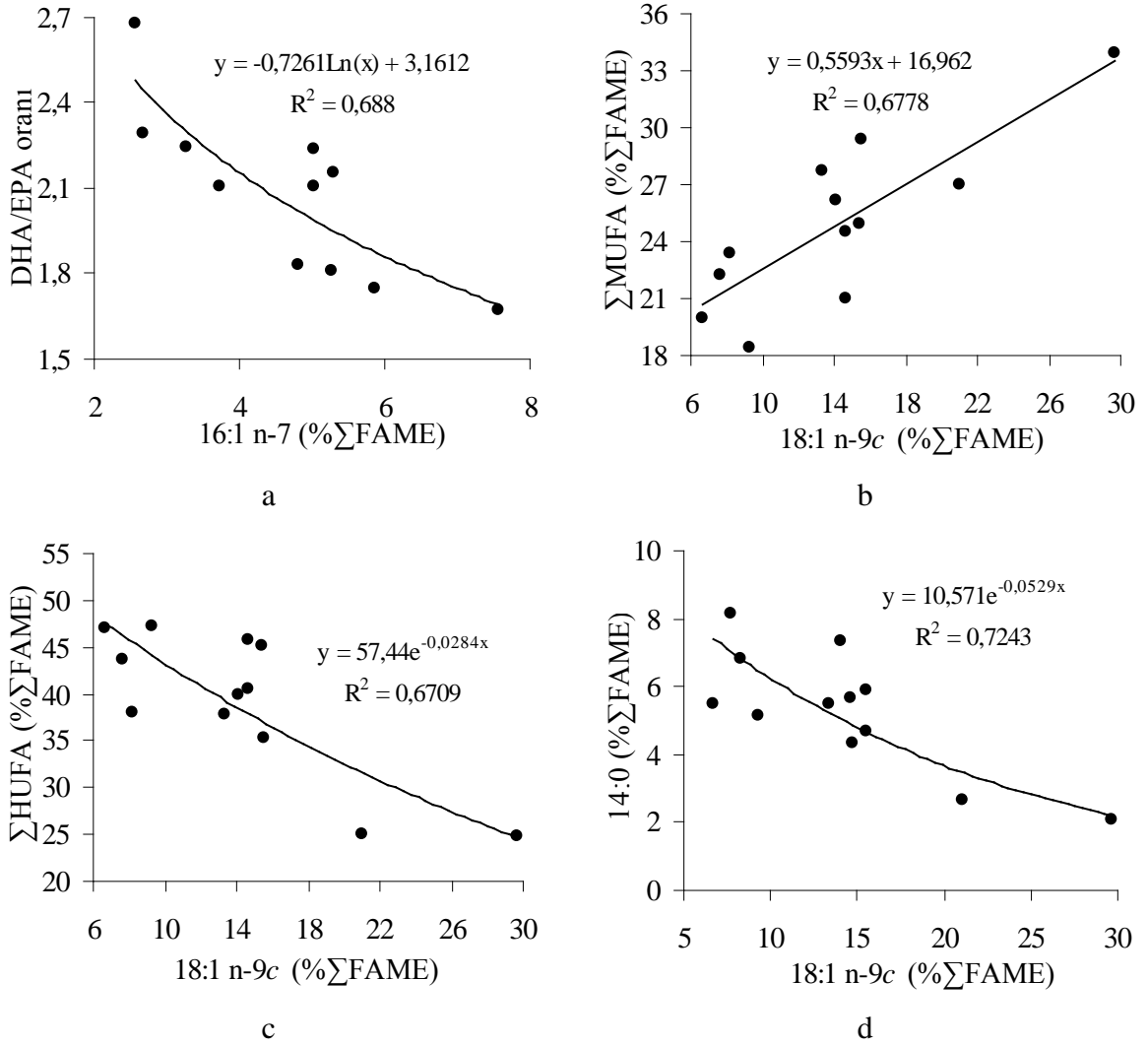
Tablo 23. *Pleurobrachia pileus*'da örnekleme dönemlerinde SFA'daki değişim (% Σ FAME)

Yağ Asitleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
14:0	5,1192±0,2544 ^{ab}	4,3105±0,1639 ^{ad}	5,5115±0,6797 ^{abc}	5,931±0,7475 ^{abc}	5,6498±0,1667 ^{ad}	4,6665±1,0034 ^{df}
15:0	-	-	1,1498±0,1242 ^b	-	-	-
16:0	12,5198±0,7711 ^{ab}	11,5634±0,1412 ^{abc}	11,2077±1,1407 ^{ac}	10,9418±1,0508 ^b	113,9762±0,528 ^{ac}	11,3726±1,3169 ^d
17:0	-	-	-	-	-	-
18:0	5,0947±0,2369 ^a	4,4068±0,2369 ^a	3,7417±0,2862 ^a	4,5647±0,9576 ^{ac}	5,2367±0,2142 ^{ab}	5,0687±0,7063 ^{ac}
20:0	-	1,0369±0,0473 ^a	-	-	-	-
22:0	6,3475±0,3816 ^a	3,2362±0,804 ^b	5,5719±0,3714 ^a	6,0355±0,379 ^a	-	-
Σ SFA	29,0812±0,9385 ^{cd}	24,5537±0,6882 ^{ab}	27,1827±0,3888 ^{acd}	27,455±0,9583 ^{acd}	24,8627±0,8979 ^{abc}	21,1077±2,0076 ^e
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
14:0	2,6764±0,5081 ^{df}	7,3154±0,8331 ^{cd}	2,0781±0,0724 ^f	8,1667±0,8824 ^e	5,5115±0,1782 ^{abc}	6,8468±1,4032 ^{bce}
15:0	-	-	-	-	-	0,8505±0,099 ^a
16:0	19,2851±1,1398 ^d	12,7558±0,0623 ^{ab}	9,9699±1,0195 ^c	13,0934±0,6616 ^{ab}	11,8086±0,7306 ^{abc}	12,5831±0,4978 ^{ab}
17:0	1,1136±0,0554 ^b	-	-	-	0,8087±0,1426 ^b	0,955±0,0226 ^a
18:0	14,6448±2,4475 ^b	5,2166±0,2137 ^a	3,1294±0,1425 ^a	3,752±1,169 ^a	4,0905±0,0263 ^a	3,9991±0,5174 ^a
20:0	-	-	-	-	1,4188±0,5964 ^a	-
22:0	2,581±0,4753 ^b	-	8,7123±0,6478 ^c	5,3193±0,4273 ^a	-	6,0137±0,1182 ^a
Σ SFA	40,3009±4,079 ^e	25,2878±0,59 ^{abc}	23,8897±1,4562 ^{ab}	30,3314±0,0794 ^d	23,63813±0,3249 ^{ab}	21,5115±0,8009 ^d

“-” O dönem o yağ asitinin olmadığını gösterir. a.b.c.d.e.f: Aynı satırdaki farklı harfler ve harf grupları istatistiksel farkı belirtir (p<0.05). (±SD, n=3)

Örnekleme dönemleri boyunca ortalama Σ USFA miktarı % 72.5950 olarak belirlenmiştir. Ortalama Σ USFA'nın % 34.3050'i Σ MUFA iken, % 65.6950'i Σ PUFA olarak tespit edilmiştir.

Σ MUFA'nın örnekleme dönemleri boyunca ortalama değeri % 24.9037 olarak belirlenmiştir. MUFA'da en önemli yağ asitinin örnekleme dönemleri boyunca ortalama değeri % 14.2001 olan oleik asitin *cis* formunun olduğu tespit edilmiştir. Oleik asitin zamana bağlı değişimi önemli bulunmakla birlikte, yapılan varyans analizi sonucunda, 4 homojen grup tespit edilmiştir. Oleik asitin örnekleme dönemleri içindeki en yüksek değerlerini aldığı Kasım (% 29.6845) ve Eylül (% 21.0112) ayları hiçbir homojen gruba dahil olmayıp, ayrı ayrı gruplar oluşturdukları için, istatistiki olarak aldıkları değerler, diğer aylardaki değerlerden farklı bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 22). Oleik asit ile en önemli ilişkinin Σ MUFA ile doğrusal ($R^2=0.6778$), Σ HUFA ($R^2=0.6709$) ve 14:0 ($R^2=0.7243$) ile üstel olduğu tespit edilmiştir (Şekil 84). Oleik asiti, ortalama % 4.734 ile palmitoleik asit takip etmiştir. Palmitoleik asitin de zamana bağlı değişimi önemli bulunmakla birlikte, yapılan varyans analizi sonucunda 5 homojen grup tespit edilmiştir ve istatistiksel olarak, Nisan ayının diğer aylardan farklılık gösterdiği bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 24). Palmitoleik asit ile de en önemli ilişkinin DHA/EPA oranı arasında logaritmik ($R^2=0.688$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 84).



Şekil 80. a-16:1 n-7 ve DHA/EPA oranı b-18:1 n-9c ve Σ MUFA c-18:1 n-9c ve Σ HUFA d-18:1 n-9c ve 14:0 e- 18:1 n-9c ve 18:2 n-6c arasındaki ilişki

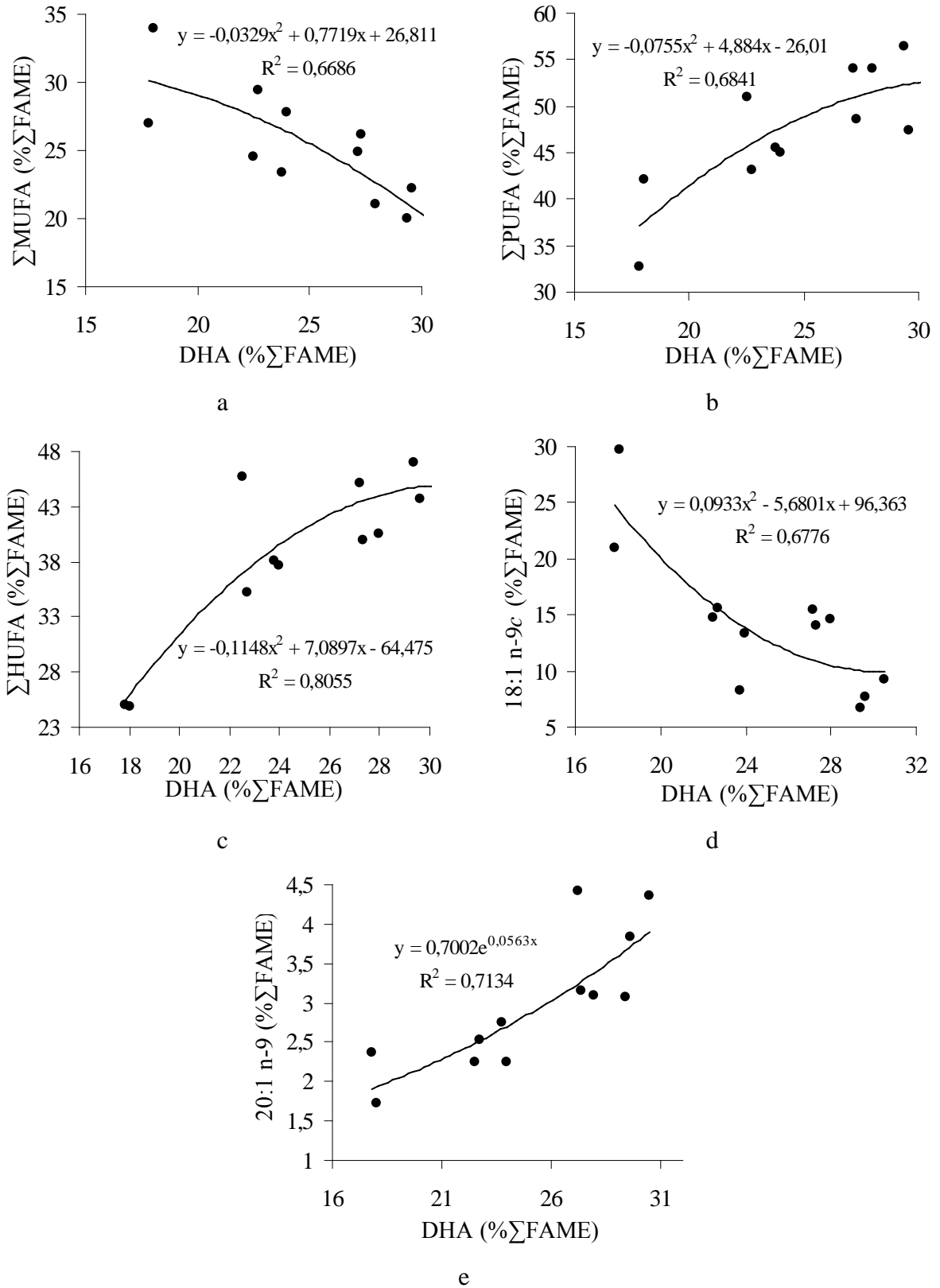
Tablo 24. *Pleurobrachia pileus*'da örnekleme dönemlerinde MUFA'daki değişim (% Σ FAME)

Yağ Asitleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
15:1	-	-	1,5686±0,163 ^b	1,6625±0,4861 ^b	-	-
16:1 n-7	4,8±0,4402 ^{abc}	7, 5615±0,17 ^e	5,8723±0,4058 ^{be}	5,2763±1,1566 ^{ab}	3,2692±0,2684 ^{cd}	5,0286±0,9521 ^{abc}
17:1	-	-	-	-	-	-
18:1 n-9c	9,2875±0,3179 ^b	14,6752±0,4143 ^a	13,3499±1,5691 ^a	15,5521±1,5138 ^a	14,6556±0,8556 ^a	15,4775±1,3211 ^a
20:1 n-9	4,3551±0,6297 ^d	2,2517±0,1594 ^{ab}	2,24±0,41 ^{ab}	2,5346±0,3043 ^{ab}	3,0999±0,1306 ^d	4,4265±0,5952 ^a
20:1 n-X	-	-	4,7339±0,6443 ^{bc}	4,3885±0,0632 ^{ab}	-	-
Σ MUFA	18,4427±1,3178 ^e	24,4884±0,19 ^{abcd}	27,7647±2,1789 ^{ad}	29,4141±3,8791 ^{df}	21,0247±1,1696 ^{bce}	24,9327±2,7995 ^{abcd}
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
15:1	-	-	-	-	0,9513±0,081 ^a	1,0107±0,2131 ^a
16:1 n-7	6,1044±0,5387 ^d	7,7265±0,568 ^{ab}	5,2304±0,5032 ^d	4,9691±1,0076 ^{abc}	5,0938±0,6684 ^{acd}	6,3616±0,503 ^{abc}
17:1	0,9251±0,053 ^a	-	-	-	0,6325±0,038 ^b	1,0332±0,1151 ^a
18:1 n-9c	21,0112±1,4476 ^c	14,1044±1,1747	29,6845±2,1459 ^d	7,6851±0,6393 ^b	6,6795±1,2754 ^b	8,2379±0,579 ^b
20:1 n-9	2,3729±0,262 ^{ab}	3,1431±0,3913 ^{ac}	1,7179±0,2483 ^b	3,835±0,2987 ^{cd}	3,0656±0,18 ^{ac}	2,7566±0,2192 ^{ab}
20:1 n-X	-	3,6595±0,188 ^a	-	5,6607±0,4588 ^c	4,9214±0,6939 ^{bc}	4,6891±0,4706 ^{abc}
Σ MUFA	26,9888±0,1066 ^{ad}	26,2149±0,8089 ^{acd}	33,969±1,7686 ^f	22,2143±1,1271 ^{abce}	19,9873±2,46 ^{ab}	23,4027±0,7502 ^c

“-”O dönem o yağ asitinin olmadığını gösterir. a.b.c.d.e.f.g: Aynı satırdaki farklı harfler ve harf grupları istatistiksel farkı belirtir (p<0.05). (±SD, n=3)

Örnekleme dönemi boyunca ortalama Σ PUFA miktarı % 47.6914 olarak belirlenmiştir. PUFA'da en yüksek ortalama değere omega-3 yağ asitlerinden olan, DHA (% 25.0686) ve EPA'nın (% 12.5247) sahip olduğu belirlenmiştir. DHA'nın örnekleme dönemleri içindeki en yüksek değeri % 30.4879 ile Mart ayında tespit edilmiştir. Mart ayını çok yakın değerlerle Aralık (% 29.5987) ve Ocak (% 29.3584) ayları takip ederken, Eylül ayında % 17.8447'ye düşerek en düşük değerini almıştır. DHA'nın zamana bağlı değişimi incelendiğinde, yapılan varyans analizi sonucunda, 4 homojen grup tespit edilmiştir ve zamana bağlı değişimin önemli olduğu görülmüştür ($p < 0.05$) (Tablo 25).

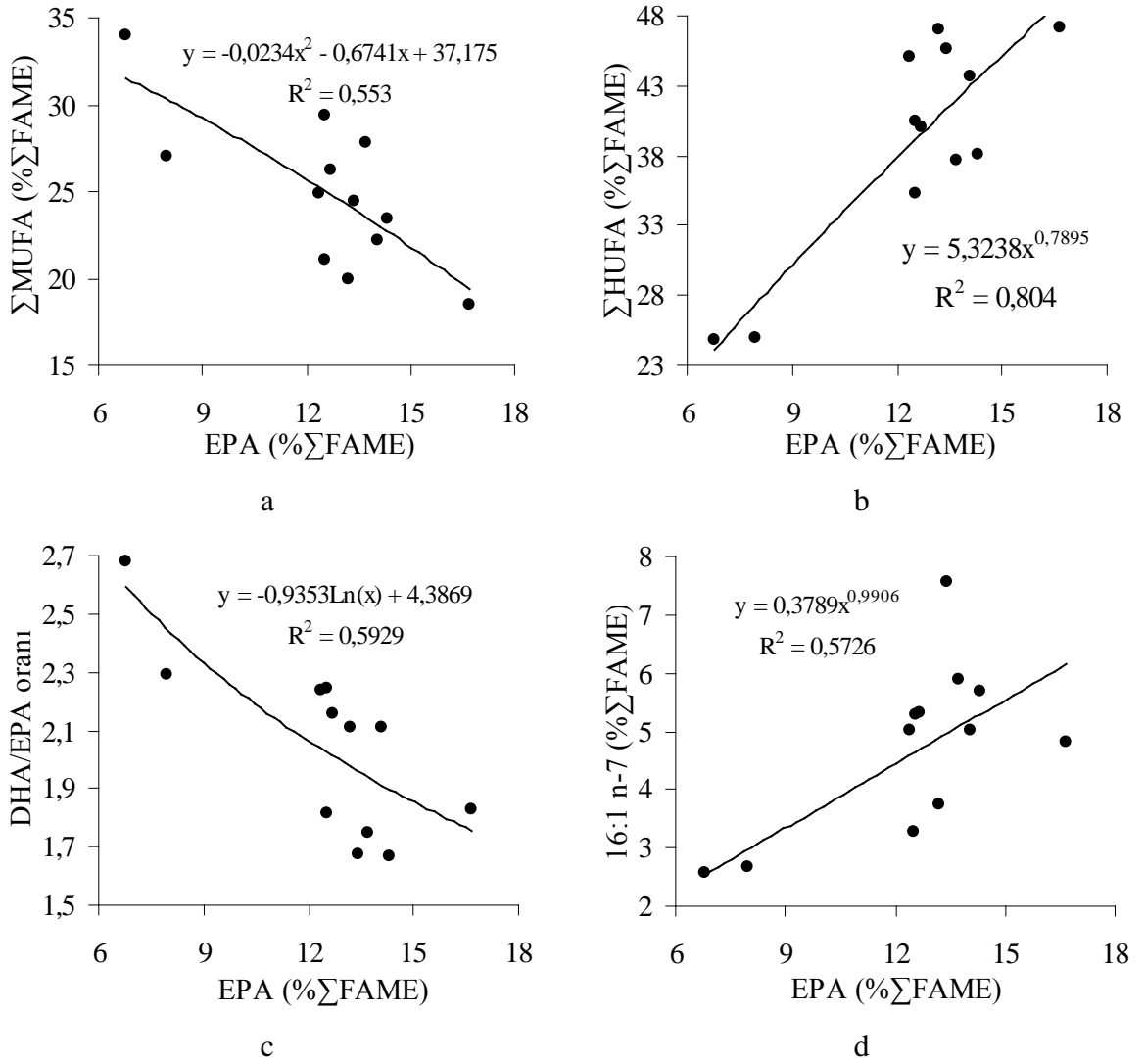
DHA ile Σ MUFA ($R^2=0.6686$), Σ PUFA ($R^2=0.6841$), 18:1 n-9c ($R^2=0.6776$), Σ HUFA arasında polinomal ($R^2=0.8055$), DHA ve 20:1 n-9 ($R^2=0.7134$) arasında üstel bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 85).



Şekil 81. DHA ile yağ asiti grupları ve yağ asitleri arasındaki ilişki a- Σ MUFA b- Σ PUFA c- Σ HUFA d- 18:1 n-9c e- 20:1 n-9

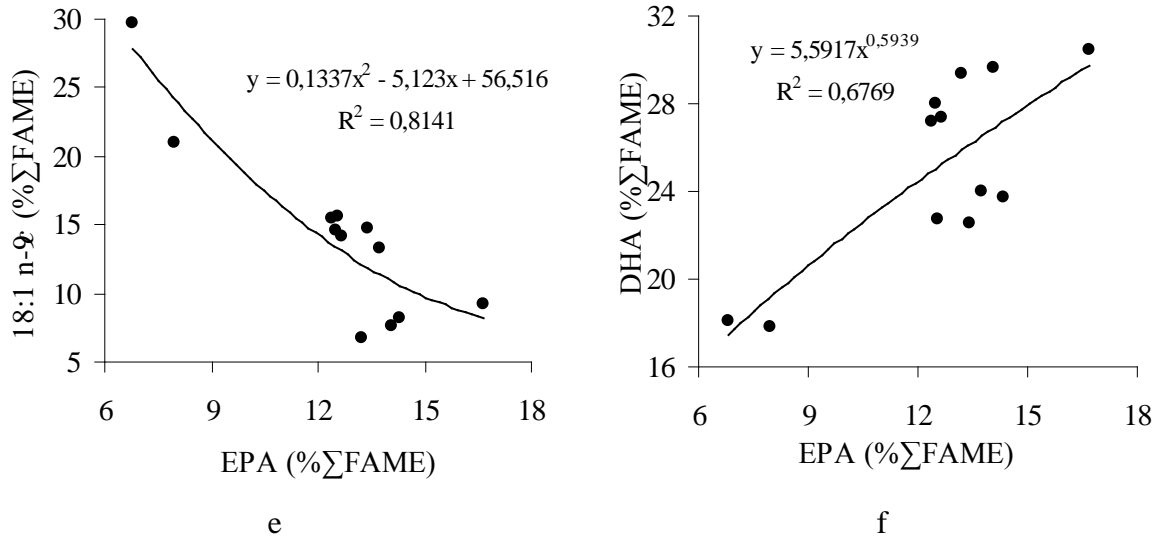
EPA örnekleme dönemleri içinde en yüksek değerine % 16.6796 ile Mart ayında ulaşmıştır. Mart ayını % 14.3214 ile Şubat ayı izlerken en düşük değerini % 6.8016 ile Kasım ayında almıştır. Yapılan varyans analizi sonucunda EPA’da 3 homojen grup tespit edilerek, istatistiki olarak zamana bağlı değişimin önemli olduğu görülmüştür ($P < 0.05$) (Tablo 25).

EPA ile \sum MUFA ($R^2=0,553$), 18:1 n-9c ($R^2=0.8141$) arasında polinomal, EPA ile \sum HUFA ($R^2=0.7235$), 16:1 n-7 ($R^2=0.5726$), DHA ($R^2=0.6769$) arasında üssel ve EPA ile DHA/EPA oranı ($R^2=0.5929$) arasında logaritmik bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Şekil 86).



Şekil 82. EPA ile yağ asiti grupları ve yağ asitleri arasındaki ilişki a- \sum MUFA b- \sum HUFA c- DHA/EPA d-16:1 n-7 e-18:1 n-9c f- DHA

Şekil 86'nın devamı



PUFA'da diğer önemli bir yağ asitinin ise örnekleme dönemleri boyunca ortalama % 7,4063 ile 18:2 n-6c olduğu belirlenmiştir. Bu yağ asitinin özellikle Kasım (% 17.2879) ve Temmuz (% 13.6368) aylarında ortalama değerinin oldukça üzerine çıkarken, Nisan (% 3.7091) ve Aralık (% 3.7872) aylarında büyük bir oranda azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 25). Yapılan varyans analizi sonucunda, PUFA'nın zamana bağlı değişimi incelendiğinde 6 homojen grup belirlenmiştir. Temmuz ve Kasım ayları ayrı birer homojen gruplar oluşturup, hiçbir homojen gruba dahil olmadıkları için istatistik olarak diğer aylardan tamamen farklılık göstermişlerdir ($p < 0.05$) (Tablo 25).

Tablo 25. *Pleurobrachia pileus*'da örnekleme dönemlerinde PUFA'daki değişim (% Σ FAME)

Yağ Asitleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
18:2 n-6t	-	-	-	-	-	-
18:2 n-6c	5,3086±0,17 ^{abc}	3,7091±0,6502 ^a	5,7012±0,5511 ^{abc}	6,3256±1,2011 ^{abcd}	13,6368±0,8599 ^e	8,8688±1,5319 ^d
18:3 n-3c	-	1,5707±0,076 ^a	1,6343±0,1902 ^a	1,5303±0,2085 ^{ac}	-	-
20:2 n-6	-	4,2458±0,228 ^a	-	-	-	-
20:3 n-6	-	1,3432±0,2593 ^a	-	-	-	-
20:4 n-3	-	2,7758±0,2545 ^b	-	-	-	5,51543±0,5576 ^c
20:4 n-6	-	1,4088±0,0421 ^b	-	-	-	-
22:2	-	-	-	-	-	-
20:5 n-3 (EPA)	16,6796±0,5101 ^b	13,4021±0,2197 ^a	13,7248±0,4796 ^a	12,5433±1,2915 ^a	12,5145±0,9852 ^a	12,3807±0,7024 ^a
22:6 n-3 (DHA)	30,4879±2,0971 ^b	22,5023±0,5981 ^{ad}	23,9924±1,1254 ^{ac}	22,7316±2,515 ^{ad}	27,9613±1,8131 ^{bc}	27,1947±1,1796 ^{abc}
ΣUSFA	70,9187±0,9385 ^{cd}	75,4463±0,6981 ^{ab}	72,8173±0,3888 ^{acd}	72,545±0,9583 ^{acd}	75,1373±0,8979 ^{abd}	78,8923±2,0076 ^b
ΣPUFA	52,4761±2,2508 ^{bcd}	50,9579±0,5285 ^{bcd}	45,0526±1,8355 ^{ab}	43,1309±2,9453 ^a	54,1126±2,0123 ^d	53,959648±0,8541 ^{cd}
ΣHUFA	47,1675±2,2130 ^a	45,6781±0,1708 ^a	37,7172±1,5776 ^{bc}	35,2449±3,6429 ^b	40,4758±2,7946 ^{abcd}	45,0908±1,3313 ^{ad}
DHA/EPA	1,8287±0,13 ^{bcd}	1,6754±0,017 ^b	1,7478±0,036 ^{bc}	1,8137±0,1256 ^{bcd}	2,2473±0,0274 ^a	2,2401±0,0737 ^a

Tablo 25'in devamı

	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
18:2 n-6t	-	-	-	-	-	0,9041±0,0172 ^a
18:2 n-6c	6,8897±1,3681 ^{bcd}	7,5311±0,8381 ^{cd}	17,2879±1,5639 ^f	3,7872±0,1667 ^a	4,4133±0,0919 ^{ab}	5,4161±0,8299 ^{abc}
18:3 n-3c	-	0,9579±0,5124 ^b	-	-	1,2777±0,1311 ^{abc}	1,0192±0,0293 ^{bc}
20:2 n-6	-	-	-	-	-	-
20:3 n-6	-	-	-	-	-	-
20:4 n-3	-	-	-	-	1,3606±0,3078 ^a	-
20:4 n-6	-	-	-	-	-	-
22:2	-	-	-	-	3,1015±0,6155	-
20:5 n-3 (EPA)	7,9759±1,5451 ^c	12,6772±0,4501 ^a	6,8016±1,1685 ^c	14,0683±0,8402 ^{ab}	13,2074±0,8533 ^a	14,3214±0,9841 ^{ab}
22:6 n-3 (DHA)	17,8447±3,6155 ^d	27,3311±0,833 ^{abc}	18,0518±1,5091 ^d	29,5987±1,5015 ^b	29,3584±0,7739 ^{ab}	23,7678±1,3396 ^{abc}
ΣUSFA	59,6991±4,07 ^e	74,7123±0,5899 ^{abd}	76,1103±1,4562 ^{ab}	69,6686±0,0794 ^c	76,362±0,3249 ^{ab}	68,8313±0,8009 ^c
ΣPUFA	32,7103±6,3165 ^e	48,4974±0,3116 ^{abc}	42,1413±3,20177 ^a	47,4543±1,0584 ^{abc}	56,3747±2,4371 ^d	45,4286±1,3868 ^{ab}
ΣHUFA	25,8206±5,1528 ^e	40,0083±1,1967 ^{ac}	24,8534±2,6585 ^{abcd}	43,6670±0,9022 ^e	47,0279±2,2231 ^{acd}	38,0892±0,7870 ^a
DHA/EPA	2,2905±0,1507 ^a	2,1566±0,0543 ^{ad}	2,6796±0,2303 ^e	2,1102±0,2168 ^{acd}	2,1074±0,0392 ^{cd}	1,6682±0,1985 ^b

“-”O dönem o yağ asitinin olmadığını gösterir. a.b.c.d.e.f.: Aynı satırdaki farklı harfler ve harf grupları istatistiksel farkı belirtir (p<0.05). (±SD, n=3)

Çalışmada yağ asiti kompozisyonu araştırılan, zooplankton tür ve gruplarının Σ yağ (%) ve yağ asiti gruplarının (Σ SFA, Σ USFA, Σ MUFA, Σ PUFA, Σ HUFA, DHA/EPA) miktarları yapılan varyans analizi sonucunda, aylara göre birbirleri ile karşılaştırılarak, farklılıklar ve benzerlikler Tablo 26 ve Tablo 27 verilmiştir.

Σ yağ (%)’de en belirgin farklılık Eylül ve Kasım aylarında *Pleurobrachia pileus*’da ve Şubat ayında *Calanus euxinus*’da olmuştur. Eylül ve Kasım aylarında *P. pileus* tek başına bir grup oluşturarak, Şubat ayında da, *Calanus euxinus* tek başına bir grup oluşturarak diğerlerinden farklılık gösterdiği ve diğer türlerin de benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Tablo 26).

Tablo 26. Çalışmada yağ asiti kompozisyonu araştırılan, zooplankton tür ve gruplarının Σ yağ (%) miktarlarının aylık değişimin istatistikî olarak karşılaştırılması

Aylar	Σ yağ (%)			
	1	2	3	4
Mart	b	b	a	a
Nisan	a	c	a	b
Mayıs	ac	c	ab	a
Haziran	a	a	ab	b
Temmuz	c	bc	ab	a
Ağustos	c	b	a	a
Eylül	a	a	a	b
Ekim	b	b	a	a
Kasım	a	a	a	b
Aralık	b	b	a	a
Ocak	b	c	a	a
Şubat	b	a	a	a

a.b.c: Aynı satırdaki farklı harfler ve harf grupları istatistikî farkı belirtir ($p < 0.05$) (1: *Calanus euxinus*, 2: Küçük kopepodlar, 3: *Sagitta setosa*, 4: *Pleurobrachia pileus*)

Yağ asiti grupları (Σ SFA, Σ USFA, Σ MUFA, Σ PUFA, Σ HUFA, DHA/EPA) karşılaştırıldığında, türlerin bazı yağ asiti grupları, bazı aylarda benzer özellikler gösterirken, bazı aylarda tamamen farklı özellikler göstermiştir. En belirgin istatistikî

benzerlik, Σ SFA ve Σ USFA'da Mart ve Temmuz aylarında, Σ MUFA'da Ağustos, Eylül, Ekim, Aralık ve Ocak aylarında, Σ HUFA'da Mart ve Eylül aylarında görülmüştür. Bu aylarda her tür birbirinden tamamen bağımsız gruplar oluşturmuştur ve varyans analizi sonucunda 4 homojen grup elde edilmiştir ve aldıkları değerler bakımından benzerlik göstermişlerdir. Ayrıca Σ HUFA'da Temmuz, DHA/EPA oranında Mayıs ayında türler arasında fark olmayıp tek bir homojen grup oluşturdukları tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Tablo 27).

Tablo 27. Çalışmada yağ asiti kompozisyonu araştırılan, zooplankton tür ve gruplarının yağ asiti gruplarındaki aylık değişimin istatistikî olarak karşılaştırılması ($p < 0.05$)

Yağ Asiti Grubu	Aylar																							
	Mart				Nisan				Mayıs				Haziran				Temmuz				Ağustos			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Σ SFA	a	a	b	c	a	b	a	a	d	a	b	c	c	d	a	b	a	a	b	c	c	b	a	a
Σ USFA	a	a	c	b	c	b	a	a	a	d	c	b	b	a	d	c	a	a	c	b	b	c	a	a
Σ MUFA	a	b	c	a	a	ab	b	a	a	c	a	b	a	a	a	b	b	a	a	a	a	c	b	a
Σ PUFA	ab	b	a	c	a	d	c	b	c	a	a	b	a	a	b	a	a	b	d	c	a	a	b	c
Σ HUFA	a	a	c	b	a	b	a	a	a	b	a	c	b	a	b	a	b	a	a	a	a	b	c	a
DHA/EPA	a	a	ab	b	a	b	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	a	b	c	d	a	a	b	c
Yağ Asiti Grubu	Aylar																							
	Eylül				Ekim				Kasım				Aralık				Ocak				Şubat			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Σ SFA	c	a	b	d	d	a	b	c	c	b	a	a	a	b	c	a	c	a	b	a	b	a	a	b
Σ USFA	b	d	c	a	c	ab	b	a	b	c	a	a	a	c	b	a	b	a	c	a	a	b	b	a
Σ MUFA	a	c	b	a	a	c	b	a	a	a	a	b	a	c	b	a	a	c	b	a	ab	b	a	c
Σ PUFA	a	b	c	a	a	d	c	b	b	a	c	a	ab	b	c	a	b	a	d	c	a	b	c	a
Σ HUFA	a	a	c	b	b	a	a	c	a	a	b	a	a	b	a	c	ab	c	b	a	c	a	d	b
DHA/EPA	b	a	c	b	a	b	c	d	b	a	c	a	a	b	a	a	a	c	b	a	a	a	b	a

a.b.c.d: Aynı satırdaki farklı harfler ve harf grupları istatistikî farkı belirtir ($p < 0.05$) (1: *Calanus euxinus*, 2: Küçük kopepodlar, 3: *Sagitta setosa* 4: *Pleurobrachia pileus*)

Türlerin Σ Yağ (% ve mg/birey; μ g/birey), ortalama birey ağırlığı (mg/birey; μ g/birey) ve yağ asiti grupları (Σ SFA, Σ USFA, Σ MUFA, Σ PUFA, Σ HUFA ve DHA/EPA) ile, klorofil-a, sıcaklık ve tuzluluk arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçlarına göre, *Calanus euxinus*'da yağ asiti miktarının sıcaklık ve klorofil-a'dan önemli oranda etkilenirken tuzluluktan etkilenmediği görülmüştür. Klorofil-a miktarı

ile de en önemli ilişki Σ PUFA ($r^2=0.6060$), Σ MUFA ($r^2=-0.7531$), Σ HUFA ($r^2=0.6060$) ve DHA/EPA ($r^2=0.6025$) arasında gözlenmiştir. Küçük kopepodlarda ise, sadece Σ yağ (% ve $\mu\text{g/birey}$) ve tuzluluk arasında pozitif yönlü bir ilişki söz konusu olmuştur ($p<0.05$) (Tablo 28, Tablo 29).

Tablo 28. *Calanus euxinus* ile klorofil-a, sıcaklık ve tuzluluk arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçları (*: Önem derecesi, $p<0.05$)

<i>Calanus Euxinus</i>	Sıcaklık	Tuzluluk	Klorofil-a
Σ Yağ (%)	0,0280	-0,2867	0,1576
Σ Yağ (mg/birey)	0,0000	-0,2238	0,0841
Ortalama birey ağırlığı (mg/birey)	-0,5105	0,0000	0,2697
Σ SFA	0,7413*	0,1958	-0,2137
Σ USFA	-0,7413*	-0,1958	0,2137
Σ PUFA	-0,7273*	-0,2797	0,6060*
Σ MUFA	0,6783*	0,5035	-0,7531*
Σ HUFA	-0,7273*	-0,2797	0,6060*
DHA/EPA	-0,5735	-0,1888	0,6025*

Tablo 29. Küçük kopepodlar ile klorofil-a, sıcaklık ve tuzluluk arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçları (*: Önem derecesi, $p<0.05$)

Küçük Kopepodlar	Sıcaklık	Tuzluluk	Klorofil-a
Σ Yağ (%)	-0,4685	0,6573*	-0,0455
Σ Yağ ($\mu\text{g/birey}$)	-0,2587	0,6224*	-0,1646
Ortalama birey ağırlığı ($\mu\text{g/birey}$)	-0,1468	0,4825	-0,2207
Σ SFA	0,1399	-0,0629	-0,0946
Σ USFA	-0,1399	0,0629	0,0946
Σ PUFA	0,2587	-0,3706	0,0070
Σ MUFA	-0,4336	0,3706	0,0455
Σ HUFA	-0,2587	0,2587	-0,0841
DHA/EPA	-0,2517	0,2797	0,3468

Sagitta setosa'da, gerek sıcaklık ve tuzluluk gerekse klorofil-a ile arasında herhangi bir ilişkinin varlığı söz konusu olmamıştır ($p<0.05$) (Tablo 30).

Tablo 30. *Sagitta setosa* ile klorofil-a, sıcaklık ve tuzluluk arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçları (*: Önem derecesi, $p < 0.05$)

<i>Sagitta setosa</i>	Sıcaklık	Tuzluluk	Klorofil-a
ΣYağ (%)	-0,1119	0,3007	-0,2207
ΣYağ (mg/birey)	0,2169	0,0559	-0,3853
Ortalama birey ağırlığı (mg/birey)	0,0699	-0,0909	-0,2522
ΣSFA	0,0210	0,1608	-0,1401
ΣUSFA	-0,0210	-0,1608	0,1401
ΣPUFA	0,0350	-0,1259	-0,1996
ΣMUFA	-0,0350	0,0910	0,2522
ΣHUFA	0,2308	0,1189	0,3222
DHA/EPA	0,1748	0,2587	0,3748

Pleurobrachia pileus'da, DHA/EPA oranının sıcaklıkla ilişkili olduğu bulunmuştur. DHA/EPA oranı ve sıcaklık arasında pozitif yönlü ($r^2=0.8182$) bir ilişki söz konusu olmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 31).

Tablo 31. *Pleurobrachia pileus* ile klorofil-a, sıcaklık ve tuzluluk arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyon sonuçları (*: Önem derecesi, $p < 0.05$)

<i>Pleurobrachia pileus</i>	Sıcaklık	Tuzluluk	Klorofil-a
ΣYağ (%)	0,0350	-0,2727	0,3748
ΣYağ (mg/birey)	0,0140	-0,0910	0,1296
Ortalama birey ağırlığı (mg/birey)	-0,0210	0,0769	0,0245
ΣSFA	-0,2238	-0,3077	0,4904
ΣUSFA	0,2238	0,3077	-0,4904
ΣPUFA	0,4266	-0,0699	-0,1856
ΣMUFA	-0,1888	0,2378	-0,1716
ΣHUFA	-0,4895	-0,1189	0,0350
DHA/EPA	0,8182*	0,2937	-0,3993

4.TARTIŞMA

4.1.Hidrografi

4.1.1. Sıcaklık ve Tuzluluk

Karadeniz, soğuk ve az tuzlu suların daha sıcak ve daha tuzlu suların üzerinde bulunduğu özgül takalaşma yapısı sergiler. Yüzeideki az tuzlu sular, tatlı su girdisinin fazla olmasıyla oluşmuştur ve üst tabakalarda güçlü bir tabakalaşma mevcuttur. Tuzluluk tabakalaşması, buharlaşmanın olduğu tabakanın üzerinde tatlı su girdilerinin miktarına bağlı olarak oluşur (Özsoy ve Ünlüata, 1997). Özellikle birkaç Avrupa Nehrinden (Tuna, Don, Dinyeper, Dinyester) gelen tatlı sular, yüzeideki az tuzlu suların (%18-18.5) oluşumunu sağlarlar. Buna karşın, Karadeniz'in dip suları, Marmara Denizi'nden Karadeniz'e ulaşan, Akdeniz etkisini yansıtan sulara (% 22.3) sahiptirler (Özsoy vd., 1993). Yüzeideki az tuzlu sular çok güçlü bir mevsimsel ısınma ve soğumaya uğrayarak, ince bir karışım tabakası meydana getirir. Bu karışım tabakası yağışlar ve akarsu deşarjları ile giren tatlısu, akıntılar ve türbülans yoluyla ilkbahar ve yaz aylarında 5-10 m'lik üst tabakada, kışın ise 50-60 m'lik daha alt tabakalarda dağılım gösterir. Genellikle bu tabakanın tuzluluğu % 17.5-18.5 arasında değişim gösterir (Tolmazin, 1985).

Ivanov (1985), Karadeniz'in yüzei sularında tuzluluğun % 17.88, dip sularında ise % 22.06 olduğunu bildirmiştir. Yıldız (2010), yıllar itibariyle yaptığı ölçümler sonucu yüzeide ortalama % 17.6 olan tuzluluğun, 100 metrede % 19.0'a 200 m ise % 21.2'e yükseldiğini gözlemiştir.

Anadolu kıyısına yakın düşük tuzluluk ölçümleri, tatlı suyun kuzeybatı Kıta sahanlığından Güneybatı kıyılarına modifiye olmuş bir şekilde ulaştığını işaret eder (Acara, 1958, Artüz ve Uğuz, 1976). Kıdeyş vd. (2000), Güneybatı Karadeniz'de ortalama yüzei tuzluluğunun Mart-Ağustos döneminde % 18'den % 16-17'ye kadar bir düşüş gösterdiğini bildirmişlerdir. Yılmaz vd. (1998), Karadeniz'in Anadolu kıyılarında yaz-sonbahar döneminde yaptıkları çalışmada tuzluluğun % 18.5-20.1 civarında olduğunu rapor etmişlerdir.

Güneydoğu Karadeniz'de Ağırbaş (2010), kıyı yüzei suları tuzluluğunun % 16.4-17.9, Kopuz (2012), %16.19-17.88 arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Aynı

bölgede yapılan bu çalışmada, yüzey suyu tuzluluğu 17.3-17.99 ppt arasında değişirken derinliğe bağlı olarak artmış ve Ekim ayında 100 m derinlikte 20.01 ppt olduğu ve artmaya devam ettiği görülmüştür. Bu durum Karadeniz'e özgü bir özellik olup dikey yöndeki karışımların oluşmasını kısmen engelleyerek derin suların yüzey suları ile karışmasına mani olur. Böylelikle derin sularda H₂S oluşumuna katkıda bulunur.

Karadeniz su kolonunda sıcaklık değişiminin temel özelliği, yüzey sularında mevsime bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, derinlere doğru hızla azalmasıdır. İlkbahar ve yaz mevsimi başlarında önce havaların ısınmasına paralel olarak su sıcaklığı yükselir. Sonbahar ve kışın ise, deniz suyu sıcaklığı hava sıcaklığına oranla daha yüksektir. Karadeniz'de sıcaklığın Eylül ayından itibaren düşmeye başladığı ve Ocak ve Şubat aylarında en düşük değerlerini alırken, yüzey suyu sıcaklığının ilkbahara doğru belirgin bir artışın ardından, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek değerlerini aldığı rapor edilmiştir (Ivanov, 1985).

Oğuz vd. (2008), Karadeniz baseninin iç bölgelerinde yaptığı çalışmada yılın soğuk dönemlerinde yüzey sularında sıcaklığın 6-7 °C, sıcak dönemlerinde ise 22-26 °C arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Yıldız (2010), Güney Karadeniz'i kapsayan çalışmasında, 1999, 2000 ve 2001 verilerini değerlendirdiğinde, bölgede en yüksek yüzey suyu sıcaklığının Ağustos ayında en düşük sıcaklıkların ise Şubat-Mart ayında olduğuna işaret etmiştir.

Ağırbaş (2010), aynı bölgede Temmuz ve Ağustos döneminde yüzey suyu sıcaklığının Temmuz-Ağustos döneminde en yüksek (24-25 °C), Şubat-Mart-Nisan döneminde ise en düşük değerlerini (9-9.5 °C) aldığını rapor etmiştir. Yine aynı bölgede yakın zamanda Kopuz (2012) tarafından yapılan çalışmada en düşük su sıcaklığı Mart ayında 8.84 °C, en yüksek su sıcaklığı ise Ağustos ayında 27.44 °C olarak ölçülmüştür. Aynı çalışmada Mayıs ayıyla beraber termoklinin oluşmaya başladığı, Haziran ayında belirginleştiği, Ağustos ayında yüzeye yaklaşan termoklinin keskinleştiği, Ekim ayında kalınlaşarak alt sınırının daha derinlere indiği bildirilmiştir. Güneydoğu Karadeniz'de gerçekleştirilen bu çalışmada, örneklemelerin yapıldığı Mart 2012-Şubat 2013 tarihleri boyunca alınan sıcaklık profilleri göz önünde tutulduğunda yüzey suyu sıcaklıklarının Nisan ayında artmaya başladığı ve en düşük değerini (8.84 °C) Mart ayında en yüksek değerini (27.75 °C) ise Ağustos ayında aldığı görülmektedir. Sıcaklık tabakalaşmasının başladığı Nisan ayı sonrasında Mayıs ayında termoklin hızlı bir şekilde belirginleşerek 20-40 m arasına yerleşmiştir. Bu durum zooplankton açısından önemlidir ve canlıların

tabakalar arasındaki geçişini sınırlar. Temmuz ayında keskin bir termoklin görülürken, Ağustos ayında termoklinin üst yüzeyiyle (34-37 m) sınırlanan yüzey karışım tabakası net bir şekilde gözlenmiştir. Kasım ve Aralık aylarında, termoklin alt sınırı daha derinlerde gözlenmiştir. Mart 2012, Ocak- Şubat 2013’de ise sıcaklık tabakalaşması gözlenmemiştir. Nisan ayında 40 m deriliğin altında su sıcaklığı 6.8 °C düşmüştür ve 100 m derinlikte 7,4 °C’ye yükselmiştir. Karadeniz’de belirli dönemlerde gözlenen Soğuksu Ara Tabakası (CIL) olarak gözlenen bu tabakanın varlığı bilinmektedir. CIL tabakasının 40 m derinlikten başlayarak 100-150 m derinliğe kadar indiği ve kıyısal bölgede 50 m kalınlıkta olduğu bildirilmektedir (Oğuz vd., 1993). Soğuk ara tabakanın sıcaklık değişimi 6.4-7.0 °C iken Orta ve Doğu Karadeniz’de bu değer yaz sonlarında 7.5-8.0 °C olabilmektedir. Soğuk ara tabakanın altında ise su sıcaklığı 100 metrede 7.2-8.5 °C’dir (Novitzkij, 1964). Bu çalışmada, Nisan ayında gözlenen bu durum Karadeniz’de CIL tabakasının Nisan 2012 tarihinde bölgede hakim olması ile açıklanabilir.

Karadeniz yüzey suyu sıcaklığının son yıllarda artma eğiliminde olduğu bilinmektedir. 1982-2002 arası değerlendirildiğinde, yıllık 0.06 °C arttığı rapor edilmiştir (Ginzburg vd., 2008). Ayrıca 2001-2011 yılları arasında Güneydoğu Karadeniz’in kapalı sahil şeridi boyunca (Trabzon açıkları) yapılan ölçümlerde, 2002-2004 yılları arası nispeten soğuk kış dönemi olarak değerlendirilirken, 2-3 °C artış ile 2005-20011 arası sıcak kış dönemi olarak değerlendirilmiştir (Alkan vd., 2013). Aynı şekilde, aynı bölgede Ağırbaş (2010) ve Kopuz (2012) tarafından aynı bölgede yapılan çalışmalara bakıldığında yüzey suyu sıcaklığındaki artış dikkati çekmektedir. Ivanov (1985) sıcaklığın en düşük değerlerini Ocak ve Şubat aylarında aldığını bildirmesine karşın, Kopuz (2012) Ocak ayında su sıcaklığının yaklaşık 12 °C ve en düşük yüzey suyu sıcaklığını 8.84 °C ile Mart ayında bildirmiştir. Benzer şekilde Ağırbaş (2010), yüzey suyunun en düşük değerini (9-9.5 °C) Şubat-Mart-Nisan aylarında aldığını bildirmiştir.

Bu çalışmada da, Ocak ayında yüzey suyu sıcaklığı 10.39 °C olarak ölçülmüş, en düşük yüzey suyu sıcaklığı ise Mart ayında belirlenmiştir. Bu çalışmanın yapıldığı istasyonda bir yıl önce Kopuz (2012) yaptığı çalışmada yüzey suyu sıcaklığının yıllık ortalamasını 16.44 °C bulmuştur. Bu çalışma da ise yıllık yüzey suyu sıcaklık ortalaması 17.68 °C olarak bulunmuştur. Bir yıl içinde yüzey suyu sıcaklığında, 1.44 °C’ lik bir artış olmuştur ve bu da Karadeniz sularının hızlı bir sıcaklık artışı gösterdiğine kanıt olarak gösterilebilir. Ayrıca, Güneydoğu Karadeniz, Karadeniz’in diğer bölgelerine göre farklı bir sıcaklık değişimi göstermekte ve en soğuk dönem Ocak-Şubat yerine, Şubat-Mart

dönemine denk gelmektedir. Bu durum, bu bölgenin farklı meteorolojik koşullarının olmasından ve bölgede denize boşalan akarsuların Şubat-Mart döneminde en düşük su sıcaklığına sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

4.1.2. Klorofil-a

Klorofil-a konsantrasyonu fitoplankton biyomasının temel ölçütü olarak düşünülür ve Karadeniz’de mevsimsel, yıllık ve aylık değişimleri yoğun olarak tartışılmıştır (Vedernikov ve Demidov, 1993; Oğuz vd., 2002; Kopelevich vd., 2002; Yunev vd., 2002, Moncheva, 2003). Klorofil-a konsantrasyonu fitoplankton biyomasının tahminde kullanıldığı için, yapılan çalışmalar daha çok, ışığın en yoğun olduğu yüzey suyu tabakasını kapsamıştır. Krupatkina ve Berseneva (1995), Kasım-Aralık 1991 tarihleri arasında Karadeniz’in Kuzey kıyılarında yaptıkları çalışmada yüzey suyu klorofil-a değerlerinin $0.2-0.6 \mu\text{g l}^{-1}$ arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Karadeniz’in Anadolu sahillerinde yürüttükleri bir çalışma da ise, yüzey suyu klorofil-a değeri, Haziran-Temmuz 1996’da $0.34\pm 0.13 \mu\text{g l}^{-1}$, Mart-Nisan 1998’de $0.42\pm 0.36 \mu\text{g l}^{-1}$ ve Eylül 1998’de $0,40\pm 0,22 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak rapor edilmiştir. Yılmaz vd. (2006), İstanbul boğazından Kuzeybatı kıta sahanlığına kadar olan bölge için Mayıs- Haziran 2001 döneminde yüzey suyu klorofil-a değerlerinin $0.03-1.92 \mu\text{g l}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmiştir. Yayla vd., (2001), Temmuz 1997 ve Eylül 1998 dönemlerinde Güney Karadeniz için yüzey suyu klorofil-a değerlerinin $<0.5-1.5 \mu\text{g l}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmiştir. Kopelevecih vd., (2004) tüm Karadeniz baseninde 1998-2001 yılları için yaptıkları çalışmada yüzey suyu ortalama klorofil-a değerinin $0.59-0.69 \mu\text{g l}^{-1}$ arasında değiştiğini rapor etmişlerdir ve bu değerler bölgede belirlenen değerlerle uyum içinde olduğu görülmektedir. Chu vd., (2005), yine tüm Karadeniz baseninde 1980-1995 yılları arasını kapsayan dönem için yaptıkları çalışmada, klorofil-a’nın yüzey suyunda maksimum olduğunu, Şubat ayında en yüksek değerini (2.75 mg m^{-3}) ve Mayıs ayında da en düşük değerini (0.25 mg m^{-3}) aldığını bildirmiştir. Kopuz (2012) ise, kıyı istasyonunda örnekleme periyodu boyunca en yüksek klorofil-a değerlerinin Mayıs ayında 3m’de ($2.55 \mu\text{g l}^{-1}$) ve Haziran ayında 6m’de ($4,28 \mu\text{g l}^{-1}$) ölçmüştür ve Yüzey suyu klorofil-a değerinin en düşük Ekim 2010 ve en yüksek Haziran 2011 olmak üzere $0.17-1.42 \mu\text{g l}^{-1}$ arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Ağırbaş (2010), Güneydoğu Karadeniz’de yüzey suyu yıllık ortalama klorofil-a değerinin kıyı istasyonunda $0.57 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak belirlemiştir. Bu sonuç diğer sonuçlara göre oldukça

düşük çıkmıştır. Bunun da bu denli farklı çıkmasının kullanılan yöntemin (HPLC yöntemi) ve çalışılan dönemlerin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada ise, klorofil-a değeri en düşük değerini $0.55 \mu\text{g l}^{-1}$ ile Nisan ayında alırken en yüksek değerini $1.81 \mu\text{g l}^{-1}$ ile Aralık ayında almıştır ve kışın Şubat ayında ($1.68 \mu\text{g l}^{-1}$) tekrar yükselerek, kış en yüksek olduğu mevsim olarak belirlenmiştir. Çalışma bölgesinde ortalama klorofil-a değeri $1.07 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak gözlenmiştir. Bu değerler Chu vd., (2005) tarafından rapor edilen değerler ile örtüşmektedir.

Klorofil-a verilerine bakıldığında ilkbahar bloomunun geç ilkbahar dönemine rastladığı, buna karşılık sonbahar bloomunun ise Kasım ayına rastladığı görülmektedir. Bu yapısı ile bölgemizin sıcak ılıman deniz özelliği gösterdiği söylenebilir. İlman iklim kuşağında bulunan deniz ve okyanuslar fitoplankton konsantrasyonları bakımından ilkbahar ve sonbahar olmak üzere iki mevsimsel pike sahip olmaları ile karakterize edilirler (Lalli ve Parsons 2004). Alkan vd., (2013), Güneydoğu Karadeniz'in Trabzon kıyılarında yaptıkları çalışmada, kışın klorofil-a konsantrasyonunun azaldığını, sonbahar süresince yüksek olduğunu ve kış sonu-ilkbahar başı ve erken yaz (çoğunlukla haziran) olmak üzere iki ana pikin olduğunu vurgulamışlardır.

Klorofil-a konsantrasyonları ile planktonik gruplar arasında yapılan korelasyon analizlerinde ilişki oldukça zayıf olmakla beraber genellikle negatif yönde olarak belirlenmiştir. Bu durum da, örneklemeler esnasında fitoplanktonun zooplanktonik türler tarafından hızlı bir şekilde tüketildiğini ve biyomaslarının tüketime bağlı olarak arttığını göstermektedir.

4.1.3. Zooplankton Türlerinin Bolluk Dağılımı

Zooplankton, sadece gıda zincirinde ikincil üreticiler oldukları için değil, aynı zamanda balık ve karides larvası gibi birçok deniz canlısının besinini oluşturdukları için çok önemlidir. Zooplanktonun varlığı ve bolluğu sadece fitoplanktona bağlı değildir. Kirliliğin neden olduğu stres etkisi ve hidrografik yapı da oldukça önemlidir. Su ortamında yaşayan canlılar ve doğa ile bir denge içinde oldukları sürece varlıklarını sürdürürler. Bu denge, ötrofikasyon, oksijenin azalması ve balıkçılık gibi faktörlerden son yıllarda çok fazla etkilenmiştir. Bunun bir sonucu olarak da, bazı zooplankton türleri ya çok az bolluğa sahiptirler ya da hiç bulunmamaktadırlar. Bunun tersine bazı türlerde yüksek bolluklarda bulunmaktadırlar (Caddy, 1993; Zaitsev ve Alexandrov, 1995). Buna ek olarak Karadeniz

ekosistemi için tipik zooplankton grupları olan, kopepod ve kladoseranların çeşitliliği ve kominite yapısı ötrofikasyona bağlı olarak oldukça değişim göstermektedir. Balık stoklarına katkıda bulununan baskın mesozooplankton türlerinin çoğunun yerini daha az değerli ve daha küçük türler almıştır (Konsulov ve Kamburska, 1998; Eker vd., 1999; Erkan ve Gücü, 2000).

Karadeniz’de bu konuda yapılmış çok fazla sayıda çalışma olmasına rağmen, Karadeniz baseninde çok hızlı değişimlerin meydana gelmesinden dolayı, bu bölgenin çeşitli alanlarında zooplanktonun aylık, mevsimsel dağılımının ve bolluğunun irdelenmesinde yarar görülmektedir (Özdemir ve Ak, 2012).

Karadeniz’de mesozooplanktonun önceleri (1970’lerde) fitoplanktonun kış ve ilkbahar artışını takiben Mart ve Ağustos ortalarında iki önemli pik döneminin olduğu bilinmekteydi (Oğuz vd., 2001). Ancak bu durum istenmeyen bir tür olan *Mnemiopsis leidy*’nin istilasından sonra, 1980’lerin başından beri değişmiştir. İkinci mesozooplankton pikinin Haziran ortasına doğru biraz daha erken olduğu fark edilmiştir. Bu durum Nisan ve Ağustos sonu ve Şubat ayında meydana gelen fitoplankton bloomlarıyla ilişkili olarak ortaya çıkmıştır. Hazirandaki mesozooplankton bloomu, Nisan ayını takiben ortaya çıkan fitoplankton bloomu ile açıklanmıştır (Konsulov ve Kamburska, 1998).

Ünal (2002), Güney Karadeniz’de mesozooplankton yoğunluğunda dört pik belirlemiş ve sonbahar pikinin kış pikinden daha belirgin olduğunu vurgulamıştır. Kovalev vd. (1999), zooplanktonun Karadeniz’in kıyısız alanında sonbahar ve ilkbaharda iki pik yaptığını belirtmiştir. Üstelik, merkezi bölgede sadece yaz sezonunda bir pik görülürken, yaz aylarında bazı zamanlarda üç pikin de gözlemlendiği rapor edilmiştir. Aynı çalışmada, Karadeniz’de mesozooplankton bolluğunun kıyı bölgelerinde açık denizden daha yüksek olduğu da bildirilmiştir. Özdemir ve Ak (2012), zooplanktonda Mayıs (3826 ± 1052 birey/m³), Ağustos (1080 ± 319 birey /m³) ve Ocak (797 ± 153 birey/m³) aylarında küçük dalgalanmalarla bir ana pikin olduğunu belirtmişlerdir.

Yıldız (2010), Güneydoğu Karadeniz’de 19 zooplankton türünü tanımladığı çalışmasında, zooplanktonun en yüksek bolluk değerlerine, 1999’da Eylül (172.242 birey/m²), 2000’de Ağustos (926.679 birey/m²), 2001’de Aralık ($938,544$ birey/m²), 2002’de Şubat (166.9397 birey/m²), 2005’de Nisan (666.822 birey/m²) ve 2006’da Haziran ayında (488.749 birey/m²) ulaştığını bildirmiştir. Bu çalışma da ise, hemen her mevsimde zooplanktonun pik yaptığı bir dönemin olduğu ve bu dönemlerin de ilkbaharda Nisan (6889 birey/m³), yazın Temmuz (3392 birey/m³), sonbaharda Eylül (3389 birey/m³)

ve Kışın Şubat (4399 birey /m³) ayları olduğu, ancak en belirgin pikin ilkbaharda Nisan ayında olduğu tespit edilmiştir. Çalışmalarda, bazı yıllarda benzer sonuçlar olmakla birlikte, bazı yıllarda farklı sonuçlar da görülmektedir. Bu durumun Karadeniz'deki çok hızlı değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca zooplanktonun maksimum bolluk değerleri fitoplanktonun bloom yaptığı dönemlerle değerlendirildiğinde, bu çalışma ile diğer çalışmalar örtüşmektedir. Bu çalışma da zooplanktonun pik yaptığı dönemler fitoplankton biyomasının göstergesi olarak kullanılan klorofil-a değerleriyle irdelendiğinde, klorofil-a'nın pik yaptığı dönemlerin hemen ardına denk gelmektedir. Yapılan istatiki analiz sonucunda da zooplankton ile klorofil-a arasındaki ilişkinin negatif yönlü çıkması, örneklemeler esnasında fitoplanktonun zooplankton tarafından hızlı bir şekilde tüketildiğini ve bolluklarının tüketime bağlı olarak arttığını göstermektedir.

Bu çalışmada zooplankton içinde en baskın türlerin *N. scintillans* (% 30), *P. elongatus* (% 16) ve *P. parvus* (% 14) olduğu belirlenmiştir. Örneklemesi yapılan türler içinde de en baskın grubu % 56 ile Kopepoda oluşturmaktadır. Kopepodları *N. scintillans* (% 30) ve klodeseran (% 11) izlemiştir. Kladoserler her dönem bulunmamakla birlikte Temmuz ayında en yüksek bolluğa (1748 birey/m³) ulaşmışlardır. Öztürk ve Ak (2005), *N. scintillans*' in % 52.6 ile en yoğun tür olduğunu, bunu % 21.4 ile Kopepoda'nın ve % 13.3 ile de Kladoserlerin izlediğini rapor etmişlerdir. Karadeniz'in Sinop bölgesi merkezi alanında, *N. scintillans* en yoğun olarak Mayıs ayında (% 43; 416.925 birey/ m²), ikinci baskın grup olan kopepodlar ise (% 78; 372.330 birey/m²), Mart ayında bulunmuştur (Bat vd., 2007).

Erkan ve Gücü (2000), Güneydoğu Karadeniz'de *Pseudocalanus elongatus*'un genç bireylerinin, *Oithona similis* ve *Noctiluca scintillans* gibi küçük organizmaların baskın olduğunu bildirmişlerdir. Onların sonuçları göstermiştir ki, Güneydoğu Karadeniz zooplanktonunda, küçük türler baskındır ve yüksek bolluğuna bağlı olarak en önemli tür ise *N. scintillans*'dir. Kovalev vd. (1998) ve Shiganova vd. (1998), *N. scintillans*'ın Karadeniz'de arttığını gözlemlemişlerdir. Feyzioğlu (1996), 1993-1994 Trabzon kıyılarında yaptığı çalışmasında Mart 1993'de *N. scintillans* bolluğunun 3,84x10⁶ birey/m³ ve Aralık 1993'de 4.8x10⁶ birey/m³ olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca örnekleme periyodu boyunca üç pik gözlenmiştir. Plankton örneklerinin 150 m-yüzey arası toplandığı, *N. scintillans*'ın en yüksek konsantrasyonun Şubat 2000'de 99000 birey/m³, Haziran 1999'da 90000 birey/m³ ve Eylül 1999'da 80500 birey/m³ olarak gözlenmiştir (Feyzioğlu ve Sivri, 2003). Aynı alanda ve aynı derinlikte yapılan, bu çalışma da ise, *N. scintillans* Nisan

ayında yılın en yüksek bolluğunu göstermiş ancak oranı tüm zooplankton içinde % 82 olarak tespit edilmiştir. Mart ayında örnekleme dönemleri içindeki en yüksek ikinci değerini (1358 birey/m³; % 66) almıştır. Mayıs ayından (882 birey/m³) Ocak ayına (677 birey/m³) kadar da çok düşük oranlarda seyrederek, Ocak ayından sonra artmaya başlamıştır ve Şubat ayında 888 birey/ m³ değerini almıştır. Özdemir ve Ak (2012), Ekim 2007 ve Eylül 2008 periyodunda Trabzon sahilinde yaptıkları çalışmada, *N. scintillas*'ın Şubat, Mart ve Ağustos dışında hemen her ay yüksek oranda bulunduğunu, özellikle de Mayıs ayında % 92 (3753±1027 birey/m³) gibi yüksek bir orana sahip olduğunu ve bunun tersine diğer gruplarda ani düşüşlerin gözlemlendiğini ve *N. scintillas*'ın en düşük değerini ise, Mart ayında (5±2 birey/m³) aldığını rapor etmişlerdir. Üstün vd. (2007) tarafından, *N. scintillan*'ın pik yaptığı dönemlerde, zooplankton bolluğunda aşırı bir azalma olduğuna işaret edilmiştir. Aynı durum Ünal (2002) tarafından da gözlemlendiği gibi, bu çalışmada da gözlemlenmiştir. Çünkü *N. scintillans* zooplanktonun populasyon yoğunluğuna büyük katkı sağlar. Ayrıca aynı besin kaynağını kullandıkları, diğer mesozoozooplanktonik türler ile arasındaki yarışta bu yoğunluğu etkileyebilmektedir (Yılmaz vd., 2005). Son yıllarda yapılan çalışmalar ve bu çalışmada da bulunan bulgular özellikle pik sayısı ve bolluk değerleri açısından örtüşmektedir ve görülmektedir ki, önceki yıllara göre bu çalışmanın yapıldığı Mart 2012-Şubat 2013 döneminde *N. scintillan*'ın pik sayısı ve bolluğunda büyük bir azalma olmuştur. Yapılan çalışmada, korelasyon sonuçlarında *N. scintillans* ve sıcaklık arasında negatif yönlü güçlü bir ilişki ($r^2=-0.8126$) tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu da, sıcaklık artışının *N. scintillans* bolluğunu olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir.

Kopepod türleri içinde ise, *Calanus euxinus*'un Karadeniz'de toplam zooplankton bolluğunun üçte birinden daha fazlasını oluşturan en büyük boylu tür olduğu (ergin birey prosome uzunluğu ~ 2.7 mm) bilinmektedir. Bu türün yıl boyunca plankton örneklerinde gözlenen ve açık denizlerde yaygın olarak bulunan tipik bir soğuk su türü olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Mauchline vd., 1998). Yapılan bu çalışmada, *Calanus euxinus* en yüksek bolluğa Şubat ayında (847 birey/m³) ulaşmıştır. Şubat ayı kopepodit (91 birey/m³), dişi (587 birey/m³) ve erkek (169 birey/m³) bireylerin de en yüksek bolluğa ulaştığı dönem olarak tespit edilmiştir. Üstün (2005), Sinop Körfezi'nde yaptığı çalışmasında *Calanus euxinus* bireylerinin yüksek bolluk değerlerini, 2002 yılında kıyısız istasyonda Temmuz ayında (1.800 birey/m²), açık istasyonda Ekim (4.500 birey/m²) ayında; 2003 yılında ise kıyısız istasyonda Şubat ayında ve açık istasyonda Haziran (5.200–5.900 birey/m²) ayında tespit etmiştir. 2002 yılında ergin bireylerin açıktaki

istasyonu tercih ettiği ve Ekim ayında yüksek bolluğa sahip olduğu rapor edilmiştir. Kopepodit 1, 2 ve 3 evrelerinin yaz sonu ve sonbahar mevsiminde yoğun olduğunu, kopepodit 4 ve kopepodit 5 evresinin açık istasyonu tercih ettiğini saptamıştır. Yıldız (2010), *Calanus euxinus* türünün en yüksek bolluk değerine 1999 yılında Aralık ayında (18.750 birey/m²), 2000 yılında Mayıs ayında (30.890 birey/m²), 2001 yılında Nisan ayında (52.690 birey/m²), 2002 yılında şubat ayında (20.714 birey/m²), 2005 ve 2006 yıllarında ise en Mayıs ayında (sırasıyla 15.869 birey/m² ve 10.868 birey/m²) ulaştığını bildirmiştir. Üstün (2004)'ün 2002 yılı şubat ayı kıyusal istasyon verileri ve Yıldız (2010)'un 2002 yılı en yüksek bolluk değerlerini aldıkları dönemler bu çalışma ile benzerlik göstermiştir.

Acartia genusu zooplankton türleri içinde genellikle en yoğun gruptan biridir. Çoğunlukla sahil ve açık deniz alanlarında bulunurlar ve yazdan daha çok kış türleridirler (Gaudy vd., 2000). Yerel popülasyonları besinin varlığı, büyük oranda sıcaklık ve tuzluluğun değişimine bağlı olarak şekillenir. Karadeniz'deki *Acartiidae* türlerinden olan *Acartia clausii*'nin ergin bireyleri yıl boyunca bulunan öriterm bir türdür (Gubanova, 2000).Yapılan alışmada, *Acartia clausi* dişi bireyleri en yüksek bolluğa 514 birey/m³) Mart ayında, erkek bireyleri ise en yüksek bolluğa (336 birey/m³) Temmuz ayında ulaşmıştır. Kopepodit bolluğunun ise en yüksek değerine (468 birey/m³) Ocak ayında ulaştığı gözlenmiştir. Örnekleme periyodu boyunca, Ocak ayı *Acartia clausi* bolluğunun (700 birey/m³) en yüksek olduğu dönemdir. Üstün (2004), Sinop Bölgesinde yaptığı çalışmasında *A. clausi* türünün Eylül 2002'de (36.000 birey/m²), Kasım 2003'de (93.500 birey/m²) ve Ağustos 2004'de (61.600 birey/m²) oldukça bol miktarda bulunduğunu saptamıştır. Gubanova vd. (2001), Sevastopal Körfezi'nde *A.clausii*'nin Haziran ve Eylül aylarında en yüksek bolluk değerine sahip olduğunu ve ergin bireylerinin tüm yıl boyunca bulunduğunu kaydetmiştir.

Paracalanus parvus öriterm bir türdür ve kış aylarında daha bol bulunmaktadır. İlkbaharda yüksek bolluğa ulaşmakta ve yaz başlangıcına kadar ortamda bol olarak bulunabilmektedir (Siokou Frangou vd., 2004). Üstün (2004) tarafından *Paracalanus parvus* bolluğunun kıyusal istasyonda, 2002 yılında Kasım ve Ekim aylarında (8.000 birey/m²-58.000 birey/m²) 2003 yılında ise şubat ve Kasım aylarında (39.800 birey/m²-44.600 birey/m²) oldukça yüksek değerde olduğu ifade edilmiştir. Yıldız (2010), Güney Karadeniz'de yaptığı çalışmasında, *P. parvus*'un en yüksek bolluk değerine 2000 ve 2006 yıllarında Mayıs (sırasıyla; 10.624 birey/m², 5.524 birey/m²), 1999 yılında Aralık (2.159

birey/m²) ve 2005 yılında ise, Nisan ayında (15.137 birey/m²) rastlandığını tespit etmiştir. Yapılan çalışmada, *Paracalanus parvus*'un zooplankton içinde baskın türlerden biri (339 birey/m³) olduğu tespit edilmiştir. Ocak ayında 796 birey/m³ ile en yüksek bolluk değerini almıştır ve kış ve sonbahar ayları en bol bulunduğu dönem olarak belirlenmiştir. Bu çalışma da kıyısız istasyonda yürütüldüğü için, en yüksek bolluğa ulaşılan dönemler açısından bulgular Üstün (2004) ile örtüşmektedir. Yıldız (2010)' un çalışmasında da yıllar itibariyle en bol bulunduğu dönemler değişmekle birlikte, bu çalışma ile karşılaştırıldığında en yüksek bolluk değerlerine ulaşılan mevsimlerde benzerlik görülmektedir.

Karadeniz'in kıyının etkisinden uzak olan bölgelerinde diğer soğuksu kopepod türlerinde olduğu gibi, *Pseudocalanus elongatus* türünün de baskın olduğu saptanmıştır. Soğuk kış aylarında karışım tabakasında *C. euxinus* yanında *P. elongatus*'un da baskın olduğu ve kışın çoğaldığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Vinogradov vd., 1985; Siokou-Frangou vd., 2004). Bunun yanında upwelling bölgelerinde çok daha yoğun olarak bulunduğu da ortaya konmuştur (Nierman vd., 1998). Üstün (2004), Sinop Limanı içinde yer alan kıyısız istasyonda *P. elongatus* en yüksek bolluk değerini, 2002 yılında Temmuz (10.700 birey/m²) ve 2003 yılında Şubat ayında (83.300 birey/m²) aldığını rapor etmiştir. Yıldız (2010), *Pseudocalanus elongatus* türünün en yüksek bolluğa 1999 yılında Eylül ayında (23.298 birey/m²), 2001 yılında ise Mayıs, Ekim ve Aralık aylarında (sırasıyla 24.959 birey/m², 24.305 birey/m² ve 20.037 birey/m²) ulaştığını bildirmiştir. Ayrıca 2002 yılı Nisan ayında erkek bireylerin bol miktarda bulunduğunu da belirtmiştir.

Yapılan bu çalışmada, *Pseudocalanus elongatus* bolluğunun en yüksek olduğu dönem 954 birey/m³ ile Şubat ayı olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler, Üstün (2003), verileriyle uyum göstermektedir. Şubat ayı, aynı zamanda dişi bireylerin (679 birey/m³) ve kopepoditlerin de (235 birey /m³) en yüksek bolluğa ulaştığı dönem olarak gözlenmiştir. Erkek bireyler ise en yüksek bolluğa Nisan ayında (77 birey /m³) ulaşmıştır. Yıldız (2010), 2002 yılında Güney Karadeniz'de erkek bireylerin Nisan ayında bol miktarda olduğunu ancak genellikle dişi bireylerin erkek bireylerden daha yüksek oranda bulunduğunu rapor etmiştir. Bu çalışmada da örnekleme dönemi boyunca elde edilen veriler ışığında dişi bireylerin erkek bireylerden daha yüksek değere (erkek: 29 birey/m³, dişi:217 birey/m³) sahip olduğu gözlenmiştir.

Beşiktepe (2001), Güneybatı Karadeniz'de 1994-1996 yılları arasındaki çalışmada, tüm örnekleme periyodu boyunca en bol bulunan türün *Pseudocalanus*

elongatus olduğunu bildirmiştir. Yıldız (2010), 1999 yılında *Pseudocalanus elongatus*'un (%38.04) toplam Kopepoda bolluğunun en baskın türü olduğunu, 2000 yılında % 25.87'lik, 2005 yılında da % 17.87'lik oranla *Pseudocalanus elongatus*'un ikinci en baskın tür olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada da, benzer şekilde *P. elongatus*'un Kopepoda içinde en baskın tür (% 28) olduğu görülmüştür.

Centropages ponticus Karadeniz'in üst su tabakalarında bulunur. Ancak Güney Karadeniz'de çok yaygın olmamakla birlikte, yazın çok az rastlanılan bir ılık su türü olması sebebiyle, soğuk mevsimlerde rastlanılmamaktadır (Niermann vd., 1998; Gubanova vd., 2001). 1979/80 yıllarında (ortalama 314.7 birey/m³) bu türün 1976 yılına oranla (ortalama 16 birey/m³) bolluk değerinde 20 kat artış olmuş fakat 1989-1996 yılları arasında yalnızca birkaç bireyle nadir olarak rastlanmıştır (Gubanova vd., 2001). Üstün (2004) tarafından Karadeniz'in Sinop Bölgesi'nde yapılan çalışmada *Centropages ponticus*'un kıyısız istasyonda, 2002 ve 2003 yıllarında Eylül ayında en yüksek bolluk (400-2.800 birey/m²) değerine ulaştığı, 2004 yılında Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında rastlandığı bildirilmiştir. Yıldız (2010), 99/00/01/02/05/06 yıllarını kapsayan çalışmasında, *C. ponticus* türünün yaz sonu-sonbahar başında yüksek bolluk değerlerine ulaştığını bildirmiştir.

Yapılan çalışmada, *C. ponticus*'un en yüksek bolluk değerine 107 birey/m³ ile Ekim ayında ulaştığı ve bu değerinin Haziran (20 birey/m³), Ağustos (10 birey/m³), Eylül (12 birey/m³) ve Ocak (5 birey/m³) ayı değerlerine göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Mevcut çalışmada elde edilen bulgular yapılan diğer çalışmalarla genel olarak uyum göstermekle birlikte, Haziran ve Temmuz aylarında da *C. ponticus*'a rastlanması, Niermann vd.(1998)'in aksine yaz mevsiminde de bu türe yüksek oranda rastlanılmasının muhtemel olduğunu göstermiştir. Soğuk mevsimlerde bulunmadığını rapor eden Gubanova vd. (2010)'un aksine de Ocak ayında ergin bireye rastlanılmasa da, kopepodit aşamasındaki bireylere (5 birey/m³) rastlanmıştır. Farklı bulguların elde edilmesinde, özellikle son yıllarda Karadeniz sularında meydana gelen ısınmanın etkili olduğu düşünülmektedir.

Örterm bir tür olan, *Oithona similis* kış aylarında bol bulunmakla birlikte, ilkbaharda da bol olabilmektedir. Yaz sonu ilkbahar başlangıcında da diğer ılık su türleri ile birlikte kopepoda içinde baskın duruma geçmektedir. (Siokou-Frangou vd., 2004). Beşiktepe (2001), Güneybatı Karadeniz'de 1994-1996 yılları arasında yapmış olduğu çalışmasında *Oithona similis*'in populasyon yapısındaki mevsimsel değişimi tespit etmiştir. Kopepodit

evrelerinin tamamının 1995 yılında Eylül ayında, 1996 yılında Temmuz ve Eylül aylarında baskın olduğunu saptamıştır. Nisan örneklerinde ergin *O. similis*'lerin popülasyonun % 60'ından fazlasını oluşturduğu gözlenmişken, kullanılan ağ göz açıklığının etkisi ile 1994 yılı Mayıs ayında kopepodit evrelerine rastlamamıştır. Yıldız (2010), *Oithona similis*'in 2001 yılında kopepoda bolluğunun % 24.14'ünü oluşturan, en baskın tür olduğunu, 2005 yılında % 12.10'luk oranla ikinci baskın tür olduğunu bildirmiştir. Bunun yanında, *Oithona similis* türüne 1999 yılında örnekleme periyodu süresince sadece Temmuz (46 birey/ m²) ve Aralık (228 birey/m²), 2000 yılında ise, Ağustos (12.727 birey/ m²) ve Eylül ayında (4.413 birey/ m²) rastlandığını rapor etmiştir. 2001 yılında ise, Mayıs (49.959 birey/ m²) ve Ağustos (50.008 birey/ m²) aylarında en yüksek bolluk değerlerini tespit etmiş ve bu aylarda ergin birey ve kopepoditlerin yüksek bolluğa sahip olduğu bildirilmiştir. *O. similis* türünün 2002 yılındaki en yüksek bolluk değerinin Ocak (14.464 birey/m²) ve Şubat (21.583 birey/m²) aylarında gözlendiğini ve 2002 yılında kopepoditlerin en yüksek bolluğa Şubat ayında ulaştıklarını rapor etmiştir. 2005 yılında, *O. similis* türünün en yüksek bolluk değeri Mayıs ayında (10.357 birey/m²) gözlenirken, 2006 yılında Haziran (13.012 birey/m²) ve Temmuz (12.208 birey/m²) ayların da gözlendiğini bildirmiştir. Yapılan çalışmada ise, örnekleme periyodu boyunca *O. similis*'in en yüksek bolluk değerine 402 birey/m³ ile Ocak ayında ulaştığı tespit edilmiştir. Ocak ayı aynı zamanda kopepoditlerin (227 birey/m³) ve erkek bireylerin (18 birey/m³) de en yoğun olduğu dönem olarak belirlenmiştir. Yıldız (2010)'un aksine örnekleme periyodu boyunca *O. similis*'e sadece Mart ayında rastlanmamıştır. Bunun yanında, Yıldız (2010)'un 2002 yılı en yüksek bolluk değerleri dönemleriyle benzerlik görülmektedir. Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde, dönemsel farklılıkların olduğu ve her yıl farklı gelişim aşamasındaki bireylerin farklı dönemlerde yüksek bolluğa ulaştığı görülmektedir. Bunun da, çalışmaların yapıldığı istasyonların farklılığından ve değişen fiziksel ve biyolojik koşullardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Sagitta setosa, Karadeniz'de yaygın bulunan bir chaetognath türüdür ve dağılımı çok iyi doküman edilmiştir (Zenkevith, 1963; Vinogradov vd., 1990, 1992, Niermann ve Greve, 1997, Feyzioğlu vd., 1998; Öztürk, 2002). Kıyısal alanda ve Karadeniz'in merkez döngülerinde daha az yoğunlukta bulunmakla birlikte, Karadeniz'in kıyı akıntıları boyunca toplandığı gözlenmiştir (Niermann vd., 1997).

Beşiktepe ve Ünsal (2000), *S. setosa*'nın en yüksek bolluk değerini Eylül ayında gözlemişlerdir. Benzer gözlemler Karadeniz'in Kırım Sahilleri'nde de yapılmıştır (Sazhia,

1987). *S. setosa*'nın yüksek bollukta bulunduğu dönemlerde birincil besinleri olan kopepodların da yoğun olduğu bildirilmiştir (Feigenbaum, 1991).

Öztürk (2002), 1999 yılında en yüksek bolluğa Kasım ayında rastlanırken, 2000-2001 yıllarında yaz aylarında rastlandığını rapor etmiştir. 1999-2001 yılları arasında en yüksek bolluğun (4.451 birey/m²) 2000 yılı Temmuz ayında olduğunu bildirmiştir.

Yıldız (2010), *S. setosa*'nın en yüksek bolluk değerine 1999 yılında Ekim ayında (82.618 birey/m²), 2000 yılında Mayıs ayında (93.768 birey/m²), 2001 yılında özellikle yaz aylarında, 2002 yılında Ağustos ayında (9.713 birey/m²), 2005 yılında, Haziran ayında (3.699 birey/m²) ve 2006 yılında Eylül ayında (17.752 birey/m²) ulaştığını bildirmiştir.

Yapılan bu çalışmada, *S. setosa*'nın 223 birey/m³ ile en yüksek bolluk değerine Temmuz ayında ulaştığı bunu 204 birey/m³ ile Eylül ayının izlediği belirlenmiştir. Özellikle yaz aylarında bol miktarlarda (Haziran: 191 birey/m³, Temmuz: 223 birey/m³, Ağustos:126 birey/m³) bulunduğu gözlenmiştir. Bu dönemler aynı zamanda üzerinden yoğun bir şekilde beslendikleri *Calanus euxinus* türünün de bol bulunduğu dönemlerdir.

Besin ve sıcaklık Karadeniz'de *Sagitta setosa* türünün büyümesini etkileyen başlıca faktörlerdir (Niermann vd., 1998; Beşiktepe ve Ünsal, 2000). Ünal (2002), kıyısal ve açık istasyonlarda yaz ve sonbahar başında kopepod bolluğundaki artışla birlikte *S. setosa* türünün bolluk değerinin de yükseldiğini saptamıştır. Benzer durum Yıldız (2010) tarafından da bildirilmiştir.

Üreme dönemi muhtemelen en yoğun hazirandan kasıma kadar (küçük bireylerin çokluğuna işaret edilir) olduğu ve özellikle yüksek bolluk değerlerinin yaz aylarında tespit edildiği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilen *S. setosa* türü ile ilgili elde edilen bulgular Beşiktepe ve Ünsal (2000), Öztürk (2002) ve Yıldız (2010)'un elde ettikleri veriler ile uygunluk göstermiştir.

Deniz kladoserleri daha çok kıyısal ekosistemlerde baskın olurlar ve özellikle ilkbahar başından yaz sonuna kadar, uygun koşullar oluştuğunda yüksek bolluğa ulaşarak, zooplankton bolluğuna büyük katkı sağlarlar (Gieskes, 1971; Della-Croce ve Angelino, 1987; Kim vd., 1989). Kladoserlerin ılık su türleri olduğu (Onbe, 1977), yüksek sıcaklık ve klorofil-a'dan olumlu etkilenirken yüksek tuzluluktan olumsuz etkilendikleri bildirilmiştir (Chritou ve Steraiou, 1998).

Timofte vd. (2009) tarafından, Karadeniz'in Romanya kıyılarında yapılan çalışmada, kladoserlerin 2009 yılında Temmuz ayında en baskın zooplankton grubu olduğu ve en baskın türünün ise *Penilia avirostris* olduğu bildirilmiştir. Yıldız (2010), Güney

Karadeniz’de yaptığı çalışmasında kladoserlere, 1999 yılında Temmuz ve Aralık ayları hariç tüm aylarda rastlanıldığını ve Eylül ayında en yüksek bolluk değerine ulaştığını, 2000 yılında sadece Ağustos ve Eylül aylarında gözleendiğini, 2001 yılında Aralık ayı dışında her ay rastlandığını, 2005 yılında sadece Haziran ayında tespit edildiğini ve 2006 yılında ise sadece Haziran ve Eylül aylarında gözleendiğini bildirmiştir.

Özdemir ve Ak (2012), Ekim 2007 ve Eylül 2008 tarihleri arasında Doğu Karadeniz’in Trabzon kıyılarında yaptıkları çalışmalarında, kladoserlerin en yüksek bolluğa Temmuz (430 ± 64 birey/m³), Ağustos (680 ± 221 birey/m³) ve Eylül (432 ± 38 birey/m³) aylarında ulaştığını, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında rastlanmadığını ve tüm zooplankton içinde % 13.3’lük bir paya sahip olduklarını rapor etmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada, kladoserlerin en yüksek bolluğa Temmuz ayında ulaştığı (1748 birey/m³) ve yılın sadece 5 ayı (Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim) rastlandığı ve toplam mesozooplanktonun da % 11’ini oluşturduğu belirlenmiştir. Özdemir ve Ak (2012)’nin verilerine benzer veriler elde edilmekle birlikte, aynı göz açıklığına sahip plankton kepçesi (200 m) kullanılmasına rağmen, bu çalışmada özellikle Temmuz ayındaki bolluk değeri oldukça yüksektir. Bunun da çalışmaların yapıldığı tarihlerde yıllık ortalama yüzey suyu sıcaklık farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Mevcut çalışmada kladoserlerin görüldüğü dönemin daha uzun olması da, örneklemin yapıldığı dönemdeki su sıcaklığına bağlanabilir. Özdemir ve Ak (2012), çalışmayı sürdürdükleri dönemde ortalama yüzey suyu sıcaklığını 16.9 °C belirlemişken, bu çalışmada yüzey suyu sıcaklığı ortalama 17.68 °C olarak belirlenmiştir.

Jelimsi makrozooplankton birçok kıyusal sistemde baskın planktivorlardır ve sıradışı bloomlar oluşturdukları bilinmektedir (CIESM, 2002). Dünyanın birçok yerinde biyomaslarının arttığına dair bilgiler mevcuttur (Mills, 2001; Purcell, 2005; Link ve Ford, 2006). Jelimsi makrozooplankton balık yumurtaları ve larvaları ve mesozooplankton ile beslenir ve doğrudan avlanmanın yanı sıra besin için rekabete girerek de tüm pelajik kominiterlerin yapısını etkileyebilir (Purcell, 1985). Jelimsi bir planktivor olan, *P. pileus* Karadeniz’de, ilk kez Vinogradov vd. (1985) tarafından, Karadeniz’in açık sularında rapor edilmiştir. Daha sonra Novarasyisk, Odessa, Sevastopol Kırım Kıyıları ve Karadeniz açıklarına dağıldığını bildirmiştir. Türkiye sularında da Mutlu vd., 1994’e kadar jelimsi zooplanktonun dağılımı ile ilgili çalışmalar bulunmamaktadır (Mutlu ve Bingel, 1999). *Pleurobrachia. Pileus*, plankton içinde soğuk su grubuna girmekte ve yazın H₂S tabakasının üstünde termoklinin altında, soğuk mevsimlerde ise yüzeyde yayılım

göstermektedir (Ivanov ve Beverton, 1985). Vinogradov vd. (1985) Nisan/Mayıs 1984'de Karadeniz'de *P. pileus*'un vertikal dağılımında benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Vinogradov vd. (1992) ve Vinogradov ve Nalbandov (1990), geceleri büyük bir çoğunluğunun, yüzeye doğru dikey göç yapan bireylerden oluştuğunu vurgulamışlardır. İkinci bir grubun ise, *Calanus spp.* (temel besin kaynakları) dikey göçüne bağlı olarak pinoklinde kaldıklarını belirtilmiştir. Pinoklinde hareketsiz kalmaları metabolik enerji tasarrufu amaçlı olabilir (Mutlu ve Bingel, 1999).

Karadeniz'de *P. pileus*'un bolluk dağılımı üzerine yapılan çalışmalar daha çok açık denizde yoğunlaşmıştır. Açık denizdeki *P. pileus* bolluğu $1812/m^2$ olarak rapor edilmiştir ve daha çok girdap merkezlerinde yoğunlaştığı gözlenmiştir (Mutlu vd., 1994, Mutlu ve Bingel, 1999). Mutlu vd. (1994), *P. pileus*'un en yüksek bolluk değerine 1991'de Haziran ayında ($585 \text{ birey}/m^2$), 1992'de Temmuz ayında ($1638 \text{ birey}/m^2$) ve 1993'de Ağustos ayında ($1812 \text{ birey}/m^2$) ulaştığını rapor etmişlerdir. Mutlu ve Bingel (1999), Karadeniz'de yaptığı çalışmada *P. pileus*'un yüksek bolluk değerlerine Karadeniz'in güneydoğu kıyusal bölgelerinde ulaştığını ve kıştan bahara doğru arttığını ve yazın da bir pik yaptığını bildirmişlerdir.

Feyzioğlu (2007), Haziran 1999-Mayıs 2000 tarihleri arasında Karadeniz'in Trabzon kıyılarında yaptığı çalışmada, *P. pileus*'un en yüksek birey sayısını Eylül ayında ($341 \text{ birey}/m^2$), en düşük birey sayısını ise Ağustos ayında ($92 \text{ birey}/m^2$) tespit etmiştir.

İşinibilir (2012), Temmuz 2001-Kasım 2002 yılları arasında İzmit Körfezi'nde yaptığı çalışmada, *P. Pileus* bolluğunun kışın azaldığını ilkbahara doğru artış gösterdiğini ve Şubat/Mart aylarında üremenin başlamasıyla Mayıs'a kadar artmanın devam ettiğini ve Haziran'da kesildiğini rapor etmiştir.

Bu çalışmada ise, *Pleurabanchia pileus* en yüksek bolluğa $142 \text{ birey}/m^3$ ile Ekim ayında ulaşmıştır. Ekim ayını $48 \text{ birey}/m^3$ ile Eylül ayı izlemiştir. Mart ve Nisan aylarında ise rastlanmamıştır. Feyzioğlu (2007) ile bulgular örtüşmekle birlikte, diğer yapılan çalışmalarla kısmen örtüşmemektedir. Buna da, çalışma bölgelerinin farklı olması, diğer çalışmalarda birden fazla istasyonun olması, yıllar itibariyle meteorolojik ve hidrografik koşullardaki değişimlerin sebep olduğu düşünülmektedir.

4.1.4. Türlerin Toplam Yağ Miktarı ve Yağ Asiti Kompozisyonu

4.1.4.1. Toplam Yağ Miktarı

Farklı zooplankton türleri için yağların önemi oldukça farklılık gösterir. Zooplanktondaki yağ içeriği kuru ağırlıkta oldukça düşük oranlarda bulunabilirken (örneğin, jelimsi zooplankton), birçok kopepod türünde daha yüksek oranlarda bulunabilir (Sargent ve Henderson, 1968; Lee vd., 2006). Tropikden yüksek enlemelere, farklı rejimlerde zooplankton özel lipit adaptasyonları geliştirmiştir. Tropikal bölgelerdeki zooplankton, yüksek biyomas cirosu (oligotrofik bölgelerde) ve yüksek metabolik değerlerden dolayı genellikle fakir bir yağ içeğine sahiptir (Lee vd., 1971; Lee ve Hirota, 1973). Bu çevrelerde, birincil üretim oranının fazlalığı ve fitoplanktonun gıda olarak sürekli bulunması, kopepodlarda yağ biriktirmeyi gereksiz hale getirmektedir (Nageswara Rao ve Krupanidhi, 2001; Rajkumar vd., 2008). Yüksek enlemlerde ve ılıman kuşaklarda bunun tersine, oldukça yüksek oranlarda yağ biriktirirler (Kattner ve Hagen, 1995). Bunun hidrolojik koşullara ve çevrede besin organizmalarının varlığına ve çeşidine bağlı olduğu Ashok ve Prabu vd. (2005) tarafından bildirilmiştir. Birçok zooplanktonik takson farklı yaşam evleri süresince yağ biriktirir. Kalanoid kopepodlar, fitoplankton lipitlerini beslenme yoluyla biriktirirler ve geç nauplii aşamasından ergin aşamaya kadar bu birikim devam eder. (Sargent ve Henderson, 1986; Falk-Petersen vd., 2000; Lee vd., 2006). Zengin yağ içeriğine sahip kopepodlar da, daha üst trofik seviyelerdeki organizmaların ana besin kaynağını oluştururlar (Varpe vd., 2005).

İlman iklim kuşağında yer alan Karadeniz’de zooplanktonik türler, pelajik balıklar gibi birçok deniz canlısının besinini oluşturmalarından dolayı önemlidirler. Pelajik balıklar ise toplam balıkçılığın büyük kısmını oluşturduğu için (Leppakoski ve Mihnea, 1996), besin zooplanktonu Karadeniz açısından önemli olmaktadır. Sadece pelajik balıklar değil, demersal balıkların erken gelişim evreleri de besin zooplanktonu üzerinden beslendiğinden balıkçılık açısından ayrı bir öneme sahiptirler (Kideyş vd., 2000). Türkiye balıkçılığında önemli bir yere sahip olan hamsinin de ana besin kaynağını Calanus cinsi kopepodlar oluşturmaktadır (Genç, 2007). Aynı şekilde yılın üç ayı hariç (mayıs, haziran, temmuz) avcılığı yapılabilen istavrit balıklarının genç bireyleri de zooplankton ile beslenirler (Ivanov, 1985).

Karaçam ve Düzgüneş (1988), Kasım ve Mart ayları arasında Karadeniz’deki hamsi (*E. encrasicolus*) balıklarının net et verimi ve besin analizleri üzerine yaptıkları çalışmada,

hamsideki toplam yağ oranını en yüksek Aralık ayında (% 16.0) en düşük ise Mart ayında (% 3.10) bulmuşlardır. Ayrıca hamsinin Kasım, Aralık ve Ocak aylarında toplam yağ miktarı yönünden zengin olduğunu ancak en fazla yağlanmanın Ocak ayında olduğunu bildirmişlerdir. Düzgüneş ve Karaçam (1991), Karadeniz'deki istavrit (*Trachurus mediterraneus*) balıklarının et verimi ve biyokimyasal kompozisyonu üzerine Aralık-Mayıs ayları arasında yürüttükleri çalışmada, Karadeniz'deki istavrit balıklarındaki toplam yağ miktarlarının % 2.90-4.54 arasında değiştiğini ve balıklardaki yağ miktarının en yüksek Aralık ayında olduğunu ve bu aydan sonra azalmaya başladığını bildirmişlerdir.

Öksüz ve Özyılmaz (2010), Doğu Karadeniz'de av sezonu boyunca hamside toplam yağın en yüksek % 16.32 ile Ekim ayında, en düşük % 6.49 ile Nisan ayında olduğunu rapor etmişlerdir.

Tufan vd. (2011), Ekim 2008-Nisan 2009 yılları arasında Karadeniz'in Türkiye sularında yaptığı çalışmasında, hamsideki toplam yağ miktarının yenilebilir kas dokuda en yüksek Kasım ayında (% 14.98) ve en düşük ise Ekim (% 8.28) ve Nisan ayında (% 7.72) ayında olduğunu ve yağlanmanın kış aylarında daha belirgin artış gösterdiğini rapor etmişlerdir. Tufan (2010), aynı yıllarda istavrit etindeki toplam yağ miktarının en yüksek değerini Aralık ayında (% 10.57), en düşük değerini Mart ayında (% 6.57), aldığını bildirmiştir.

Hamsinin ana besinini oluşturan *Calanus euxinus* ve küçük kopepod grubu ile, hamsi üzerine yapılan çalışmalar arasında karşılaştırma yapılırsa, yapılan bu çalışmada, *C. euxinus*'da Σ yağ'ın en yüksek Şubat ayında (% 7.03), en düşük ise Eylül ayında (% 3.0233), küçük kopepodlarda ise en yüksek Ocak ayında (% 6.9175) ve en düşük Şubat ayında (% 2.8117) olduğu görülmüştür. Σ yağ'ın küçük kopepodlardaki en düşük olduğu ay dikkate alınmazsa bulguların genel olarak, hamsi bulgularıyla örtüştüğü görülmektedir. Şubat ayında ise, hamsilerin küçük kopepod grubunda o dönem en yoğun bulunan zooplankton türünü fazla tercih etmeyip diğer küçük zooplanktonları tercih ettikleri düşünülebilir. Ayrıca çalışmaların yapıldığı alanların ve yılların farklılığı ve Karadeniz'de hızlı gelişen değişimler dikkate alındığında bu ve benzer bulguların elde edilmesinin beklenen bir sonuç olduğu düşünülmektedir.

Jerries (1970), Ekim 1963-Ocak 1965 ve Ekim 1965-Ağustos 1966 yılları arasında Phode Adası'nın Narragansett Körfezi'nde kuru ağırlıkta zooplanktonda toplam yağın kış süresince arttığını ve Mayıs ayında en yüksek değerini (% 27), Ağustos ayında da en düşük değerini aldığını rapor etmiştir.

Moreno vd. (1979), Bounes Aires (Arjantin) Mar del Plata kıyılarında *Paracalanus parvus*'un lipit kompozisyonunu araştırdığı çalışmasında, yaş ağırlıkta toplam yağın Temmuz'da (kış) % 2 olduğunu, Ekim'de (ilkbahar) ise yükselerek % 6.8'e çıktığını rapor etmişlerdir.

Kattner vd. (1981), 1977 ve 1978 yılları arasında Kuzey Denizi'nin Almanya kıyılarından aylık aralıklarla topladıkları, *Acartia clausi*, *Temora longicornis* ve *Centropages hamatus* kopepod türleri üzerinde yaptıkları çalışmada, küçük kopepolarda toplam yağın mevsimsel olarak 0.3- 1 µg/birey arasında değiştiğini, ilkbahar ve sonbahar süresince en yüksek değerlerine ulaştığını bildirmişlerdir.

Hagen vd. (1993), Antartik'de, *Calanoides acutus*'da kuru ağırlıkta toplam yağın yazın CV aşamasında % 43±6, dişi bireylerde % 51, kışın CV aşamasında % 28±11, dişi bireylerde % 35±8 olduğunu, *Calanus propinquus*'da ise kışın CV aşamasında % 35 ±10, dişi bireylerde % 30±4 ve yazın CV aşamasında % 36±13, dişi bireylerde % 40±11 olduğunu rapor etmişlerdir.

Shansudin vd. (1997), Güney Çin Denizi'nde soğuk ve sıcak sezonlarda karışık zooplankton türleri ile, yaptıkları çalışmada yağ içeriğinin % 0.48- .42 arasında değiştiğini, soğuk sezonda daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Smith ve Lane (1991), *Eucalanus californicus*'da kuru ağırlıkta toplam yağ miktarının ortalama % 46 olduğu ve bunun % 29-58 arasında değiştiğini, Ohman (1997), gravimetrik metod kullanarak yaptığı çalışmasında aynı türün toplam yağ içeriğini kuru ağırlıkta, % 6, Ohman (1998), % 11 yağ içeriğine sahip olduğunu bildirmiş ve Smith ve Lane aynı metodu kullandıklarında % 51 olduğunu ifade etmişlerdir. İki çalışma arasındaki farklılıklar Smith ve Lane (1991)'in metilen klorür gibi henüz yağ içeriğini belirlemede güvenilirliği kanıtlanmamış bir çözücüyü kullanmasına bağlanmıştır (Ohman, 1997). Ackman (1970), küçük krustasealarda, özellikle kopepodlarda yağ içeriğinin yaş ağırlıkta (WW) % 10'a kadar çıkabileceğini belirtmiştir.

Svetlichny vd. (2006), Karadeniz'in Güneydoğu sularında (Sinop kıyıları) ve Marmara Denizi'nde 2000 ve 2001 yıllarında farklı istasyonlarda gerçekleştirdikleri çalışmada, *Calanus euxinus*'da ortalama yağ miktarının % 14.1±6.0 iken, bu oranın derinlerde yaşayan *Calanus euxinus* dişilerinde % 7.7±5.1 düştüğünü rapor etmişlerdir.

Perumal vd. (2009), Hindistan'ın Güneydoğu kıyılarında üç istasyonda, *Oithona similis*'in toplam yağ miktarının % 9.89-15.44 arasında, *Acartia spinicauda*'nın ise toplam yağ miktarının % 12.42-17.81 arasında değiştiği ve karbonhidrat ve protein içeriğine göre

düşük olduğu vurgulanmıştır. Bunun sebebi olarak da çalışma alanının tropikal iklim kuşağında olması gösterilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, *C. euxinus*'da en yüksek Σ yağ miktarı (% 5.82) yaz sezonunda belirlenmekle birlikte, bunu çok yakın bir değerle kış sezonu (% 5.64) izlemiştir. Yaz sezonundaki yağ miktarının sıcaklıktan daha çok ortamdaki besin çeşidi ve yoğunluğuyla alakalı olduğu düşünülmektedir. Yapılan korelasyon sonuçları da bunu doğrulamıştır ve çalışmaya konu olan zooplankton türlerinde yağ miktarının sıcaklıkla ilişkisi bulunamamıştır. Kattner vd. (1994) tarafından, Atlantik kopepodlarında (*Calanus propinquus*, *Calanoides acutus*, *Rhincalanus gigas*) yaz süresince yağ miktarının diğer mevsimlerden daha yüksek olduğu rapor edilmiştir.

Bu çalışmada, küçük kopepodlarda, Σ yağ miktarının ilkbahar mevsiminde diğer mevsimlere göre daha yüksek olduğu (ortalama % 6.08), bunu kış mevsiminin izlediği (ortalama % 5.06) yaz mevsiminde en düşük değerini aldığı (ortalama % 3.8) görülmüştür. Ayrıca birey başına Σ yağ miktarına bakıldığında, yağ miktarının 1.68-6.61 $\mu\text{g}/\text{birey}$ arasında değiştiği ve en yüksek değerini mevsimsel olarak ilkbaharda alarak kışa doğru azaldığı bildirilmiştir. Örnekleme dönemleri içinde *Calanus euxinus*'da Σ yağ (%) en yüksek değerini % 7.03 ile Şubat ayında alırken, en düşük değerini % 3.02 ile Eylül ayında, küçük kopepodlarda ise en yüksek değerini % 6.92 ile Ocak ayında alırken, en düşük değerini % 3.12 ile Ağustos ayında almıştır. Bulgular Jerries (1970) ile toplam yağın en yüksek ve en düşük olduğu mevsimler bazında kısmen benzerlik göstermektedir. Ancak Jerries'in çalışmasının tropikal, bu çalışmanın ılıman iklim kuşağında ve farklı türler üzerinden değerlendirme yapıldığı düşünülürse, zooplanktonda Σ yağ (%)'ın en yüksek ve en düşük değerlerine ulaştığı mevsimlerde ve aylarda sapmaların olması beklenen bir durumdur. Mevcut çalışmada, küçük kopepodlar içinde her dönem genelde baskın türün *Paracalanus parvus*'tur ve dolayısıyla küçük kopepod grubundaki yağ miktarında en etkili tür olduğu düşünülürse, bulguların Moreno vd. (1979), bulgularıyla benzerlik gösterdiği görülmektedir. Kattner vd., (1981)'in bulgularıyla da toplam yağın en yüksek değerine ulaştığı mevsim olarak benzerlik olmakla birlikte, yağ miktarında ve en düşük olduğu mevsimde farklılık görülmüştür. Bunun da, analize tabii olan türlerin (sadece *Acartia clausi* aynı) ve araştırma sahasının farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunların yanında genel olarak özellikle rakamsal farklılıklara, araştırma sahalarının farklı iklim kuşaklarında bulunması ve bundan kaynaklı besin ağındaki besin türlerinin farklılıkları, yağ miktarı araştırılan zooplankton türlerinin farklılığı, kullanılan metodlardaki farklılıklar

ve toplam yağ miktarı sonuçlarının yaş ve kuru ağırlıkta verilmiş olmasının, sebep olduğu düşünülmektedir.

Yuneva vd. (1999), Karadeniz'in kuzey sahillerinde siklonik ve antisiklonik bölgelerde *Calanus euxinus*'un lipit içeriğini belirledikleri çalışmalarında, siklonik bölgelerde antisiklonik bölgelere göre lipit içeriğinin daha yüksek (sırasıyla, ortalama 101.9 ve 58.8 µg/birey) olduğunu ve *C. euxinus*'un lipit içeriğinin klorofil-a ile ilişkili olduğunu ($r=0.92$, $p<0.05$) vurgulamışlardır. Mevcut çalışmada, *C. euxinus*'da Σyağ miktarının ortalama 0.072 mg/birey olduğu ve klorofil-a miktarı ile arasında ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Yuneva vd. (1999)'un çalışmalarıyla bulgular örtüşmemekte, bunun da en önemli sebebinin Karadeniz'in Kuzey ve Güney kıyıları arasındaki farklılıklardan ve Yuneva vd. (1999)'un örneklemelerini geceleyin yüzeyden, bu çalışmada da gündüz 130 m'lik su kolonunda yapılmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şen Özdemir vd. (2011), 2010 yılında Güneydoğu Karadeniz'de erken yaz döneminde karışık mesozooplanktonik türlerde (*Kladoser*, *N. scintillans*, *Sagitta Setosa*, kopepoda) toplam yağ miktarını belirlediği çalışmasında, Σyağ miktarının Temmuz ayında % 1.6 (WW) ve Ağustos ayında % 2.4 (WW) olduğunu bildirmişlerdir. Şen Özdemir vd. (2012), 2011 yılında aynı bölgede Ekim ayında yaptıkları çalışmada, *Calanus euxinus*'da Σyağ miktarının % 5.65 (WW) olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada da ise, kladoser ve *N. scintillans* dışındaki diğer türler kullanılmıştır ve bunların Temmuz ve Ağustos ayları ortalamaları alındığında zooplanktonda Σyağ miktarı Temmuz ayında % 4.78, Ağustos ayında % 3.73, *Calanus euxinus*'da ise Ekim ayında % 5.72 olarak belirlenmiştir. *Calanus euxinus*'da bulunan miktar örtüşmekle birlikte Temmuz ve Ağustos ayına dair veriler örtüşmemektedir. Bunun da tür farklılığından ve analize uğrayan türlerin miktarlarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Karadeniz'de ctenophora filumunun 3 temsilcisi bulunmaktadır. Bunlar *Minemiopsis leidy*, *Beroe ovata* ve *Pileurobrachia pileus* türleridir (Kideys vd., 2000; Kideys ve Romano, 2001; Svetlichny vd., 2004). Bu çalışmada kullanılan *P. Pileus*'un ise, çoğunlukla kopepodlarla beslenmeyi tercih eden karvinor bir tür olduğu bildirilmektedir (Moss, 1991). Dolayısıyla besin basamağında yağların bir üst basamağa geçişlerini değerlendirmek açısından bizim için önemli bir tür olduğu düşünülmektedir.

Kuzey Denizi'nde *P. pileus*un yağ içeriği kuru ağırlıkta 17 mg/g (Hoeger, 1983) Karadeniz'de 3.4 mg/g (Anninsky vd., 2004) olarak bildirilmiştir. Matthew vd. (2000), Antarktik'de Ocak 1997 ve Şubat 1998 süresince yaptıkları çalışmalarında jelimsi

zooplanktonda yaş ağırlıkta toplam yağ miktarının çok düşük olduğunu (0.1-5 mg/g) vurgulamışlardır. Ayrıca *P. pileus*'un yaş ağırlıkta toplam yağ miktarını 3.6 mg/g, kuru ağırlıkta % 7.1 olduğunu rapor etmişlerdir.

Bu çalışmada ise, *P. pileus*'da Σ yağ miktarı yaş ağırlıkta ortalama 1.26 mg/birey olarak tespit edilmiştir. Burada birey grama dönüştürüldüğünde, yağ miktarının 7.47 mg/g olduğu görülmüştür. Sonuçların farklılığının bölgesel farklılıkların yanı sıra, yaş ve kuru ağırlığa göre yapılan analizlerde farklı miktarların elde edilmesinin olağan olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

4.1.4.2. Yağ Asiti Kompozisyonu

Deniz zooplanktonu, çok yüksek yoğunluk ve biyomasa sahip çok sayıda takson ile dünya okyanuslarında çok çeşitli gruplar tarafından temsil edilirler. Bu zooplankton türlerinin çoğu özellikle de baskın olan kopepodlar, dünyadaki en yüksek lipit içeriğine sahip organizmalardır. Bunlar, lipitleri zengin enerji kaynağı olarak biriktirirler (Lee vd., 1971; Lee ve Hirota, 1973). Deniz besin ağlarında, lipitlerin bu yüksek miktarları ve aynı zamanda esansiyel yağ asitleri daha üst trofik seviyelere zooplankton yoluyla aktarılır. Besinlerdeki yağ asitleri, kopepod lipitleri içinde değişmeden kalabilirler. Bunlar yağ asitleri trofik markerları olarak isimlendirilirler (YATM; Dalsgaard vd., 2003) ve bunlar besin ilişkilerinin aydınlatılmasında kullanılırlar (Kattner ve Hagen, 1995). Özellikle kalanoid kopepodlar zooplanktonun en yoğun grubu olduğundan, deniz besin zincirinde ayrı bir öneme sahiptirler (Morris, 1971; Ackman vd., 1974; Lee vd., 1971b). Dolayısıyla, zengin lipit içeriğine sahip *Calanus* türleri çok fazla çalışılmasına rağmen, daha küçük kopepodlarda yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır. Kalanoid kopepodların küçük boylarında (1 mm), lipit sınıfları ve yağ asiti kompozisyonu Kongsfjorden ve Svalbard tarafından (Lischka ve Hagen, 2007), Kuzey Norveç'te (Norrbin vd., 1990) mikro (< 1mm) ve siklops kopepodlar olan *Oithona* ve *Oncaea* üzerinde çalışılmıştır (Kattner vd., 2003; Lischka ve Hagen, 2005). *Paracalanus parvus*' da çeşitli kişiler (Lee vd., 1971b; Ackman vd., 1974; Morris 1971; Ackman ve Hooper, 1970) tarafından yapılan çalışmalarda diğer deniz kopepodlarında olduğu gibi özellikle 16:0, 16:1, 20:5 n-3 ve 22:6 n-3 yağ asitlerinin bol bulunduğu bildirilmiştir. Herbivor ve detritusla beslenen bir tür olan *Paracalanus parvus*'un, bu yağ asitlerinden, 14:0, 16:0 ve 20:5 n-3 yağ asitlerini çoğunlukla diatomlardan, 22:5 n-3 yağ asitini ise dinoflagellatlardan almakla birlikte

(Ramirez vd., 1973; Ackman vd., 1968; Chuecas vd., 1969) detritus da 14, 16 ve 18 karbonlu doymuş yağ asitlerine katkı sağlayabilir (Williams, 1965). Moreno vd. (1979a), Temmuz ve Ekim aylarını kapsayan çalışmasında, Ekim ayında 20:5 n-3 ve 22:6 n-3'in diğer yağ asitlerine göre daha yüksek oranda bulunduğunu belirtmiş ve bunun da o dönem ortamda bolca bulunan diatom türlerinden kaynaklı olduğunu rapor etmişlerdir. Ancak *P. parvus*'un 20:5 n-3 ve 20:6 n-3 yağ asitlerini sentezleyebildiği (Moreno vd., 1979b ve c) ve diatom ve dinoflagellatlardaki bu haberci yağ asitlerinin varlığının da çok belirgin olmadığı ve *P. parvus*'un aktif olarak doymuş ve tekli doymamış yağ asitlerini de (tercihen 16:0, 16:1 ve 18:1) sentezlediği (Moreno vd., 1979a) ayrıca bildirilmiştir. *P. parvus* linoleik ve α -linoleik asiti sentezleyemez. 20:5 n-3 ve 20:6 n-3 biyosentezi için α -18:3 ya da α -linoleik asit gerekmektedir. Bundan dolayı diatom, dinoflagellat ve diğer kopepodlardaki 18:3 n-3 *P. parvus*'da 20:5 n-3 ve 20:6 n-3 miktarının artmasına katkı sağlar (Sargent, 1976).

Krustasean planktonun mevsimsel yağ asiti kompozisyonu üzerine sıcaklığın etkisinin araştırıldığı ilk araştırma, Farkas ve Heredok (1964) tarafından 1959-1961 yıllarında Balaton Gölü'nde yapılmıştır. C₂₀₋₂₂ yağ asiti grubunu balıkların krustaseanlardan özellikle de kopepodlardan alıp depoladıklarını, bu yağ asiti grubunun özellikle kopepodlarda ana bileşenler olduğunu vurgulamışlardır. *Eudiptomus gracilis* ve *Cylops vicinus* kopepod türlerinde düşük sıcaklıklarda C₂₀₋₂₂ yağ asitlerinde belirgin bir artışın olduğu ve akvaryum koşullarında yapılan çalışmada düşük sıcaklığın *Daphnia magna*'da C₁₈'i arttırdığını gözlemişlerdir. Bunların yanında, genel olarak, tüm krustaseanların çoklu doymamış yağ asitlerini biriktirerek sıcaklık artışına karşı tepki oluşturduklarını, ama bazı türlerin C₂₀₋₂₂ yerine C₁₈'i tercih ettiklerini rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada, zooplankton lipitlerindeki EPA ve özellikle DHA miktarının sıcaklık azalması ile birlikte arttığı bildirilmiştir.

Jeffries (1970) zooplanktonda DHA ve 22 karbon atomlu ve 6 çift bağa sahip yağ asitlerinin büyük bir orana sahip olduğunu, 14:0 ve 16:0'ın en yüksek oranlarda bulunan doymuş yağ asitleri olduğunu ancak 16:0'ın 16:1 n-7'den daha yüksek oranda bulunduğunu belirtmiştir. Yıl içinde döneme bağlı olarak her plankton topluluğunun kendi içinde farklılıklar gösterdiği, kıştan yaza doğru doymamışlık derecesinin azaldığı, 16:1'in yaklaşık yarıya düşerken, 16:0'ın % 10.2 arttığı, 18:1'in yazın azaldığı ama 22:6'nın yaz süresince arttığı ve 20:5 kış süresince 22:6'dan daha fazla iken, yaz süresince daha az

olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca, tropikal bir zooplankton olan *Acartia* türlerinde, 16:0'ın yazın yoğun olduğu da vurgulanmıştır.

Yapılan bu çalışmada, kopepod türlerinde ve *Pileurobrachia pileus* türünde SFA içinde en önemli paya 16:0 (palmitik asit) ve 14:0 (miristik asit) yağ asitleri sahipken *Sagitta setosa*'da 14:0'ın yerini 18:0 (stearik asit) almıştır. MUFA'da *Calanus euxinus*'da en önemli paya 16:1 n-7 (palmitoleik asit) sahipken çalışmaya konu olan diğer türlerde 18:1 n-9c (oleik asit) en önemli paya sahip olmuştur. 16:0'ın genellikle sıcak ve ılık mevsimlerde daha yüksek oranda bulunduğu ancak en yüksek değerlerini aldığı sezonların türe göre farklılık gösterdiği (*C. euxinus*; ilkbahar % 11.78, küçük kopepod; yaz % 19.23, *S. setosa*; ilkbahar % 16.85, *P. pileus*; sonbahar % 11.76) tespit edilmiştir. PUFA'da ise tüm türlerde DHA ve EPA en önemli paya sahip yağ asitleridir ve her dönem her türde DHA oranı EPA oranından daha fazla bulunmuştur. DHA'nın en yüksek ve en düşük olduğu dönemlerin türlere göre farklılık gösterdiği *P. pileus* ve *S. setosa*'da kışın yükselirken (sırasıyla, % 27.57; % 37.90), *P. pileus*'da sonbaharda (% 21.07), *S. setosa*'da ilkbaharda (% 32.76) azaldığı, *C. euxinus*'da ilkbaharda (% 30.97) yükseldiği, kışın (% 17.68) azaldığı, küçük kopepodlarda sonbaharda (% 37.77) yükseldiği yazın (% 26.37) azaldığı tespit edilmiştir. EPA'nın ise, *P. pileus*'da mevsimsel farklılıklarının önemli olmadığı, *S. setosa*'da en düşük değerini aldığı sonbaharın (% 9.15) diğer mevsimlerden farklılık gösterdiği bulunurken, *C. euxinus*'da ilkbaharda (% 16.90) yükseldiği, sonbaharda (% 13.35) azaldığı, küçük kopepodlarda ise ilkbahar ve yaz aylarında arttığı (sırasıyla; 16.81, 16.84), sonbaharda (% 9.95) azaldığı belirlenmiştir ($P < 0.05$). Sıcaklık ve klorofil-a ile yağ asiti gruplarının en yoğun etkileşim içinde olduğu türün *Calanus euxinus* olduğu tespit edilmiştir. *C. euxinus*'ta $\sum SFA$ ($r^2=0.7413$) ve $\sum MUFA$ ($r^2= 0.6783$) oranının sıcaklık artışıyla arttığı, $\sum PUFA$ ($r^2=-0.7273$), $\sum HUFA$ ($r^2=-0.72733$) oranının azaldığı belirlenmiştir. *P. pileus*'da ise, sadece DHA/EPA oranı ve sıcaklık arasında önemli bir korelasyon bulunmuştur ve sıcaklık artışıyla beraber $\sum HUFA$ ($r^2=0.8182$) oranının arttığı tespit edilmiştir. Bu bulgular Jeffries (1970)'in bulgularıyla hem en yaygın yağ asitleri, hem de sıcaklığın yağ asitleri üzerine etkisi açısından uyum içindedir ve sıcaklık azaldıkça doymamışlık derecesinin arttığı bu çalışmada da ortaya konmuştur. Bunun yanında, Jeffries (1970)'in de belirttiği gibi döneme bağlı olarak her plankton topluluğunun kendi içinde farklılıklar gösterdiği sonucu bu çalışmada da görülmektedir. Farkas ve Heredok (1964)'ün bulgularıyla da paralellik olduğu görülmektedir. Sıcaklık ile HUFA grubu yağ

asitlerinde arasında tespit edilen negatif yönlü ilişki, C₂₀₋₂₂ yağ asitlerinin sıcaklık azalışıyla arttığını göstermektedir.

Kattner vd. (1981) tarafından Kuzey Denizi'nin Almanya kıyılarında küçük kopepodlar olan *Temora longicornis*, *Acartia clausi* ve *Centropages hamatus*'da SFA'nın % 50-60'lık bir orana sahip olduğu, SFA içinde miristik asit ve stearik asitin en önemli doymuş asitleri olduğu, MUFA'nın % 20-35'lik bir orana sahip olduğu, MUFA'da da palmitoleik ve oleik asitin önemli bir yer tuttuğu, PUFA'da ise en önemli paya DHA ve EPA'nın sahip olduğu rapor edilmiştir. Mayıs ayı süresince üç türde de palmitoleik asit miktarında hafif de olsa bir artış gözlenmiştir. Yağ asitlerinin dağılımı açısından *T. longicornis* ve *A. clausi* arasında güçlü bir korelasyon varken, *T. longicornis* ve *C. hamatus* arasında olmadığı, ayrıca karnivor türler olan *Sagitta elegans* (% 24.0) ve *Anomalocera patersoni* (% 24.4±7.4), *T. longicornis* (% 17.8±5), *C. hamatus* (% 16.7±4.8) ve *A. clausi*'den (% 17.0±6.2) daha yüksek oranda PUFA içerdiklerini belirtmişlerdir. Bunun yanında, *Pseudocalanus elongatus* ve *Calanus finmarchicus* türlerinin yağ asiti içeriklerini de tespit etmişler ve *P. elongatus*'da SFA'nın % 54.1±6.4, MUFA'nın % 31.0±7.4, PUFA'nın % 14.8±4.9, *Calanus finmarchicus*'da SFA'nın % 52.2±7.6, MUFA'nın % 19.1±2.5 ve PUFA'nın % 28.7±10.1 olduğunu da rapor etmişlerdir.

Hagen vd. (1993), Antartik'in Weddell Denizi'nde, kış sonu-ilkbahar başı (Ekim-Kasım) ve yazın (Ocak-Şubat) iki kopepod türünde (*Calanoides acutus* ve *Calanus propinquus*) yaptıkları çalışmada, *C. acutus*'da yazın en önemli yağ asitlerinin 20:1 n-9, 20:5 n-3, 22:6 n-3, 18:4 n-3, 22:1 n-11 ve 16:1 n-7 olduğunu, kışın dişi ve CV aşamasındaki bireylerinde 18:4 n-3'ün azaldığı, 20:5 n-3'ün dişilerde azalırken, 20:1 n-9'un arttığı, *C. propinquus*'da ise, temel yağ asitlerinin 22:1 n-11, 22:1 n-9, 16:0, 20:5 n-3 ve 22:6 n-3 olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, her iki türde de mevsimsel farklılıkların 16:1 yağ asitinde net olmadığı ama 18:4 yağ asitinin kış boyunca azaldığı (*C. acutus*'da, *C. propinquus*'dan daha belirgin) tespit etmişlerdir. Bu durumda yaz süresince *C. acutus*'un tükettiği fitoplanktonun 18:4'ün varlığına işaret olduğunu belirtmişlerdir.

Kattner vd. (1994) *Calanus propinquus*'da 22:1 n-9 ve 22:1 n-11 tekli doymamış uzun zincirli yağ asitlerinin toplam yağ asitlerinin % 50'sini oluşturan en önemli yağ asitleri olduğu, *Calanoides acutus* ve *Calanus propinquus*'da gelişim arttıkça uzun zincirli yağ asitleri miktarında da artış olduğunu belirlemişlerdir. *Rhincalanus gigas*'da ise, tekli doymamış yağ asitlerinin (18:1 n-9 ve 16:1 n-7) yüksek miktarlara ulaştığı ve çoklu doymamış yağ asitlerinin baskın yağ asitleri olduğu da vurgulanmıştır. Yaz süresince daha

geç gelişim aşamalarına doğru besin yağ asiti olan 18:4 n-3'ün önemli oranda azaldığı; kış sonu/ilkbahar başı 18:4'ün çok düşük miktarlarda olduğu rapor edilmiştir.

Rossi vd. (2006) Akdeniz'in kuzeybatısında nauplii ve kopepodit aşamasındaki kopepodlarda, PUFA'da en önemli paya EPA ve DHA'nın sahip olduğunu ve EPA miktarlarının kıyıda açığa doğru arttığını rapor etmişlerdir. Zooplanktondaki 16:1 n-7 yağ asitinin fitoplanktondakinden iki kat daha az olduğu, EPA ve DHA miktarlarının hemen hemen eşit olduğunu ve zooplanktonda PUFA ve MUFA miktarının daha yüksek olduğunu bildirilmişlerdir.

Ruben ve Perez (2009) tarafından Şili'nin farklı upwelling bölgelerinde *Acartia tonsa* ve *Centropages brachiatus*'un yağ asitlerindeki değişim üzerine yapılan çalışmada, bir bölgede iki zooplankton türünde de MUFA yağ asitlerinin baskın olduğu, PUFA'da en baskın yağ asitlerinin oleik asit ve linoleik asit iken, diğer bir bölgede türlerin yağ asiti kompozisyonunda farklılıkların olduğu gözlenmişlerdir. Buna da bölgelerdeki farklı besin kaynaklarının sebep olduğunu vurgulanarak, gıda kaynağının kopepodların yağ asitleri profilinde en önemli belirleyici faktör olduğu, PUFA kadar MUFA ve SFA'nın da trofik işaret olduğu bildirilmiştir.

Gonçalves vd. (2012) Batı Atlantik'in Portekiz sularında farklı zooplankton türleri üzerinde mevsimsel yaptıkları çalışmalarında, *Acartia clausi*'de baskın doymuş yağ asitlerinin 14:0, 16:0 ve 18:0 olduğu, *Acartia tonsa*'nın MUFA ve SFA içeriğinin *A. clausi* ile benzer olduğunu, *A. clausi*'de ek olarak ilkbaharda 17:0 (% 14.95) yağ asitinin bulunduğunu EPA'nın bütün mevsimlerde bulunurken, 20:2 n-6 yağ asitinin ilkbaharda % 10'dan daha az bulunduğunu ve yağ asiti çeşidi ve konsantrasyonu açısından kış ve ilkbaharın % 80 (önem sırasına göre, 16:0, 18:0, 18:1 n-9, 16:1, EPA, 14:0, 18:2 n-6) yaz ve sonbaharın % 59.2 (önem sırasına göre, 16:0, 18:0, 14:0) benzerlik gösterdiğini, DHA/EPA oranında türlere göre farklılık olmakla birlikte, genelde yazları daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada, küçük kopepodlarda, sadece Mart ayında Σ SFA miktarı (% 23.91) Σ MUFA'dan (% 12.19) daha fazladır. Mart ayı dışında Σ SFA'nın hem Σ MUFA hem de Σ PUFA'dan daha düşük olduğu görülmüştür. Örneklem periyodu boyunca, SFA içinde en önemli yağ asitlerinin palmitik asit (16:0), miristik (14:0) ve stearik asit (18:0), MUFA'da oleik asit (18:1 n-9c) ve pentadekanoik asit (16:1 n-7) ve PUFA'da ise DHA (22:6 n-3) ve EPA (20:5 n-3) olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada örneklem dönemleri boyunca, ele alınan karnivor türler olan *Sagitta setosa*' da Σ SFA % 21.65, Σ MUFA %

19.87, Σ PUFA % 58.47 ve *Pleurobrachia pileus*'da Σ SFA % 24. 41, Σ MUFA % 24.90 ve Σ PUFA % 47. 69 olarak belirlenirken, herbivor türlerden küçük kopepodlarda Σ SFA % 21.86, Σ MUFA % 28.88, Σ PUFA % 49.26 ve *Calanus euxinus*'da Σ SFA % 31.51, Σ MUFA % 23.85 ve Σ PUFA % 44.64 olarak belirlenmiştir. Görüldüğü gibi, Σ PUFA miktarı sadece küçük kopepod grubunda *P. pileus*'un Σ PUFA miktarından daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgularda Kattner vd. (1981) ve Rossi vd. (2006)'nin bulgularıyla uyum içindedir. DHA/EPA oranı *P. pileus*'da sonbaharda diğer mevsimlerden fazla iken, diğer türlerde (*S. setosa*, *C. euxinus*, küçük kopepodlar) kışın daha fazladır. DHA/EPA oranı *S.setosa* (% 2.017) ve *P. pileus*'da (% 2.047), *C.euxinus* (% 1.61) ve küçük kopepodlardan (% 1.90) daha yüksek tespit edilmiştir. Küçük kopepodlarda *C. euxinus*'dan daha fazla olduğu görülmektedir. Küçük kopepodlar kamçılılar ya da dinoflagellatlar ve diğer küçük hayvancıklar üzerinden omnivor bir beslenme şekli de sergileyebilirler ve bu da DHA/EPA oranını artırır (Gonçalves vd., 2012). Karadeniz'de de her dönem zooplanktonun beslendiği fitoplankton kompozisyonunda değişiklikler meydana gelmekte ve bunun da herbivor türlerin ve bunlar üzerinden beslenen karnivor türlerin yağ asiti kompozisyonunda ve konsantrasyonunda değişikliklere sebep olduğu düşünülmektedir. Buna da istatistiki analizlerde de güçlü ilişkilerin *C.euxinus* ile *P. pileus* ve *S. setosa* ile küçük kopepodlar arasında tespit edilmiş olması (örneğin; 18:1 n-9c'de *C. euxinus* ve *P. pileus* arasındaki ilişki ($R^2=0.63$) kanıt olarak gösterilebilir.

Şen Özdemir vd. (2011) Güneydoğu Karadeniz'in Trabzon kıyılarında karışık zooplanktonda (Kladoser, kopepod, *Noctiluca scintillans* and *Sagitta setosa*) 2010 Temmuz ve Ağustos aylarında yaptıkları çalışmada, yağ asitleri içinde en fazla orana heptadekenoik asitin (17:1) sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu yağ asitinin oranını Temmuz'da % 13.34 , Ağustos'da % 16.01 olarak rapor etmişlerdir. Palmitik asit (16:0) ve miristik asit (14:0) her iki örnekleme döneminde de en önemli doymuş yağ asitleri olarak tanımlanmıştır. LIN (18:2 n-6), ALA (18:3 n-3) ve ARA (20:4 n-6) gibi esansiyel yağ asitlerinin örneklerde fazla miktarlarda olduğu ve konsantrasyonlarının Ağustos döneminde (% 15.89) Temmuz dönemine (% 14.04) göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Şen Özdemir vd. (2012) aynı bölgede 2011 yılı Ekim ayında, *Calanus euxinus*'da yaptıkları çalışmada ise, Σ SFA'nın % 17.37'lik bir orana sahip olduğunu, SFA'da en yüksek orana miristik asit (% 8,13) ve palmitik asit (% 6.96) sahipken, doymamış yağ asitlerinden en yüksek orana ARA (% 13.25), DHA (% 12.96) ve EPA'nın (%) 11.64 sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Ekim ayında klorofil-a miktarının yüzeyde

0.45 $\mu\text{g l}^{-1}$ olduğu ve bunun da fitoplankton bolluğuna işaret ettiğini vurgulamışlardır. Klorofil-a'nın *Calanus euxinus*'un yağ asiti kalitesini de olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, örnekleme dönemi boyunca heptadekanoik asite (17:1) küçük kopepodlarda ve *Sagitta setosa*'da rastlanmamıştır. *Calanus euxinus*'da her dönem görülmüş ve ortalama % 0.93 değer aldığı, en yüksek değerine % 1.32 ile Kasım ayında ulaştığı, en düşük değerini ise % 0.57 ile Mart ayında aldığı tespit edilmiştir. *Pleurobrachia pileus*'da ise, Eylül (% 0.92), Ocak (% 0.63) ve Şubat (% 0.03) aylarında görülmüştür. ARA, *C. euxinus*'da Eylül (% 0.38), Ekim (% 0.33), Kasım (% 0.53), Ocak (% 0.37) ve Şubat (% 0.61) aylarında, *S. setosa*'da Nisan (% 0.52), Haziran (% 0.74), Temmuz (% 0.88), Kasım (% 1.10), Aralık (% 0.77) ve Şubat (% 0.58) aylarında, *P. pileus*'da sadece Nisan ayında (% 1.41) bulunurken, küçük kopepodlarda rastlanmamıştır. LIN ve ALA *Calanus euxinus*'da örnekleme dönemleri boyunca her dönem bulunduğu, ALA'nın ortalama % 1.21 olduğu ve en düşük Mart, en yüksek Ekim ayı olmak üzere, % 0.61-1.61 aralığında, LIN'nin ortalama % 2.12 olduğu, en düşük Aralık ve Ocak ayları, en yüksek Temmuz ayı olmak üzere % 1.53-2.66 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Küçük kopepodlarda bu yağ asitlerinin her dönem, özellikle de yaz aylarında bulunmadığı, LIN'nin mevsimsel değişimi önemli olmakla birlikte, ALA'nın mevsimsel değişiminin önemli olmadığı görülmüştür ($p < 0.05$). *S. setosa*'da 18:2 n-6'nın Mart ayında bulunmamasıyla birlikte en yüksek değerine % 3.68 ile Ağustos ayında ulaştığı, 18:3 n-3c'nin Mart, Eylül ve Ekim aylarında bulunmadığı ve en yüksek değerine Ağustos ayında (% 2.44) ulaştığı tespit edilmiştir. *P. pileus*'da ise 18:2 n-6'nın en düşük Nisan ve en yüksek Kasım ayı olmak üzere % 3.71-13.64 aralığında geniş bir dağılım gösterdiği ve ilkbahar ile kış aylarında azalırken, yaz ile sonbahar aylarında da arttığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Şen Özdemir vd. (2011 ve 2012) bulgularıyla karşılaştırıldığında özellikle 20:4 n-6 esansiyel yağ asiti ve 17:1 yağ asiti bakımından farklılıkların olduğu görülmektedir. Şen Özdemir vd. (2011) tarafından 2010 yılında karışık zooplanktonda 17:1 oranını Temmuz ve Ağustos aylarında % 10'un üzerinde, Şen Özdemir vd. (2012) tarafından 2011'de *Calanus euxinus*'da sonbahar döneminde % 8.75 olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada ise her dönem tespit edildiği *C. euxinus*'da dahi % 1.32'nin üzerine çıkmamıştır. ARA miktarında belirgin bir artış görülmekle birlikte (2010 Temmuz-Ağustos, % 6.57-8.01; 2011 Sonbahar % 13.25), Şen Özdemir vd. (2011) bulgularında DHA miktarını % 0.32-0.35 (Temmuz-Ağustos), EPA miktarını da % 3.26-3.59 olarak

bildirmişlerdir. Bu değerler DHA ve EPA için oldukça düşük değerlerdir ve EPA oranı DHA'dan yüksektir. Bunun da, o dönemlerde zooplanktonik türlerde kladoserlerin baskın olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. 2010 yılında örnekleme yapıldığı dönemlerde en baskın taksa kaldoserdi (Şen Özdemir vd., 2011). Kopepodlar kaldosere göre büyük oranlarda DHA içerirken, kladoserlerde ARA ve EPA miktarı daha fazladır (Persson ve Vrede, 2006). Zooplanktonik türler üzerinde yapılan birçok çalışma ile benzerliklerin yanında farklılıkların da olduğu görülmektedir. Analize tabii tutulan zooplankton grup ve türlerinin ve yıllar itibariyle değişen hidrografik koşullardaki farklılığının bu sonucu doğurmuş olmasının yanında o dönemlerde baskın olan fitoplankton türlerinin de değişikliklere sebep olabileceği düşünülmektedir. Çünkü yağ asiti kompozisyonu ve konsantrasyonundaki farklılıklar, her mevsimde farklı plankton gruplarının bulunmasından kaynaklanmaktadır (Gonçalves vd., 2012). Ayrıca zooplanktonun, lipit içeriği ve yağ asiti kompozisyonları ekolojik ve fizyolojik faktörlerin yanı sıra, organizmaların biyolojik aktivitelerinden ve yıl boyunca besin kaynağının miktarı ve çeşidindeki değişikliklerden de etkilenirler (Morris, 1971; Ackman vd., 1974; Lee vd., 1971b). Dolayısıyla, her dönem zooplanktonun beslendiği fitoplankton kompozisyonunda da değişiklikler meydana gelmekte ve bu da zooplanktonik türlerin yağ asiti içeriğini etkilemektedir. Ayrıca, sucul ortamlarda baskın plankton türleri herbivor zooplanktonun yağ asiti kompozisyonunda büyük farklılıklara sebep olabilmektedir (Volkman vd., 1989; Ahlgren vd., 1992). Denizlerde C₁₆ PUFA chlorophytlerde ve diatomlarda yüksek miktarlarda bulunurken, crytophytlerde çok az miktarlarda bulunurlar (Müller-Navarra, 2006). Crytophytlerde MUFA miktarı düşüktür. Ancak, C₁₈ n-3 yağ asiti, ALA ve stearidonik asit (18:4 n-3; SDA) hemen hemen birbirine eşit miktarlarda bulunurken, DHA miktarı orta seviyede, n-3/n-6 (omega-3/omega-6) oranı ise çok yüksektir (Dunstan vd., 2005; Veloza vd., 2006; Tremblay vd., 2007). Genelde diatomlarda çok yüksek miktarda MUFA bulunur ve n-3 ve n-6 C₁₈ yağ asitlerinin ikisi de düşük miktarlarda, EPA ve ARA yüksek ve DHA orta seviyelerde bulunur. Diatomlar, bir de bu gruba özgü olan C₁₆ MUFA ve PUFA'yı oldukça yüksek miktarlarda bulundurlar (Dunstan vd., 1994). Bu yağ asiti gruplarında, palmitoleik asit ve EPA diatomlar, SDA dinoflagellatlar, (Ackman vd., 1968; Harrington vd., 1970, Lee vd., 1971; Falk, Peterson vd., 1990; Kattner vd., 1983) 18:5 n-3 ve 22:6 n-3 (DHA) coccolithophoreler için (Pond vd., 1998) karakteristik yağ asitleridir. Flagellatlarda ve bir de haptophyte olan *Phaeocystis* spp. yüksek miktarda SDA'nın yanında DHA da içerir (Harrington vd., 1970; Sargent vd.,

1985). Bu yağ asitleri, depo lipitleri içinde bulunurlar ve kopepodların tercih ettikleri besinleri ve bunun sonucunda beslenme davranışlarını işaret ederler (Graeve vd., 1994; Dalsgaard vd., 2003). Bazı çalışmalarda 16:1 n-7/16:0 oranı da bir trofik işaret olarak değerlendirmeye alınmıştır. 16:1 n-7/16:0 oranındaki artış diatom bloomlarını takip etmektedir (Pederson vd., 1999; Reuss ve Poulsen, 2002). Reuss ve Poulsen (2002), heterotrofik ve ötotrofik flagellatların baskın oldukları yerlerde, bloom sonrası bu oranın azaldığını rapor etmişlerdir. Rossi vd. (2006), tarafından da 16:1 n-7/16:0 oranının zooplanktonda (% 0.75-0.96) fitoplanktona (0.23-0.37) göre iki üç kat daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanında Rossi vd. (2006) fitoplankton, zooplankton ve hamsi larvaları arasındaki trofik ilişkileri incelemişler ve her birindeki yağ asiti konsantrasyonunun farklı olduğunu bildirmişlerdir. Küçük hamsi larvalarında oleik asit ve SDA oranının yüksek olmasını bloomlarda direkt olarak siliatlar üzerinden beslenmelerine, küçük hamsi larvalarında ise oleik asit ve SDA daha düşük oranlarda bulunmasını tamamen erken kopepod aşamasındaki bireyler üzerinden beslenmelerine bağlamışlardır.

Yapılan bu çalışmada, en önemli trofik işaretler olarak verilen yağ asiti grupları ve yağ asitleri fitoplankton üzerinden yoğun bir şekilde beslenen *Calanus euxinus* ve küçük kopepodlarda değerlendirmeye alındığında, *Calanus euxinus*'da Σ MUFA'nın sonbahar ve yaz aylarında fazla iken, ilkbahar ve kış aylarında azaldığı, küçük kopepodlarda ise mevsimsel değişimin önemli olmadığı görülmüştür ($p < 0.05$). MUFA içinde en önemli trofik işaret olan palmitoleik asit (16:1 n-7) *C. euxinus*'da ilkbahardan kışa doğru artarak, % 9.09 ile sonbaharda en yüksek değerine ulaşırken, % 4.96 ile kışın en düşük değerini almıştır ($p < 0.05$). Fakat aylık karşılaştırma yapıldığında, en düşük değerini Mart ayında (% 3.27) almıştır. Küçük kopepodlarda ise, palmitoleik asit her ay bulunmama ile birlikte, ilkbahar ve sonbahar ayları ile kış ve yaz ayları benzerlik göstermiştir. Palmitoleik asit, ilkbaharda en düşük değerini (% 1.18) alırken, hemen ardından yazın en yüksek değerini (% 6.72) almıştır ($p < 0.05$). Σ PUFA, *C. euxinus*'da ilkbahardan kışa doğru azalmış ve kışın artışa geçerken, küçük kopepodlarda ilkbaharda en yüksek değerine (% 58.42) ulaşmış, ancak hemen ardından büyük bir oranda düşerek yazın en düşük değerini (% 43.21) almıştır. PUFA içindeki en önemli trofik işaretlerden olan EPA, *C. euxinus*'da % 16.90 ile ilkbaharda en yüksek değerini alırken, % 13.35 ile sonbaharda en düşük değerini aldığı bunun tersine DHA'nın en yüksek değerini % 30.98 ile ilkbaharda, en düşük değerini ise % 17.68 ile sonbaharda aldığı tespit edilmiştir. EPA küçük kopepodlarda % 16.84 ile yazın en yüksek değerini, % 9.95 ile de kışın en düşük değerini alırken, DHA % 37.77 ile

sonbaharda en yüksek değerini, % 26.37 ile de yazın en düşük değerini almıştır ve yaz ile kış, ilkbahar ile sonbahar ayları benzerlik göstermiştir ($p<0.05$). ARA yağ asiti örnekleme dönemi boyunca, küçük kopepodlarda bulunmazken, *C. euxinus*'da sadece sonbahar (% 0.42) ve kış (% 0.32) sezonunda tespit edilmiştir. ALA *C. euxinus*'da kışın (% 1.04) en düşük değerini alırken yazın (% 1.40) en yüksek değerini almıştır. Fakat aylık değerlendirilme yapıldığında, Eylül ayında en yüksek değeri (% 1.61) ve Mart ayında da en düşük değeri (% 0.61) aldığı görülmektedir. ALA'nın küçük kopepodlarda her dönem görülmediği, aylık değişimlerin önemli olduğu ancak mevsimsel değişimlerin önemli olmadığı belirlenmiştir ($p<0.05$). ALA'ya küçük kopepodlarda yaz döneminde hiçbir ayda rastlanmazken, en yüksek değerini % 3.02 ile Aralık ayında almış, kış ve ilkbahar aylarında eşit değerler ile (% 1.38) yüksek olduğu tespit edilmiştir. 18:3 n-6 (GLA; γ -linoleik asit) yağ asiti *C. euxinus*'da en yüksek değerine Haziran ayında % 0.69 ile ulaşırken, sonbaharda diğer mevsimlere göre daha yüksek olduğu, küçük kopepodlarda, Aralık ayında en yüksek değerini (% 3.82) alırken, yaz mevsiminde bulunmadığı ve kış mevsiminde en yüksek değerine (% 3.0) ulaştığı belirlenmiştir. Bu çalışmada fitoplankton bolluğunun bir göstergesi olarak kullanılan klorofil-a ile en güçlü ilişki *C. euxinus* türünün yağ asitlerinde görülmüştür. Σ MUFA ile klorofil-a arasında negatif yönlü ($r^2=-0.75$), Σ PUFA ($r^2=0.61$) ve DHA/EPA oranı ($r^2=0.60$) ile pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Klorofil-a ile DHA arasında pozitif ($r^2=0.61$) yönlü ilişki varken, 16:1 n-7 ($r^2=-0.77$) ve 18:2 n-6 ($r^2=0.64$) arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu görülmüştür 16:1 n-7/16:0 oranı ile klorofil-a arasında negatif yönlü ($r^2=-0.74$) bir ilişki tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Trofik işaretler olduğu bildirilen yağ asiti grubu ve çeşitleri ile fitoplankton grupları arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla, fitoplanktonun bolluk dağılımını araştıran çalışmalar incelenmiştir. Özdemir ve Ak (2012) tarafından , Eylül 2007-Ağustos 2008 yılları arasında dinoflagellatların en yüksek bolluğa Nisan ve Haziran aylarında, diatomların ise Ekim ve Mart aylarında ulaştığı, rapor edilmiştir. Bu çalışmada *C. euxinus*'da diatom işaretçisi olan 16:1 n-7'nin Eylül ayında (% 9.85), EPA'nın ise Mart ayında (% 18.08) en yüksek değerini aldığı görülmektedir. Ayrıca, 16:1 n-7 sonbahar aylarında yükselirken, EPA'nın ilkbahar aylarında yükseldiği belirlenmiştir. Bunun da o dönemde bol olan diatom türlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir., Karadeniz'de coccolithophorlarda Eylül ayında artış olmaktadır (Eker vd., 1999). Coccolithophorlara özgü bir yağ asiti olduğu bildirilen DHA'nın sonbaharda en belirgin artışı küçük kopepodlarda tespit edilmiştir. Bu yağ asitlerinin, *C. euxinus* ve küçük kopepodlardaki artış

dönemleri, Özdemir ve Ak (2012) ve Eker vd. (1999)'nin bulgularıyla örtüşmekte ve Karadeniz'de de özellikle kopepod türlerinin yağ asitinin üst basamaklara taşınımında önemli rol oynadığı söylenebilir.

Nelson vd. (2000) tarafından 1997 ve 1998 Ocak ve Şubat aylarında Antarktik Yarımadası'nda yapılan çalışmada, *Pleurobrachia pileus*'da Σ SFA % 52.5, Σ MUFA % 25.0, Σ PUFA % 21.1, DHA % 9.1 ve EPA ise % 7.2 olduğu bildirilmiştir. Doymuş yağ asitleri içinde en yüksek paya 16:0 (% 25.8) ve 18:0 (% 20.0) ve 14:0 (% 5.4), MUFA'da 18:1 n-9c (% 10.2), PUFA'da ise DHA (% 9.1) ve EPA (7.2) olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışmada, *P. pileus*'da en önemli paya 16:0 (ortalama % 12.58), 14:0 (ortalama % 5.31) ve 18:0 (ortalama % 3.25) yağ asitlerinin sahip olduğu belirlenmiştir. 16:0 Eylül ayında en yüksek değerini (% 19.28), Kasım ayında ise, en düşük değerini (% 9.97), 14:0 Aralık ayında (% 8.17) en yüksek değerini, Kasım ayında en düşük değerini (% 2.08) ve 18:0 Eylül ayında en yüksek değerini (% 14.13), Kasım ayında ise, en düşük değerini (% 3.13) aldığı belirlenmiştir. *P. pileus*'da 16:0'da mevsimler arasında önemli bir farklılık bulunmamakla birlikte, sonbaharda % 14 ile en yüksek değerini, ilkbaharda ise, % 11.76 ile en düşük değerini almıştır. 14:0, sonbaharda % 4.02 ile en düşük değerini alırken, kışın % 6.84 ile en yüksek değerine ulaşmıştır. 18:0 kışın % 7.66 ile en yüksek değerini, ilkbaharda % 3.95 ile en düşük değerini almıştır. MUFA içinde en önemli paya 18:1 n-9c (ortalama % 14.20)'nin sahip olduğu, en yüksek değerini Eylül ayında (% 29.68) en düşük değerini ise, Ocak ayında (% 6.68) aldığı, sonbahar döneminde arttığı (% 21.60) ve hemen ardından kış döneminde (% 7.5) azaldığı belirlenmiştir. PUFA'da DHA (% 25.07) ve EPA'nın (% 12.52) en önemli paya sahip yağ asitleri olduğu, EPA ve DHA en yüksek değerini Mart (% 16.67, % 30.48) ayında, en düşük değerlerini ise EPA'nın Kasım (% 6.80), DHA'nın Eylül ayında (% 17.84) aldığı tespit edilmiştir. EPA'da sadece sonbaharda (% 9.15) önemli oranda düşüş görülmüş, diğer mevsimler ise birbirlerine yakın değerler alarak farklılık göstermemişlerdir. DHA'da mevsimsel değişimlerin daha bariz olduğu ve en düşük değerini sonbaharda alırken, en yüksek değerine kışın ulaştığı tespit edilmiştir (p<0.05). Bu bulgular *P. pileus*'da en yüksek paya sahip yağ asitleri çeşitliliği açısından değerlendirildiğinde, Nelson vd. (2000)'in bulgularıyla örtüşmektedir.

Bölgede daha önce zooplanktonun yağ asiti kompozisyonunu geniş çaplı ortaya koyan bir çalışma bulunmadığı için, bu çalışmanın ile zooplankton üzerinden beslenen balık türlerinde özellikle hamsinin yağ asiti kompozisyonu üzerine yapılan çalışmalarla karşılaştırma yapılması uygun görülmüştür.

Yazıcı vd. (1999) Eylül ve Kasım aylarında ortalama olarak hamsinin Σ SFA miktarını % 57.8, DHA miktarını %16.2, Σ n6 miktarını ise %5.49 olarak bildirmişlerdir.

Tufan (2010) tarafından 2008 yılında, hamsi etindeki Σ SFA miktarını ortalama % 27.18 olarak rapor edilmiştir. Σ SFA'da en düşük miktarın % 23.80 ile Şubat ayında en yüksek miktarın ise % 28.89 ile Aralık ayında olduğu tespit edilmiştir. Σ MUFA miktarı Ekim ve Kasım aylarında sırasıyla, % 3.92 ve % 6.00 değerleri ile en düşük miktarlarda olduğu belirtilmiştir. En fazla miktara ise Ocak ayında (% 9.75) ulaştığı, Şubat ayından sonra da önemli bir şekilde düşmenin başladığı bildirilmiştir. Σ PUFA miktarlarının ise ortalama % 41.33 olduğu, Ekim ayında en düşük miktarda (% 35.18) iken, bu aydan itibaren artışa geçtiği ve Aralık ayında en yüksek (% 47.45) seviyeye ulaştığı belirtilmiştir. Σ n3 miktarı Aralık ayında en yüksek değeri (% 28.10), Ekim ayında ise en düşük değeri (% 20.35) gözlenmiştir. EPA miktarının Mart ayında % 5.24 seviyelerine ulaştığı rapor edilmiştir.

Öksüz ve Özyılmaz (2010) Güneydoğu Karadeniz hamsilerinin avlanma mevsimi süresince yağ asitleri kompozisyonundaki aylık değişimleri inceledikleri çalışmalarında, doymuş yağ asitlerinden 16:0, 14:0 ve 18:0, tekli doymamış yağ asitlerinden 18:1 n-9 ve çoklu doymamış yağ asitlerinden DHA ve 20:5 n-3 EPA'nın yüksek oranlarda bulunduğu, EPA seviyesinde yavaş yavaş bir azalma meydana gelirken, DHA seviyesinde Ekim ayından Nisan ayına kadar bir artışın gözlemlendiği ve av sezonu boyunca DHA oranında belirgin değişimin olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, Σ SFA miktarının % 37.91 ile Eylül ayında en yüksek değerini, % 33.40 ile Mart ayında en düşük değerini, Σ MUFA'nın % 31.51 ile Ocak ayında en yüksek değerini, % 25.91 ile Ekim ayında en düşük değerini ve Σ PUFA'nın ise, % 36.18 ile Eylül ayında en yüksek değerini, % 34.00 ile Aralık ayında en düşük değerini aldığı belirtilmiştir.

Yapılan bu çalışmada ise, hamsinin yoğun olarak beslendiği *Calanus euxinus*'da Σ SFA miktarı en yüksek değerini % 37.69 ile Kasım ayında alırken, en düşük değerini % 23, 43 ile Mart ayında almıştır. Σ MUFA miktarı % 29.93 ile Eylül ayında en yüksek, % 16.40 ile de Mart ayında en düşük bulunmuştur. Σ PUFA ise, % 60.17 ile Mart ayında en yüksek değerini alırken, % 49.92 ile Ocak ayında en düşük değerini almıştır. DHA miktarındaki değişimler geniş bir aralıkta (% 16.74-39.04) olurken, EPA miktarındaki değişimlerin daha dar bir aralıkta (% 11.31-18.08) olduğu tespit edilmiştir. Küçük kopepodlarda ise, Σ SFA en yüksek değerini % 36.64 ile Haziran ayında almıştır ve Eylül ayında rastlanmamıştır. Eylül ayı dışında ise, en düşük değerini % 12.03 ile Mayıs

ayında almıştır. Σ MUFA miktarı % 52.66 ile Eylül ayında en yüksek, % 12.03 ile de Mart ayında en düşük bulunmuştur. Σ PUFA ise, % 63.91 ile Mart ayında en yüksek değerini alırken, % 40.64 ile Ağustos ayında en düşük değerini almıştır. DHA miktarının % 21.16-47.34 (Ağustos-Mart) arasında değişim gösterdiği, EPA'nın Eylül ayında bulunmadığı ve Eylül ayı dışında % 9.54-20.30 (Kasım-Ağustos) arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, Eylül-Nisan ayları arasını kapsayan hamsi av sezonunun, kopepodların en bol bulunduğu dönem olduğu, yaz aylarında toplam 2323 birey/m³ olan kopepod bolluğunun, sadece Ocak ayında 2662 birey/m³, Şubat ayında 3445 birey/m³'e ulaştığı tespit edilmiştir. Bu da, hamsinin yağ asidi kompozisyonunda kopepod türlerinin önemli bir paya sahip olduğuna işaret olarak gösterilebilir. Tufan (2008), Şubat ayında USFA miktarının en yüksek değerine ulaştığını bildirilmiştir ve bunda o dönem en yüksek bollukta bulunan kopepodların özellikle de yıl içindeki en yüksek değerine ulaşan *Calanus euxinus* türünün (% 19.25;847 birey/m³) önemli bir paya sahip olabileceği düşünülmektedir. Çünkü, kopepod türlerinden, *C. euxinus* türünden elde edilen bulgular hamside yapılan çalışmalarla daha çok örtüşmektedir. Yağ asitleri ve yağ asiti gruplarının en yüksek ve en düşük olduğu aylar ve miktarlar aynı bölgede yapılan, Öksüz ve Özyılmaz (2010) bulgularıyla örtüşmektedir. Ancak yıllar itibariyle değişen çevresel parametreler ve çalışma alanı olarak seçilen istasyonlardaki farklılıklarında, farklı sonuçlara sebep olabileceği unutulmamalıdır.

5. SONUÇLAR

Günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde insanlar, beslenmelerine çok dikkat etmekte ve sağlıkları açısından uygun gıdaları seçmeye özen göstermektedirler. Bu gıdalar içinde de ilk sırayı doymamış yağ asitleri yönünden zengin olan balıklar almaktadır (Kaya vd., 2004). Balıkların da doğal ortamlarında en önemli besinleri zooplanktonik organizmalardır ve balıklardaki yağ asitlerinin en önemli kaynağını oluştururlar. Türkiye balıkçılığının büyük bir kısmını oluşturan (% 85) hamsilerinde (TUIK, 2008) en önemli besinleri kopepod, kladoser gibi zooplanktonik organizmalardır (Bat ve Satılmış, 2010). Türkiye balıkçılığına ve beslenmesine katkısı yadsınamayan Karadeniz’de son yıllarda hızlı değişimler meydana gelmekte ve bununda etkileri besin zinciri aracılığıyla insana kadar ulaşmaktadır.

Karadeniz yüzey suyu sıcaklığı önceleri (1983-1992) soğuma eğilimi gösterirken, daha sonraki yıllarda ısınma eğilimi (yıllık 0.06 °C artış) göstermektedir (Ginzburg vd., 2008). Güneydoğu Karadeniz’de 2002-2004 yılları arası nispeten soğuk kış dönemi, 2005-2011 arası da sıcak kış dönemi (2-3 °C artış) olarak değerlendirilmektedir (Alkan vd., 2013). Önceki yıllarda yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, çalışmanın yapıldığı dönemlerde, ortalama yüzey suyu sıcaklığında önceki yıllara göre artış (1.24 °C) gözlenmiştir. Tuzlulukdaki değişimler incelendiğinde, yüzeyde daha düşük tuzlulukta suların (17.3-17.99 ppt) yer aldığı, derinlikle birlikte daha yüksek tuzlulukta suların (18.70-20.01 ppt) bulunduğu Karadeniz’in genel karakteristiğine uyan bir su kütlesi karşımıza çıkmaktadır. Fitoplankton biyomasının bir göstergesi olarak kullanılan, Klorofil-a değerleri değerlendirildiğinde de, ilkbahar ve sonbahar olmak üzere iki mevsimsel pik gösteren ılıman denizlerin karakteristik özelliği saptanmıştır. Örneklem dönemleri boyunca, klorofil-a ile zooplankton bolluğu arasında zayıf ancak negatif yönlü bir ilişkinin olması da, fitoplanktonun zooplankton tarafından hızlı bir şekilde tüketildiğine ve buna bağlı olarak zooplankton bolluğundaki artışa işaret etmektedir.

Doğu Karadeniz’in Trabzon Sahil Şeridinde Mart 2012 ve Şubat 2013 tarihleri arasında gerçekleştirilen bu çalışmada, zooplankton 9 tür (*Calanus euxinus*, *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Centropages ponticus*, *Oithona similis*,

Sagitta setosa, *Noctiluca scintillans*, *Pleurobrachia pileus*) ve 1 grup (kladoser) ile temsil edilmiştir.

Kopepoda grubu, Karadeniz besin zincirinde bir üst basamaktaki pelajik balıkların (özellikle hamsi) yoğun olarak tercih ettikleri besin zooplanktonu olmaları açısından oldukça önemlidir. Örnekleme periyodu boyunca zooplankton içindeki en baskın grubu % 56 ile kopepoda oluşturmuştur. Kopepodları % 30 ile *N. scintillans* ve % 11 ile kladoser izlemiştir. Kopepod türlerinden, *C. euxinus*, *P. parvus* ve *P. elongatus* kış ve sonbaharda yüksek bollukta gözlenirken, *A. clausi* ve *O. similis* kışın, *C. ponticus* yazın yüksek bollukta gözlenmiştir. *C. ponticus* türüne Karadeniz’de soğuk mevsimlerde rastlanılmadığı, yazın çok az rastlanıldığı (Niermann vd., 1998; Gubanov vd., 2001) bilinmesine rağmen bu çalışmada yazın en yüksek bolluğa ulaşmış ve kışın da kopepodit aşamasındaki bireylerle temsil edildiği görülmüştür. Bunda da son yıllardaki sıcaklık artışının önemli rol oynadığı sonucuna varılmıştır. Örnekleme yapılan dönemde, Karadeniz’de baskın türlerden biri olan *N. scintillans* bolluğunda önceki yıllara göre (Özdemir ve Ak, 2012), azalma saptanmıştır. *Sagitta setosa* bolluğunun üzerinden yoğun bir şekilde beslendiği *C. euxinus* bolluğuna paralel bir artış sergilediği gözlenmiştir. Önceki çalışmalara göre, bu çalışmada kladoserlerin görüldüğü dönemlerin uzadığı göze çarparken sıcaklığın bunda rol oynadığı gözlenmiştir. *P. pileus*’un sonbaharda pik yaptığı, ilkbaharda oldukça azaldığı görülmüştür. Örnekleme periyodu boyunca, zooplanktondaki azalış ve artışlar dönemler itibariyle değerlendirildiğinde, yıllar itibariyle değişen meteorolojik ve hidrografik koşulların zooplankton türlerinin bolluğunda ve birbirleri arasındaki etkileşimlerinde önemli rol oynadığı bunda da en önemli sınırlayıcı faktörün sıcaklık olduğu düşünülmektedir.

Farklı zooplankton türlerinde yağ ve yağ asidi miktarı ve kompozisyonu da farklılık göstermektedir. Araştırma sonucunda, her zooplankton tür ve grubunun farklı yağ miktarına sahip olduğu ve dönemsel farklılıkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Bunda da özellikle besin gruplarının oldukça etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Önceki yıllarda, bölgedeki fitoplankton türleri ve bollukları üzerine yapılan çalışmalara bakılıp, fitoplankton tür çeşitliliği ve bollukları ile herbivor zooplanktonun yağ asidi kompozisyonu değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda da, herbivor zooplankton türlerinin yağ asidi kompozisyonu ve miktarında özellikle de PUFA grubu yağ asitlerinde, fitoplanktonun etkili olduğu ve fitoplankton çeşidine bağlı olarak dönemsel değişimlerin ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Hamsi yağ asidi ile ilgili bölgede yapılmış çalışmalar da dikkate alınarak

değerlendirme yapıldığında, özellikle kopepoda grubunun besin zincirinde anahtar rol oynadığı ve hamsi gibi fazlaca tüketilen pelajik balıkların yağ asiti içeriğine ve yağ miktarına önemli katkıları olduğu, belirlenmiştir. Hamsideki yağ miktarındaki ve yağ asiti kompozisyonundaki değişimlerin kopepod türleriyle paralel olduğu saptanmıştır. Kopepoda'da yağ miktarının % 2.8-7.03 arasında değiştiği, *C. euxinus* türünün küçük kopepodlara göre daha yüksek oranda yağ içerdiği ortaya konmuştur. Sıcaklık ve klorofil-a'nın, *C. euxinus*'un yağ asiti kompozisyonunda önemli rol oynadığı gözlenmiştir. Aynı şekilde *C. euxinus* üzerinden yoğun bir şekilde beslenen *P. pileus*'da da yağ asiti kompozisyonu, özellikle Σ HUFA ve DHA/EPA oranı sıcaklıktan önemli oranda etkilendiği de görülmüştür. Çalışmaya konu olan türler içinde en düşük yağ içeriğine karnivor türler olan, *P. pileus* (% 0.8) ve *S. setosa* (% 2.76) sahip olmakla birlikte, temel besin kaynakları olan kopepoda grubunda (*C. euxinus*: % 5.15; küçük kopepodlar: % 4.94) yağ miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu türlerdeki PUFA grubu yağ asitlerinin, *C. euxinus* ve diğer kopepod türlerinden beslenmek suretiyle elde edildikleri bulunmuştur.

Kopepod türlerinde ve *P. pileus*'da SFA'dan en önemli yağ asitleri palmitik asit ve miristik asit iken, *S. setosa*'da palmitik asit ve stearik asit olduğu, palmitik asitin ılık ve sıcak mevsimlerde daha yüksek olduğu ancak türlere göre farklılık gösterdiği sonucuna varılmıştır. Palmitoleik asit *C. euxinus*'daki en önemli MUFA iken, oleik asit diğer türlerde en önemli MUFA olarak karşımıza çıkmıştır. DHA ve EPA çalışmaya konu olan tüm türlerde en önemli PUFA olarak belirlenmiştir. Her dönem DHA miktarı EPA'dan yüksek olmuştur. DHA'nın en yüksek olduğu dönemler türlere göre farklılık göstermiştir. *P. pileus* ve *S. setosa*'da kışın, *C. euxinus*'da ilkbaharda ve küçük kopepodlarda sonbaharda yükselmiştir. Karnivor türler olan ve çalışma sırasında da gözlemlendiği gibi, yoğun olarak *C. euxinus* ile beslenen *P. pileus* ve *S. setosa* türlerinde DHA miktarının yüksek olduğu dönemler, aynı zamanda *C. euxinus*'un en bol bulunduğu dönem olarak saptanmıştır. Aynı şekilde, *C. euxinus*'da DHA'nın yüksek olduğu ilkbahar mevsimi klorofil-a'nın pik yaptığı dönem olarak belirlenmiştir. Besin zinciri bir bütün olarak değerlendirildiğinde, DHA miktarındaki artışlarda, besin çeşidinin en önemli belirleyici faktör olduğu düşünülmektedir.

Karadeniz besin zincirinde, en önemli trofik işaretçi yağ asitlerinin, palmitoleik asit, oleik asit, ALA, LIN, EPA ve DHA olduğu ve bu yağ asitlerini en fazla *C. euxinus*'un barındırdığı görülmektedir. Fitoplankton grubuna göre, özellikle PUFA'nın çeşidinde ve

miktarında değişimler meydana gelmektedir. Bu yağ asitlerinin zooplankton türlerindeki değişiminin, fitoplankton kompozisyonundaki değişimlerden etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Yapılan bu çalışma ile, Doğu Karadeniz (Trabzon Sahil Şeridi) besin zincirinde enerji aktarımında, yağ asitlerinin en önemli araçlar olduğu görülmüştür. Yağ asitleri aracılığıyla enerji akatarımında, kopepod türlerinin, özellikle de *C. euxinus* türünün anahtar bir rol oynadığı ortaya konmuştur. Küresel ısınmanın bir sonucu olarak, Karadeniz’de de artan su sıcaklığının plankton türlerinin dönemsel bolluk dağılımında ve toplam yağ ve yağ asiti içeriği ve miktarında etkili olduğu düşünölmektedir. Bu ısınmanın devam etmesi durumunda, *C. euxinus* gibi soğuk su türlerinin fazlaca etkileneceği, dolayısıyla balıkçılığa hatta insana kadar uzanan besin zincirinde, enerji aktarımında kayıplara neden olacağı düşünölmektedir.

6. ÖNERİLER

Türkiye balıkçılığının büyük kısmının temin edildiği ve özellikle son yıllarda hamsi balıkçılığında iniş ve çıkışların yaşandığı Karadeniz’de yaşayan canlıların besin içeriğini ortaya koyan geniş çaplı biyokimyasal çalışmalara kuvvetli bir gereksinim hissedilmektedir. Karadeniz’de zooplankton bakımından çok sayıda çalışma olmasına rağmen, yağ asiti metil esterlerindeki değişimi aylık örneklemelemlerle ortaya koyan bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma Karadeniz’in Türkiye sularında gerek Doğu Karadeniz’de gerekse tüm Karadeniz baseninde zooplanktonda biyokimyasal anlamda yapılan ilk çalışma olması ile ayrı bir önem taşımaktadır.

Gelecekte, özellikle besin zincirindeki enerji kayıp ve aktarımlarını ortaya koymada kullanılabilecek en önemli işaretler olan yağ asitleri kompozisyonundaki değişimler, mikrobiyal döngüyü de içine alacak şekilde en alt basamaktan en üst basamağa kadar değerlendirecek ve tüm Karadeniz ekosistemini temsil edecek şekilde eş zamanlı çalışmalar yapılmalı ve bunlar hidrogafik, biyolojik ve kimyasal verilerle çok yönlü olarak değerlendirilmelidir. Bunun yanında protein (glutatyon;GSH, malondialdehit; MDA) vitamin (özellikle lipofilik vitamin) ve sterol içerikleri ve değişimleri de incelenmelidir. Kültür ortamları oluşturularak, doğal ortamında beslenen zooplankton türleriyle yapay ortamda kontrollü bir şekilde, belirlenmiş besinlerle beslenen zooplanktonun yağ asiti kompozisyonundaki değişimler de irdelenebilir.

Bu çalışmada lipit ekstraksiyonu, gravimetrik bir metod olan Folch yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemde, kullanılacak örnek miktarının belli bir seviyenin üzerinde olması gerekmektedir ve bu da küçük türlerde örnek bütünlüğünü sağlamada problem yaratmaktadır. Özellikle küçük zooplankton türlerinde birkaç organizma ile lipit ekstraksiyonu yapılabilecek yöntemler (kolorimetrik metotlar) kullanılarak olası farklılıklar kontrol edilebilir.

7. KAYNAKLAR

- Acara, A., 1958. The Cycle of Inorganic phosphorus in the Bosphorus and its Biological Investigation, Inter. Comm. For the Scien. Exp. of the Mediterranean, 14, 11-14.
- Ackman, R., G. ve Hooper, S., N., 1970. Analysis of fatty acids from Newfoundland Copepods and sea water with remarks on the occurrence of arachidic acid, Lipids, 5, 417-421.
- Ackman, R.G., Linke, B.A. ve Hingley, J., 1974. Some details of fatty acids and alcohols in the lipids of North Atlantic Copepods, J., Fish. Res. Board Can., 31, 1812-1818.
- Ackman, R., G., Tocher, C., S. ve McLachlan, J., 1968. Marine phytoplankter fatty acids. J., Fish. Res. Board Can., 25, 1603-1620.
- Ağırbaş, E., 2010. Güneydoğu Karadeniz’de pigment konsantrasyonu ve birincil üretimin çevre koşulları ile etkileşimi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ahlgren, G., Van Nieuwerburgh, L., Wanstrand, I., Pedesen, M., Boberg, M. ve Snoeijs, P., 2005. Imbalance of fatty acids in the base of the Baltic Sea food web – a mesocosm study. Can. J., Fish. Aquat. Sci., 62, 2240 – 2253.
- Ahlgren, G., Gustafsson, I., B. ve Boberg, M., 1992. Fatty acid content and chemical composition of freshwater microalgae. J., Phycol., 28, 37-50.
- Aktas, H. ve Halperin, J., A., 2004 . Translational regulation of gene expression by w -3 fatty acids . J., NutR., 134, 2487 – 2491.
- Albers, C., S., Kattner, G. ve Hagen, W., 1996. The composition of wax esters, triacylglycerols and phospholipids in Arctic and Antarctic copepods: evidence of energetic adaptations. Marine Chemistry, 55, 347-358.
- Alkan, A., Zengin, B., Serdar, S. ve Oğuz, T., 2013. Long-Term (2001-2011) Temperature, Salinity and Chlorophyll-a Variations at a Southeastern Coastal Site of the Black Sea. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13, 57-68.
- Alvarino, A., 1965 .Chaetognaths. Oceanogr. MaR., Biol. Ann.Rev., 3, 115–194.
- Anninsky, B., E., Finenko, G., A., Abolmasova, G., I., Hubareva, E., S., Svetlichny, L., S., Bat, L. ve Kideys, A., E., 2004. Effect of starvation on the biochemical compositions and metabolic rates of ctenophores *Mnemiopsis leidyi* and *Beroe ovata* in the Black Sea. Marine Biology, 85, 3, 549-561.
- Arts, M., T., Ackman, R., G. ve Holub, B., J., 2001. “Essential fatty acids” in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution. Can. J., Fish. Aquat. Sci., 58, 122 – 137.

- Asi, T., 1999. Tablolarla Biyokimya , Cilt II, Nobel Tıp Kitap Evleri, Ankara. 237s.
- Bamsted, U., 1986. Chemical composition and energy content. In *The biological Chemistry of marine copepods*, (Corner and S.C.M. Ohara, eds), Clarendon Pres, Oxford, 1-58.
- Bat, L., Şahin, F., Üstün, F., Kıdeyş, A.E. ve Satılmış, H.H., 2007. The qualitative and quantitative distribution in phytoplankton and zooplankton of Southern Black Sea of Cape Sinop, Turkey in 1999-2000. OCEANS'07 IEEE Aberdeen Conference and Exhibition, Aberdeen Exhibition and Conference Centre, Aberdeen, Scotland. Conference Proceedings, June, ISBN: 1-4244-0635-8, 381982.
- Beşiktepe S., 2001. Diel vertical distribution, and herbivory of copepods in the southwestern part of the Black Sea, Journal of Marine Systems, 28, 281-301
- Beşiktepe, S. ve Unsal, M., 2000. Population structure, vertical distribution and diel migration of *Sagitta setosa* (Chaetognatha) in the south-western part of the Black Sea, Journal of Plankton Research, 22, 4, 669-683.
- Beşiktepe, Ş., 1998. Studies on some ecological aspects of copepods and chaetognaths in the southern Black Sea, with particular reference to *Calanus euxinus*. Yüksek Lisans Tezi, O.D.T.Ü, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bingöl, G., 1976. Lipidler. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, Yayın No: 41, Ankara, 76 s.
- Broadhurst, C.L., Wang, Y., Crawford, M.A., Cunnane, S.C., Parkington, J.E. ve Schmidt, W.F., 2002. Brain-specific lipids from marine, lacustrine, or terrestrial food resources: potential impact on early African *Homo sapiens*. Comp. Biochem. Physiol. B., 131, 653 – 673.
- Brody, S., 1945. Bioenergetics and growth. Reinhold, New York, 1023 s.
- Caddy, J.F., 1993. Toward a cooperative evaluation human impacts on fishery ecosystems and semi-enclosed seas. Fishery Science, 1, 1, 57-95.
- Campell, R. W. ve Downer, J.F., 2003. The role of lipids in the regulation of bouyancy by zooplankton. MaR., Ecol. Prog. SeR., 263, 93-99.
- Chen, F., ve Marcus, N.H., 1997. Subitaneous, diapause, and delayed hatching eggs of planktonic copepods from the northern Gulf of Mexico: morphology and hatching success. Marine Biology, 127,587-597.
- Chevreul, M. E, 1815. Recherches chimiques sur plusieurs corps gras, et particulièrement sur leurs combinaisons avec les alcalis. V^e Memoire. Annales de Chimie, ou Recueil de Memories Concernant la Chimie et les Arts Qui en Dependent, et Specialillement la Pharmacie, 95, 5-50.
- Christie, W. W., 1990. Gas chromatography and lipids. The Oil Pres, Glaskow.

- Christou, E. D. ve Stergiou¹, K.I., 1998. Modelling and forecasting the fortnightly cladoceran abundance in the Saronikos Gulf (Aegean Sea). Journal of Plankton Research, 20, 7, 1313-1320.
- Chu, P.C., Ivanov, L.M ve Margolina, M.M., 2005. Seasonal variability of the Black Sea chlorophyll-a concentration. Journal of Marine Systems, 56, 243-261.
- Chuecas, L. ve Riley, J.P., 1969. Component fatty acids of the total lipids of some marine phytoplankton, Journal Marine Biology Ass. UK, 49, 97-116.
- CIESM, 2002. Alien marine organisms introduced by ships in the Mediterranean and Black seas. CIESM Workshop monographs n 20, CIESM, Monaco, 136 s.
- Conover, R.J. ve Huntley, M., 1991. Copepods in ice-covered seas-distribution, adaptations to seasonally limited food. metabolism, growth patterns and life cycle strategies in polar seas. Journal Marine Systems, 2, 1-41.
- Copeman, L.A., Parrish, C.C., Brown, J.A. ve Harel, M., 2002. Effects of docosahexaenoic, eicosapentaenoic, and arachidonic acids on the early growth, survival, lipid composition and pigmentation of yellowtail founder (*Limanda ferruginea*): a live food enrichment experiment. Aquaculture, 210, 285 – 304.
- D'Andrea , S., Guillou , H., Jan, S., Catheline, D., Thibault, J., N., Bouriel, M., Rioux, V., ve Legrand, P. 2002 . The same rat $\Delta 6$ -desaturase not only acts on 18- but also on 24-carbon fatty acids in very-long-chain polyunsaturated fatty acid biosynthesis . Biochem. J., 364, 49 – 55
- Dahms, H.U., 1995. Dormancy in the Copepoda-an overview. *Hydrobiologia*, 306, 199-211.
- De Antueno, R.J. , Knickle , L.C. , Smith , H. , Elliot , M.L. , Allen , S.J. , Nwaka , S. , ve Winther , M.D., 2001 . Activity of human $\Delta 5$ and $\Delta 6$ desaturases on multiple n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. *FEBS Lett.*, 509, 77 – 80.
- Della-Croce.N. ve Angelino,M.,1987. Marine Cladocera in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea. Cah. Biol. MaR., 28, 263-268.
- Drillet, G., Iversen, M.H., Sorensen, T.F., Ramlow, H., Lund, T. ve Hansen, B.W., 2006. effect of cold storage upon eggs of a calanoid copepod. *Acartia tonsa* (Dana) and their offspring. Aquaculture, 254, 714-729.
- Dunstan, G.A., Brown, M.R. ve Volkman, J.K., 2005. Crptophyceae and Rhodophyceae; chemotaxonomy, phylogeny and application, Phytochemistry, 66, 25557-2570.
- Dunstan, G.A., Volkman, J.K., Baret, S.M., Leroi, J.M. ve Jeffrey, S.W., 1994. Essential polyunsaturated fatty acids from 14 species of diatom (Bacillariophyceae). Phytochemistry, 35, 155-161.
- Duplus, E. and Forest, C., 2002. Is there single mechanism for fatty acid regulation of gene transcription, *Biochem. Pharma.*, 64, 893-901.

- Düzgüneş, E. ve Karaçam, H., 1991. Some Population Aspects, Meat Yield an Biochemical Composition of Mediterranean Horse Mackerel, (*Trachurus Mediterraneus*), in The Black Sea, Tübitak, Doğa-TR., J., of Zoology ,15, 195–201.
- Ederington, M.C., McManus, G.B. ve Harvey, H.R.,1995. Trophic transfer of fatty acids, sterols, and a triterpenoid alcohol between bacteria, a ciliate, and the copepod *Acartia tonsa*. Limnol. Oceanogr., 40, 860-862.
- Edwards, M., ve Richardson, A.J., 2004. Impact of climate change on marine pelagic phenology and Trophic mismatch. Nature, 430, 881-884.
- Egloff, D.A., Fotonoff, P.W. ve Onbe, T., 1997. Reproductive Biology of marine cladocerans. Adv. Mar. Biol., 31, 80-167.
- Erkan, F., ve Gücü, A.C., 2000. The diel vertical distribution of zooplankton in the Southeast Black Sea. Turkish Journal Zoology. 24, 417-427.
- Evjemo, J., O., Tokle, N., Vadstein, O., Olsen, Y., 2008. Effects of essential dietary fatty acids on egg production and hatching success of the marine copepod *Temora longicornis*. Journal of Experimental Biology and Ecology, 365, 31-37.
- Falk-Peterson, S., Hagen, W., Kattner, G., Clarke, A., ve Sargent, J., 2000. Lipids, Trophic relationships, and biodiversity in Arctic and Antarctic krill. Can. J. Fish. Aquatic Sciences. 57, 178-191.
- Falk-Peterson, S., Hopkins, C., C.,E. ve Sargent, J., R., 1990. Trophic relationships in the pelagic arctic food web. In proc. 24th Europ. Mar. Biol. Symp., M. Barnes ve R.N. Gibson (eds), University Pres, Aberdeen, 315-333.
- Farkas, T., Heredok ve S., 1964. The effect of environmental temperature on the fatty acid composition od crustacean plankton. Journal Lipid Research, 5, 369-373.
- Fedorina, A., I., 1978. Dynamics of the Black Sea zooplankton development and reasons causing it. VNIRO. M: 49. Dep. İn CNIITACRH 11.05.78. N149.
- Feigenbaum, D., L., Maris ve R., C., 1984. Feeding of the Chaetognatha. Oceanography Marine Biology Annual Review, 22, 343–392.
- Feigenbaum, D., 1991. Food and feeding behaviour. In: Bone, Q, Kap, P. H., Pierrot-Bults, A., (Eds), The biology of chaetognaths, Oxford: Oxford University Press, 45-54.
- Feyzioğlu, A., M., 1996. Doğu Karadeniz Kıyısı Ekosisteminde Fitoplankton Dinamiğindeki Mevsimsel Değişimler, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Feyzioğlu, A., M., 2007. Trabzon sahillerinde *Pleurobranchia pileus*'un 1999-2000 yıllarındaki bolluk miktarları ve populasyon yapısı. Ulusal Su Günleri, Mayıs, Antalya, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 20-26.

- Feyzioğlu, A., M.ve Sivri, N., 2003. Seasonal changes of *Noctiluca scintillans* Kofoids & Swezy in Trabzon Coast, Eastern Black Sea. E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 20, 1-2, 75 – 79
- Fleminger, A.ve Hulsemann, K., 1987. Geographical variation in *Calanus helgolandicus* I. (Copepoda, Calanoida) and evidence of recent speciation of the Black Sea population. Biol. Oceanography, N5, 43-81.
- Folch, J., Lees, M. ve Sloane-Stanley, G.H., 1957. A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipides from Animal Tissues, J., Biol. Chem., 226, 497–509.
- Gaudy R., Cervetto G. ve Pagano M., 2000. Comparison of the metabolism of *Acartia clausi* and *A. tonsa*: influence of temperature and salinity. J., Exp. MaR., Biol. Ecol., 247,51–65.
- Genç, Y., 2007. Son 20 yılda Türkiye'deki Hamsi Avcılığı, SÜMEA Yunus Araştırma Bülteni, Haziran, 7, 2.
- Ghioni, C., Porter, A., E., Sadler, I., H., Tocher, D.R. ve Sargent, J., R., 2001. Cultured fish metabolize octadecapentaenoic acid (all-*cis* Δ 3,6,9,12,15-18:5) to octadecatetraenoic acid (all-*cis* Δ 6,9,12,15—18:4) via its 2-trans intermediate (trans Δ 6,9,12,15-18:5). Lipids, 36, 145-152.
- Gieskes, W., W., C., 1971. Ecology of the Cladocera of the north Atlantic and the North Sea, Neth. J., Sea Res., 5, 342-376.
- Gieskes, W., W., C., 1971. Ecology of the Cladocera of the north Atlantic and the North Sea. Neth. J., Sea Res., 5, 342-376.
- Ginzburg, A., I., Kostianoy, A., G. ve Sheremet, N., A., 2008. Hdb Env Chem. Springer-Verlag, Berlin, 5, Q, 255-275.
- Gonçalves, A., M., M., Azeiteiro, U., M, Pardal, M., A. ve De Troch, M., 2012. Fatty acid profiling reveals seasonal and spatial shifts in zooplankton diet in a temperate estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 109, 70-80.
- Graeve, M., Hagen, W. ve Kattner, G., 1994a. Herbivorous or omnivorous? On the significance of lipid compositions as Trophic markers in Antarctic copepods. Deep-Sea Researches, 41, 915-924.
- Graeve, M., Kattner, G. ve Hagen, W., 1994a. Diet-induced changes in the fatty acids composition of Arctic herbivorous copepods: experimental evidence of Trophic markers. J., Exp. MaR., Biol. Ecol., 182, 97-110.
- Graeve, M., Kattner, G. ve Hagen, W., 1994b. Diet-induced changes in the fatty acid composition of Arctic herbivorous copepods: experimental evidence of Trophic markers, J., Exp. MaR., Biol. Ecol., 182, 97-110.
- Greze, V., N. ve Kovalev, A., V., 1971. Main stages of centenary investigations of zooplankton at the IBSS. Zool. Record., Russian, N.S., 12-17.

- Greze, V., N., Boguslavskiy, S., G. ve Belyakov, Yu., M., 1979. Principles of biological productivity of the Black Sea (eds. Greze V. N.). Kiev:Naukova dumka: 391.
- Grice, G., C., ve Marcus, N.H., 1981. Dormant eggs of marine copepods, OceanogR., MaR., Biol. Annu. Rev., 19, 125-140.
- Gubanova, A., D., 2000. Occurrence of *Acartia tonsa* in the Black Sea. Was it introduced from Mediterranean? Mediterranean Marine Science, 1, 1, 105-109.
- Gubanova, A., D., 2000. Occurrence of *Acartia tonsa* in the Black Sea. Was it introduced from Mediterranean? Mediterranean Marine Science, 1, 1,105-109.
- Gubanova, A., D., Prusova, I., Y., Nierman, U., Shadrin, N., V., Polikarpov, I., G., 2001. Dramatic changes in the copepod community in Sevastopol Bay (Black Sea) during two decades (1976-1996). Senckenbergiana Maritima, 31, 1, 17-27.
- Hagen, W., Kattner, G. ve Graeve, M., 1981. *Calanoides acutus* and *Calanus propinquus*, Antarctic copepods with different lipid storage modes via wax esters or triacylglycerols, Marine Ecology Progress Series, 97, 135-142.
- Hagen, W., Kattner, G. ve Graeve, M., 1993. *Calanoides acutus* and *Calanus propinquus*, Antarctic copepods with different lipid storage modes via wax esters or triacylglycerols, Marine Ecological Progress Series, 97, 135-142.
- Hagen, W. ve Auel, H., 2001. Seasonal adaptations and the role of lipids in oceanic zooplankton, Zoology, 104, 313-326.
- Hagen, W. ve Schnack-Schiel, S., B., 1996. Seasonal lipid dynamics in dominant Antarctic copepods: Energy for overwintering or reproduction? Deep-Sea Research, 43, 139-158.
- Halver, J., E. ve Hardy, R., W., 2002. Fish Nutrition. Elsewier Science Imprint. USA, 807s.
- Harrington, G., W., Beach, D., H., Dunham, J., E. ve Holz, G., G., 1970. The polyunsaturated fatty acids of dinoflagellates. J., Protozool., 17, 213-219.
- Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H., R. ve Huntley, M., 2000. ICES Zooplankton Methodology Manual, Academic Press,UK, 684 s.
- Hibbeln, J., R., Ferguson, T., A. ve Blasbalg, T., L., 2006. Omega-3 fatty acid deficiencies in neurodevelopment, aggression and autonomic dysregulation: opportunities for intervention, Int. Rev. Psychiatry, 18, 107 – 118.
- Hibbeln, J., R., Nieminen, L.,R.,G. ve Lands , W., E., M., 2004 . Increasing homicide rates and linoleic acid consumption among five western countries, 1961–2000, Lipids, 39, 1207 – 1213.
- Hirche, H., J. ve Kattner, G., 1993. Egg production and lipid content of *Calanus glacialis* in spring: indication of a food-dependent reproductive mode, Marine Biology, 117, 615-622.

- Hirche, H., J., 1996. Diapause in the marine copepod, *Calanus finmarchicus* a review. Ophelia, 44, 129-143.
- Hirche, H., J. ve Niehoff, B., 1996. Reproduction of the Arctic copepod *Calanus hyperboreus* in Greenland Sea-field and laboratory observations. Polar Biology, 16, 209-219.
- Hoeger, U., 1983. Biochemical composition of ctenophores, J., Exp. MaR., Biol. Ecol. 72, 251-261.
- Hulsemann, K., 1991. *Calanus euxinus*, new name, a replacement name for *Calanus ponticus* Karavajev, (Copepoda: Calanoida), Proc. Biol. Soc. Wash., 104, 3, 620-621.
- Ivanov, L. ve Beverton, R., J., .H., 1985. The fisheries resources of the Mediterranean Sea. Part II. Black Sea. Stud Rev gen Fish Coun Mediterr, 60, 1-135.
- Ivanov, L., 1985. The fisheries resources of the Mediterranean Part Two: Black Sea, Etud. Rev, CGPM/ Stud. Rev, GFCM, 115 .
- Izquierdo, M., S., Socorro, J., Arantzamendi, L. ve Hernandez-Cruz , C.M., 2000. Recent advances in lipid nutrition in fish larvae, Fish Physiol. Biochem., 22, 97 – 107 .
- İşinibilir, M, Aslan, S., S., Cumalı, S., Çoban, B. ve Güven, K., C., 2007. Fatty acids composition of *Beroe ovata* (BOSC, 1982), J., Black Sea/Mediterranean Environment, 13, 253-259.
- İşinibilir, M., 2012. The seasonal occurrence and abundance of gelatinous macrozooplankton in Izmit Bay (the northeastern Marmara Sea). J., Black Sea/Mediterranean Environment, 18, 2, 155-176.
- Jeffries, H., P., 1970. Seasonal Composition of Temperate Plankton Communities: Fatty Acids, Limnology and Oceanography. 15, 3, 419-426.
- Johnson, W., S. ve Allen D., M., 2005. Zooplankton of the Atlantic and Gulf Coasts: A Guide to Their Identification and Ecology. Johns Hopkins University Press. 388.
- Jonasdottir, S., H., 1999. Lipid content of *Calanus finmarchicus* durind overwintering in the Faroe- Shetland Channel. Fish, OceanogR., 8, 61-72.
- Kang, J., X., Wang, J., Wu, L. ve Kang , Z., B., 2004 . *Fat-1* mice convert $n -6$ to $n -3$ fatty acids . Nature, 427, 504 .
- Karaca, E. ve Aytaç, S., 2007. Yağ bitkilerinde yağ asitleri kompozisyonu üzerine etki eden faktörler, O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 22, 1, 123-131.
- Karaçam, H. ve Düzgüneş, E., 1988. Hamsi Balıklarında Net Et Verimi ve Besin Analizleri Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Yüksek Okulu, Su Ürünleri Dergisi, 5, 19-20.

- Katajisto, T., 2003. Development of *Acartia bifilosa* (Copepoda: Calanoida) eggs in the northern Baltic Sea with special reference to dormancy. Journal Plankton Researches, 25, 357-364.
- Kattner., G., Krause, M. ve Trahms, J., 1981. Lipid Composition of Some Typical North Sea Copepods, Marine Ecology Progress Series, 4, 69-74.
- Kates, M., 1986. Techniques of lipidology : isolation, analysis, and identification of lipids, 2. Baskı, Amsterdam ; New York : Elsevier ; New York : Elsevier Science Pub. Co., Laboratory techniques in biochemistry and molecular biology, 3, 2, 464.
- Kattner, G., Gereken, G. ve Eberlein, K., 1983. Development of lipids during a spring plankton bloom in the northern North Sea, I. Particulate fatty acids. MaR., Chem., 14, 149-162.
- Kattner, G., Krause, M., 1989. Seasonal variations of lipids (wax esters, fatty acids and alcohols) in calanoid copepods from the North Sea, Marine Chemistry, 26, 3, 261-275.
- Kattner, G., Graeve, M. ve Hagen, W., 1994. Ontogenetic and seasonal changes in lipid and fatty acid/alcohol compositions of the dominant Antarctic copepods *Calanus propinquus*, *Calanoides acutus* and *Rhincalanus gigas*, Marine Biology, 118, 637-644.
- Kattner, G. ve Hagen, W., 1995. Polar herbivorous copepods-different pathways in lipid biochemistry., ICES J., MaR., Sci., 52, 329-335.
- Kattner, G., Graeve, M., Calcagno, J., A., Lovrich, G., A., Tatje, S. ve Anger, K., 2003. Lipid, fatty acid and protein utilisation during lacithotrophic larval development of *Lithodes santolla* (Molina) and *Paralomis granulosa* (Jasquinot), J., Exp. MaR., Biol. Ecol., 292, 61-74.
- Kattner, G., Jonasdottir, S., H., Madsen, M., L., Mayzaud, P., Muller-Navarra, D., Nichols, P., D., Paffenhofer, G., A., Pond, D., Saito, H., Stubing, D., Virtue, P., Hagen, W., Lee, R., F., Campbell, R., Deibel, D., Falk-Petersen, S., Graeve, M., Hansen, B., W., Hirche, H., J., 2007. *Perspectives on marine zooplankton lipids*, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 64, 11, 1628-1639.
- Kaya, Y., Duyar, H., A. ve Erdem, M., E., 2004. Balık yağ asitlerinin insan sağlığı için önemi, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 21, 3-4, 365-370.
- Kayahan, M., 2003 . Yağ Kimyası, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 220 s.
- Kıdeyş, A., E. ve Romanova, Z., 2001. Distribution of gelatinous macrozooplankton in the Southern Black Sea during 1996-1999, Marine Biology, 139, 535-547.
- Kıdeyş, A., E., Kovalev, A., V., Shulman, G., Gordina, A. ve Bingel, F., 2000. A review of zooplankton investigations of the Black sea over the last decade, Journal of Marine Systems, 24, 355-371.

- Kideys, A., E., Mutlu, E., Oğuz, T., Okyar, M., Özsoy, E., Tuğrul, S. ve Yılmaz, A., 2000. Akdeniz, Marmara Denizi, Türk Boğazlar Sistemi, Karadeniz ve Atmosfer Alt Projeleri, DAP ve Ulusal Deniz Araştırma ve İzleme programı, 239-335 .
- Kim, S., W., Onbe, T. ve Yoon, Y., H., 1989. Feeding habits of marine cladocerans in the Inland Sea of Japan. Marine Biology, 100, 313-318.
- Kimmerer, W., J., 2002. Effects of freshwater flow on abundance of estuarine organisms: physical effects or trophic linkages, Marine Ecology Progress Series, 243, 39–55.
- Konsulov, A., 1977. On the vertical distribution of zooplankton of the Bulgarian Black Sea coast. Institute of Fisheries, 15, 67-82.
- Konsulov, A. ve Kamburska, L., 1998. Black Sea zooplankton structural dynamic and variability off the Bulgarian Black Sea coast during 1991-1995. In: NATO TU-Black Sea Project: Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea, Symposium on Scientific Results, (eds. L.,I. Ivanov, T., Oğuz), Kluwer Academic Publishers, 281-292.
- Kopelevich, O., V., Burenkov, V., I., Ershova, S., V., Sherberstov, S., V. ve Evdoshenko, M., A., 2004. Application of SeaWiFS data for Studying Variability of Bio-Optical Characteristics in Barents, Black and Caspian Seas, Deep-Sea Research II, 51, 1063-1091.
- Kopelevich, O., V., Sherberstov, S. V., Yunev, O., Baştürk, O., Finenko, Z.Z., Nikonov, S. ve Vedernikov, V.I., 2002. surface chlorophyll in the Black Sea over 1978-1986 derived ferom satelite and in situ data. Journal of Marine Systems, 36 (3-4), 145-160.
- Kopuz, Ü., 2012. Mikrobiyal döngüde pikoplankton dinamiği ve Güneydoğu Karadeniz plejik besin zincirindeki önemi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Koval, L., G., 1984. Zoo- and necro-zooplankton of the Black Sea. Kiev: Naukova Dumka, Rusya, 127 s.
- Kovalev, A., V., 1967. About systematical state and distribution of *Centropages kroyeri* var. *pontica* Karavajev (Crustacea, Copepoda). Biology and distribution of plankton of the southern seas. M: Nauka, 94-98.
- Kovalev, A., V., 1988. Structure of zooplankton communities and its changes in the open Atlantics and in the Mediterranean basin. Inag. Diss. of Biol. Sciences Sevastopol., 454.
- Kovalev, A., V., 1991. Structure of zooplankton communities of the Atlantics and the Mediterranean basin. Kiev: Naukova dumka, 141 s.

- Kovalev, A., V., Gubanov, A., D., Kideys, A., E., Melnikov, V., V., Niermann, U., Ostrovskaya, N., A., Skryabin, V., A., Uysal, Z. ve Zagorodnyaya, Yu. A., 1998. Long-term changes in the biomass and composition of fodder zooplankton in coastal regions of the Black Sea during the period 1957-1996. In: NATO TUBlack Sea Project: Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea, Symposium on Scientific Results, L. Ivanov & T. Oguz (eds.), Kluwer Academic Publishers, 209-220.
- Kovalev, A. V., Skryabin, V., A., Zagorodnyaya, Yu., A., Niermann, U., Bingel, F., Kideys, A., E. ve Uysal, Z., 1999. The Black Sea Zooplankton: Composition, Spatial/Temporal Distribution and History of Investigations. TR., J., of Zoology, 23, 195-209.
- Kovaleva, T. M., Shumakova, G., V., Skryabin, V., A. ve Ostrovskaya, N. A., 1993. Plankton of the redox-zone. Composition and distribution of main components. In: Plankton of the Black Sea (eds. Kovalev, A.V., Finenko, Z. Z.) Kiev: Naukova dumka: 216-245.
- Krupatkina, D., K. ve Berseneva, G., P., 1995. Primary production and Chlorophyll-a in the Black Sea in Winter and Autumn Seasons, Oceanology, 34, 6, 775-779.
- Lalli, C., M. ve Parsons, T., R., 2004. Biological Oceanography an Introduction. University of British Columbia, Vancouver, Canada, 314.
- Lauritzen, L., Hansen, H. S., Jorgensen, M., H. ve Michaelsen, K., F., 2001. The essentiality of long chain n-3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina . Prog. Lipid Res., 40, 1 – 94
- Lavaniegos, B., E. ve Lopez-Cortes, D., 1997. Fatty acid composition and community structure of plankton from the San Lorenzo Channel, Gulf of California, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 45, 845-854.
- Lawrence, G., D., 2010. The Fats of Life- Essential Fatty Acids in Health and Disease, Rutgers University Pres, USA, 277.
- Lee, R. F. ve Hirota, J., 1973. Wax esters in tropical zooplankton and nekton and geographical distribution of wax ester in marine copepods. Limnology and Oceanography, 18, 227-239.
- Lee, R., F., Nevenzel, J., C. ve Paffenhöger, G., A., 1971a. Importance of wax esters and other lipids in the marine food chain: phytoplankton and copepods. Marine Biology, 9, 99-108.
- Lee, R., F., Hirota, J. ve Barnett, A, M., 1971b. Distribution and importance of wax esters in marine copepods and in other zooplankton. Deep- Sea Research, 18, 1147-1165.
- Lee, R., F., Hagen, W. ve Kattner, G., 2006. Lipid storage in marine zooplankton. Marine Ecological Progress Series, 307, 273-306.
- Lewis, R., W., 1970. The densities of three classes of marine lipids in relation to their possible role as hydrostatic agent. Lipids, 5, 151-152.

- Link, J., S. ve Ford, M., D., 2006. Widespread and persistent increase of Ctenophora in the continental shelf ecosystem off NE USA. Marine Ecological Progress Series, 320, 153-159.
- Lischka, S. ve Hagen, W., 2007. Seasonal lipid dynamics of the copepods *Pseudocalanus minutus* (Calanoida) and *Oithona similis* (Cyclopoida) in the Arctic Kongsfjorden (Svalbord). Marine Biology, 150, 445-454.
- Lowern, J., A., 1935. Fat metabolism in fishes. VI. The fats of some plankton Crustacea. Biochemical Journal, 29, 847-9.
- Mauchline, J., Blaxter, J., H., S., Southward, A., J. ve Tyler, P., A., 1998. The Biology of Calanoid Copepods. Advances in Marine Biology. Academic Press, San Diego, 678 s.
- Mayor, D., J., Anderson, T., R., Pond, D., W. ve Irigoien, X., 2009. Egg production and associated losses of carbon, nitrogen and fatty acids from maternal biomass in *Calanus finmarchicus* before the spring bloom, Journal of Marine Systems, 78, 505-510.
- Mayzaud, P., 1976. The occurrence and distribution of octadecapentaenoic acid in a natural plankton population. A possible food cahin index. Lipids, 11, 858-862.
- Menguy, R., Desbaillets, L., ve Masters, Y., F., 1974. Mechanism of stress ulcer: influence of hypovolemic shock on energy metabolism in the gastric mucosa, Gastroenterology, 66, 46-55.
- Michael, T., B., Dörthe, C. ve Müller-Navara., D., C., 1997. The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic foodweb processes. Freshwater Biology, 38, 483-499.
- Mills, C., E., 2001. Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions? Hydrobiologia, 451, 55-68.
- Monncheva, S., 2003. On the recent state of the Black Sea Ecosystem biological response to eutrophication—are there signs of recovery uncertainties. In “Preliminary Assessment of the previous biogeochemical, hydrophysical, and hydrobiological cruise data within the Black Sea”, 53.
- Moreno, V., J., Moreno, J., E., A. ve Brenner, R., R., 1979a. Lipid composition of *Paracalanus parvus*, Oceanologica Acta, 2, 4, 373-378.
- Moreno, V., J., Moreno, J., E., A. ve Brenner, R., R., 1979b. Fatty acid metabolism in the calanoid Copepod *Paracalanus parvus*.1. Polyunsaturated fatty acids, Lipids, 14, 313-317.
- Moreno, V., J., Moreno, J., E., A. ve Brenner, R., R., 1979c. Fatty acid metabolism in the calanoid Copepod *Paracalanus parvus*. 2. Palmitate, stearate, oleate and aceate, Lipids, 14, 318-322.
- Morris, R., J., 1971. Comparison of the composition of oceanic copepods from different depths, Comp. Biochemical Physiology, 40 B, 275-281.

- Mutlu, E., 1999. Distribution and abundance of ctenophores and their zooplankton food in the Black Sea. II. *Mnemopsis leidy*, Marine Biology, 135, 603-613.
- Mutlu, E. ve Bingel, F., 1999. Distribution and abundance of ctenophores and their zooplankton food in the Black Sea. II. *Pleurobrachia pileus*, Marine Biology, 135, 589-601.
- Müller-Navarra, D., C., 2006. The nutritional importance of polyunsaturated fatty acids and their use as trophic markers for herbivorous zooplankton: Does it contradict? Arch. Hydrobiol., 167, 501 – 513 .
- Nageswara Rao, I. ve Krupanidhi, G., 2001. Biochemical composition of zooplankton from the Andaman sea, Journal Marine Biology Ass., 43, 49-56.
- Nanton, D., A. ve Castell, J., D., 1999. The effects of temperature and dietary fatty acids on the fatty acid composition of harpacticoid copepods, for use as a live food for marine fish larvae. Aquaculture, 175, 167-181.
- Nas, S., Gökalp, Y .H. ve Ünsal, M., 2001. Bitkisel yağ teknolojisi. Pamukkale Üni. Mimarlık Fak. Matbaası, Yayın no:005, Denizli, 329 s.
- Nelson, M., M., Phleger, C., F., Money, B. D. ve Nichols, P. D., 2000. Lipids of Gelatinous Antarctic Zooplankton: Cnidaria and Ctenophora. Lipids, 35 (5), 551-559.
- Nielsen, P., Moertensen, J., Vismann, B. ve Hansen, B., W., 2006, Physiological tolerance of marine calanoid copepod eggs to sulphide, Marine Ecological Progress Series, 328, 171-182.
- Niermann, U., Bingel, F., Ergün, G. ve Greve, W., 1998. Fluctuation of dominant mesozooplankton species in the Black Sea, North Sea and Baltic Sea: Is a general trend recognisable?, TR., J., of Zoology, 22, 63-81.
- Niermann, U. ve Greve, W., 1997. Distribution and fluctuation of dominant zooplankton species in the southern Black Sea in comparison to the North Sea and Baltic Sea, Sensitivity to change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea, NATO ASI Series, 27, 65–77.
- Nikitin, V., N., 1949. Basic regularities of life distribution in the Black Sea. Proc. of Inst. Oceanology Ac. Sci. USSR, 3, 173-190.
- Oğuz, T., Ducklow, H., W., Purcell, J., E. ve Malanotte-Rizzoli, P., 2001. Simulation of recent changes in the Black Sea pelagic food web structure due to topdown control by gelatinous carnivores. Journal of Geophysical Research, 106, 4543-4564.
- Oğuz, T., Deshpande, A., G. ve Malanotte-Rizzoli, 2002. The role of mesoscale processes controlling biological variability in the Black sea coastal waters: interferences from sea WIFS-derived surface chlorophyll field. Continental Shelf Research, 22, 1477-1492.

- Oğuz, T., Latun, V., S., Latif, M., A., Vladimirov, V., V., Sur, H., I., Markov, A., A., Oğuz, T., Dippner J., W. ve Kaymaz, Z., 2006. Climatic regulation of the Black Sea hydro-meteorological and ecological properties a interannual-to-decadal time scales, Journal of Marine Systems, 60, 235-254.
- Ohman, M., D., 1997. On the determination of zooplankton lipid content and the occurrence of gelatinous copepods, Journal of Plankton Research, 19 (9), 1235-1250.
- Onbe, T., 1977. The biology of marine cladocerans in warm temperate waters. In Proceedings of a Symposium of Warm Water Zooplankton. Special Publication, UNESCO, National Institute of Oceanography, Goa, 383-393.
- Öksüz, A. ve Özyılmaz, A., 2010. Changes in Fatty acid Compositions of Black Sea Anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) During Catching Season. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10, 381-358.
- Özdemir, G., P. ve Ak, O., 2012. The qualitative and quantitative distribution of the zooplankton in the Southeastern Black Sea (Trabzon Coast), Journal Black Sea/Mediterranean Environment, 18, 3, 279-298.
- Özel, İ., 1992. Planktonoloji 1, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları Kitaplar Serisi, Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir, 270 s.
- Özel, İ., 1992. Planktonoloji 2, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları Kitaplar Serisi, Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir, 269.
- Özsoy, E., Kotovshchikov, B. B., Eremeev, V. V. ve Ünlüata, Ü., 1993. Circulation in the surface and intermediate layers of the Black Sea, Deep Sea Research I, 40(8),1597-1612.
- Özsoy, E. ve Ünlüata, U., 1997. Oceanography of the Black Sea: a review of some recent results, Earth-Sci. Rev., 42, 231-272.
- Öztürk, S., 2002. *Sagitta setosa*'nın Sürmene Koyu'ndaki Zamana Bağlı Dağılımı ve Populasyonu, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 46.
- Parrish, C., C., French, V., M. ve Whitticar, M., 2012. Lipid class and fatty acid composition of copepods (*Calanus finmarchicus*, *C-glacialis*, *Pseudocalanus* sp., *Tisbe furcata* and *Nitokra lacustris*) fed various combinations of autotrophic and heterotrophic protists, Journal of Plankton Research, 34, 5, 356-375.
- Parrish, C. C., Thompson, J. R.ve Deibel, D., 2005. Lipid classes and fatty acids in plankton and settling matter during the spring bloom in a cold ocean coastal environment, Marine Ecology Progress Series, 286, 57-68.
- Parsons, T., R., Maita, Y. ve Lalli, C., M., 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis, Pergamon Press, Great Britain, 173.

- Pederson, L., Jensen, H., M. ve Burmeister, A., D., 1999. The significance of food web structure for the condition and tracer lipid content of juvenile snail fish (*Pisces: Liparis* spp.) along 65-72 N0N off West Greenland, Journal of Plankton Research, 21, 1593-1611.
- Pepin, P., Parrish, C., C. ve Head, E., J., H., 2011. Late autumn condition of *Calanus finmarchicus* in the northwestern Atlantic: evidence of size-dependent differential feeding, Marine Ecological Progress Series, 423,155-166.
- Persson, J. ve Vrede, T. 2006, Polyunsaturated fatty acids in zooplankton: variation due to taxonomy and trophic position, Freshwater Biology, 51, 887 – 900.
- Perumal, P., Rajkumar, M. ve Santhanam, P., 2009. Biochemical composition of wild copepods, *Acartia spinicauda* and *Oithona similis*, from Parangipettai coastal waters in relation to environmental parameters, Journal of Environmental Biology, 30, 6, 995-1005.
- Petipa, T. S., 1959. About average weight of main forms of zooplankton of the Black Sea, Proc. Sevast. Biol. St., 9, 39-57.
- Petran, A., 1985. Evolution des biomasses du zooplancton de la mer Noire dans le secteur situe devant les embouchures du Danube, perdant les annees 1977-1980, Rapp. Comm. Int. mer Medit., Monaco, 29, 9, 319-320.
- Pond, D., Harris , R. , Head , R. ve Harbour, D., 1996 . Environmental and nutritional factors determining seasonal variability in the fecundity and egg viability of *Calanus helgolandicus* in coastal waters off Plymouth, Marine Ecological Progress Series, 143, 45 – 63.
- Pond, D., W., Bell, M., V., Haris, R., P. ve Sargent, J.R., 1998. Microplanktonic Polyunsaturated Fatty Acid Markers: a Mesocosm Trial, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 46, 61-67.
- Pond, D., W., 2012. The physical properties of lipids and their role in controlling the distribution of zooplankton in the oceans, Journal of Plankton Research, 34, 6, 443-453.
- Purcell, J., E., 2005. Climate effects on formation of jellyfish and ctenophore blooms: a review, Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 85, 461-476.
- Purcell, J., E., 1985. Predation on fish eggs and larvae by pelagic cnidarians and ctenophores. Bulletin of Marine Science, 37, 739-755.
- Reuss, N. ve Poulsen, I., K., 2002. Evaluation of fatty acids as biomarkers for a naturel plankton community. A field study of a spring bloom and a post-bloom period off West Greenland, Marine Biology, 141, 423-434.

- Rossi, S., Sabates, A., Latasa, M. ve Reyes, E., 2006. Lipid biomarkers and trophic linkages between phytoplankton, zooplankton and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) larvae in the NW Mediterranean, Journal of Plankton Research, 28, 6, 551-562.
- Rossi, S., Youngbluth, M., J., Jacoby, C., A., Pagès, F. ve Garrofé, X., 2008. Fatty acid trophic markers and trophic links among seston, crustacean zooplankton and the siphonophore *Nanomia cara* in Georges Basin and Oceanographer Canyon (NW Atlantic), Scientia Marina, 72, 2, 403-416.
- Sameoto, D., D., 1986. Influence of the biological and physical environment on the vertical distribution of mesozooplankton and micronekton in the eastern tropical Pacific, Marine Biology, 93, 263–279.
- Sargent, J., R., McEvoy, L., Estevez, A., Bell, G., Bell, M., Henderson, J. ve Tocher, D., 1999. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions. Aquaculture, 179, 217 – 229.
- Sargent, J., R., 1976. The structure, metabolism and function of lipids in marine organisms. In “Biochemical and biophysical perspectives in marine biology”, (D., C. Malins ve J., R. Sargent, eds.), Academic Press, London, 3, 149-212.
- Sargent, J., R., Gatten, R., R. ve Henderson, R., J., 1981. Lipid biochemistry of zooplankton from high latitudes. Oceanic, 7, 623-632.
- Sargent, J., R. ve Henderson, R., J., 1986. Lipids. In “The biological Chemistry of marine copepods”, (E.D.S Corner ve S.C.M. O’ Hara, eds.), Clarendon, Oxford, UK, 59-108.
- Sargent, J., R., 1995. In “Fish Oil: Technology, Nutrition and Marketing” (R. J. Hamilton ve R. D. Rice, eds.), P., J., Barnes & Associates, High Wycombe, UK, 67–94.
- Sazhina, L., I. ve Kovalev, A., V., 1971. About synonyms of crustacean Copepoda of the Black Sea, Zool. zhurn., 50, 1099-1101.
- Sazhina, L., I., 1987. Reproduction, growth, productivity of marine Copepoda. Kiev: Naukoma Dumka, Rusya, 156.
- Shiganova, T., A., Niermann, U., Gücü, A., C., Kideys, A. ve Khoroshilov, V., S., 1998. Changes of species diversity and their abundance in the main components of pelagic community after *Mnemiopsis leidyi* invasion. (eds. L.I. Ivanov, T. Oğuz) Ecosystem Modelling as a Management Tool for the Black Sea, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1, 171–188.
- Silvers, K., M. ve Scott, K., M., 2002. Fish consumption and self-reported physical and mental health status. Public Health Nutr., 5, 427 – 431.
- Simopoulos, A., P., 2004. The traditional diet of Greece and cancer, EuR., J., Cancer Prevent., 13, 219 – 230.

- Siokou Frangou, I., Shiganova T., Christou E., D., Kamburska, L., Gubanova, A., Konsulov, A., Musaeva, E., Skryabin, V. ve Khoroshilov, V., 2004. Mesozooplankton communities in the Aegean and Black Sea: a comparative study, Marine Biology, 144, 1111-1126.
- Sprecher , H., 2000 . Metabolism of highly unsaturated n -3 and n -6 fatty acids . Biochim. Biophys., 1486, 219 – 231.
- Sur, H., İ., Ilyin, Y., P., Özsoy, E. ve Ünlüata, Ü., 1996. The impacts of continental Shelf. Deep Water Interactions in the Black Sea, Journal of Marine Systems, 7, 293-320.
- Svetlichny, L., S., Abolmasova, G., I., Hubareva, E., S., Finenko, G., A., Bat, L. ve Kideyş, A., E., 2004. Respiration rates of *Bereu ovata* in the Black Sea, Marine Biology, 145, 585-593.
- Şen Özdemir, N., Feyzioğlu, A., M. ve Genç, N., 2011 .Güneydoğu Karadeniz'de erken yaz döneminde zooplanktonun yağ asiti kompozisyonundaki değişimler. XVI. Su Ürünleri Sempozyumu, Ekim, Antalya, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 74 s.
- Şen Özdemir, N., Feyzioğlu, A., M., ve Yıldız, İ, 2013. Güneydoğu Karadeniz Sonbahar *Calanus euxinus*'un yağ asiti kompozisyonu. Ekoloji Sempozyumu, Mayıs,Tekirdağ, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 84 s.
- Timofte, F., Tabarcea, C., D. ve Vasilua, Lazâr, L., 2010. Mesozooplankton Community State Along The Romanian Black Sea Coast in 2009. Recherche Marine, 39.
- Toivonen, L., V., Nefedova, Z., A., Sidorov, V., S. ve Sharova, Y., N., 2001 Adaptive changes in fatty acid compositions of whitefish *Coregonus lavaretus* L. tissue lipids caused by anthropogenic factors, Applied Biochem. Microbiol., 37, 314 – 317 .
- Tolmazin, D., 1985. Changing coastal oceanography of the Black Sea. I. Northwestern shelf, Progress in Oceanography, 15, 217-276.
- Tufan, B., 2010. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ticari olarak avcılığı yapılan hamsi (*Engraulis encrasicolus*) istavrit (*Trachurus trachurus*) ve mezgit (*Merlangius merlangus*) balıklarının toplam yağ + fosfolipid ve yağ asiti bileşiminin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tufan, B., Koral, S. ve Köse, S., 2011. Changes during fishing season in the fat content and fatty acid profile of edible muscle, liver and gonads of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) caught in the Turkish Black Sea, International Journal of Food Science and Technology. 46, 800-810.
- Tvrzicka, E., Vecka, M., Stankova, B. ve Zak, A., 2002. Analysis of fatty acids in plasma lipoproteins by gas chromatography flame ionisation detection Quantative aspects, Anal. Chimica. Acta, 465, 337-350.
- URL-1, Lipid, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Lipid>, 26 Eylül 2012.

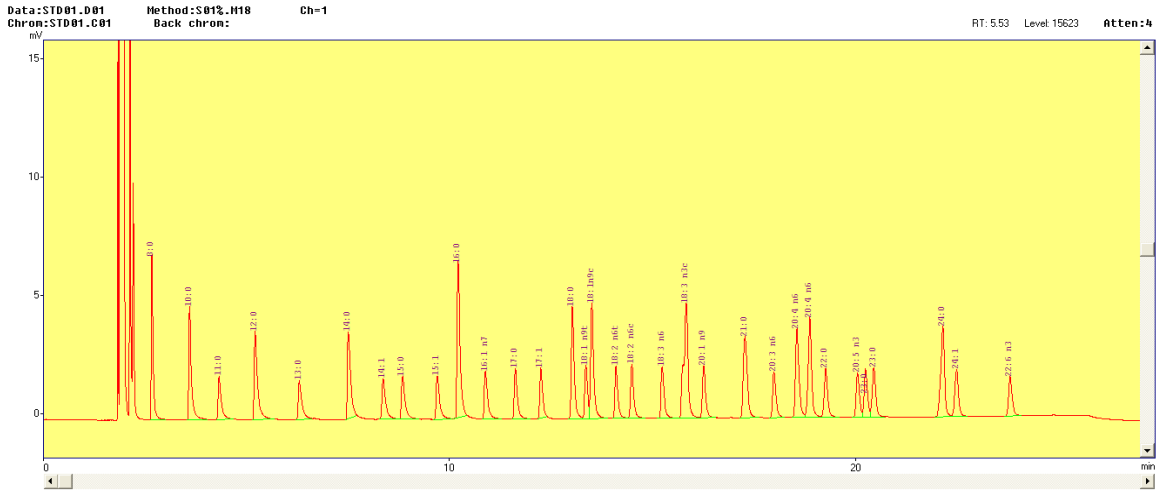
- Ünal, E., 2002. Güney Karadeniz’de zooplanktonun mevsimselliği ve Kopepot calanus euxinus’un genetiği, Yüksek Lisans Tezi, O.D.T.Ü, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Üstün, F., 2005. Karadeniz’in Sinop Burnu Bölgesinin Zooplankton Kompozisyonu ve Mevsimsel Dağılımı.” Yüksek Lisans Tezi, O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 149.
- Üstün, F., Bat, L., Şahin, F., Satılmış, H., H., Özdemir, Z., B. ve Kıdeyş, A., E., 2007. Annual cycle of zooplankton off Sinop, the southern Black Sea in 2003-2004, Rapp. Comm. int. Mer Medit., 38, 628.
- Varpe, O., Fisker, O. ve Slotte, A., 2005. Metaecosystems and biological energy transport from ocean to coast: the ecological importance of herring migration, Oecologia, 146, 443-451.
- Vedernikov, V., I. ve Demidov, A., B., 1993. Primary production and chlorophyll in deep regions of the Black Sea, Oceanology, 33, 193-199.
- Veloza, A., J., Chu, F., L. ve Tang, K., W., 2006. Trophic modification of essential fatty acids by heterotrophic protists and its effects on the fatty acid composition of the copepod *Acartia tonsa* . Marine Biology, 48, 779 – 788 .
- Vinogradov, K., A., 1958. Articles on history of domestic hydrobiological investigations of the Black Sea. Kiev. Pub. of Ac. Sci. UkrSSR, Russian,155.
- Vinogradov, M., E., Arashkevich, E., G. ve Iichenko, S., V., 1992. The ecology of the *Calanus euxinus* population in the deeper layer of its concentration in the Black Sea. J., Plank. Res., 14, 3, 447-458.
- Vinogradov, M., E., Musayeva, E.I. ve semenova, T.N., 1990. Factors determining the position of the lower layer of mesoplankton concentration in the Black Sea. Oceanology. 30, 2, 217-224.
- Vinogradov, M., E. ve Shushkina, E., A., 1980. Peculiarities of vertical distribution of the Black Sea zooplankton. Ecosystems of the Black Sea pelagial. M.: Nauka, 179-191.
- Vinogradov, M., E., Flint, M., V. ve Shushkina, E., A., 1985. Vertical distribution of mesoplankton in the open area of the Black Sea. Marine Biology, 89, 95-107.
- Visser, A., W. ve Jonasdottir, S., H., 1999. Lipids, bouyancy and the seasonal vertical migration of *Calanus finmarchicus* . Fish. Oceanography, 8,100-106.
- Vodryanitskiy, V., A., 1954.About problem of biological productivity of reservoirs and of the Black Sea in particular. Proc. of Sevast. Biol. St. of Ac. Sci. USSR, 8, 347-433.
- Volkman, J., K., Jeffrey, S., W., Nichols, P., D., Rogers, G., I. ve Garland, C., D., 1989, Fatty-acid and lipidcomposition of 10 sepcies of microalgae used in mariculture . J., Exp. Mar., Biol. Ecol., 128, 219 – 240 .

- Wang, G., Jiang, X., Wu, L., ve Li, S., 2005. Differences in the density, sinking rate and biochemical composition of *Centropages tenuiremis* (Copepoda:Calanoida) subitaneous and diapause eggs, Marine Ecological Progress Series, 165-171.
- Warner, A., M. ve Hays, G., C., 1994. Sampling by the Continuous Plankton Recorder Survey, Prog. Oceanogr., 34, 237-256.
- Williams, P., M., 1965. Fatty acids derived from lipids of marine origin, J. Fish. Res. Board Can., 22, 1107-1122.
- Xu, X., L., Ji , W., J., Castell, J., D. ve O’Dor, R., K., 1994 . Essential fatty acid requirement of the Chinese prawn, *Pinaeus chinensis*, Aquaculture, 127, 29 – 40 .
- Yayla, M., Yılmaz, A. ve Morkoç, E., 2001. The Dynamics of Nutrient Enrichment and Primary Production Related to Recent Changes in the Ecosystem of the Black Sea, Aquatic Ecosystem Health and Management, 4, 33-49.
- Yazıcı, Z., Şener, E. ve Sencer, E., 1999. Fatty Acid Composition of 19 Species of Fish from The Black Sea and The Marmara Sea, Lipids, 34, 3.
- Yıldız, İ., 2010. Güney Karadeniz’de Mesozooplankton Kompozisyonu ve Dağılımı, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yılmaz N., İ., Okuş, E. ve Yüksek, A., 2005. Evidences for influence of a heterotrophic dinoflagellate (*Noctiluca scintillans*) on zooplankton community structure in a highly stratified basin, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 64, 475-485.
- Yılmaz, A., Çoban-Yıldız, Y., Karakoç, F., T. ve Bologa, A., 2006. Surface and Mid-Water Sources of Organic Carbon by Photoautotrophic and Chemoautotrophic Production in the Black Sea, Deep-Sea Research II, 53, 1988-2004.
- Yılmaz, A., Tuğrul, S., Polat, Ç., Ediger, D., Çoban, Y. ve Morkoç, E., 1998. On the Production, Elemental Composition (C, N, P) and Distribution of Photosynthetic Organic Matter in the Southern Black Sea, Hydrobiologia, 26, 141-156.
- Yunev, O., A., Vedernikov, V., I., Baştürk, O., Yılmaz, A., Kideys, A., E., Moncheva, S. ve Konovalov, S., 2002. Long-term variations of surface chlorophyll-a and primary production in the open Black Sea, Marine Ecology, 230, 11-28.
- Yuneva, T., V., Svetlichny, L., S., Yunev, O., A., Romanova, Z., A., Kideys, A., E., Bingel, F., Uysal, Z., Yılmaz, A. ve Shulman, G., E., 1999. Nutritional condition of female *Calanus euxinus* from cyclonic and anticyclonic regions of the Black Sea, Marine Ecological Progress Series, 189, 195-204.
- Zaitsev, Yu., P., 1992. Recent changes in the trophic structure of the Black Sea, Fisheries Oceanography, 1,180-189.
- Zaitsev, Yu., P.ve Alexandrov, B., G., 1995. Recent man-made changes in the Black Sea ecosystem. “Sensitivity of North Sea. Baltic Sea and Black Sea to antropogenic and climatic changes”, Workshop, Varna- Bulgaria, 14–18 Kasım, Kluwer Academic Publisher, 25-31.

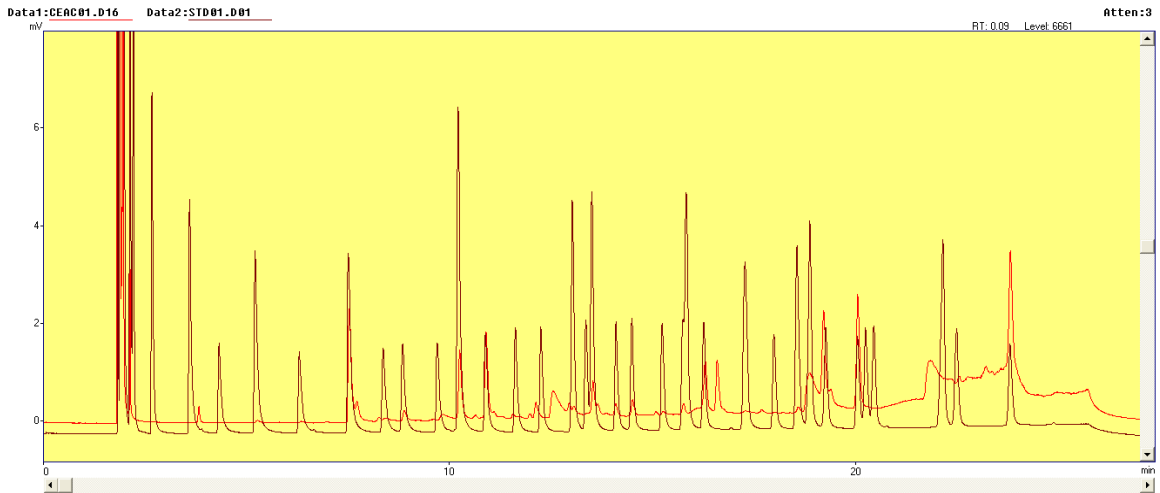
Zenkevitch, L., 1963. Biology of the seas of the U.S.S.R. George Allen and Unwin, London, 955.

8. EKLER

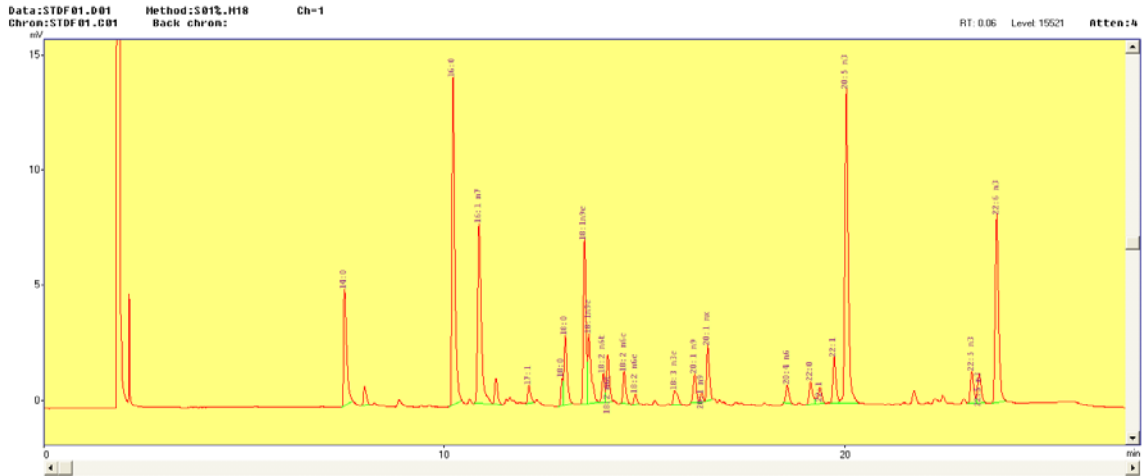
Gaz Kromatogramı Cihazında (GC) Analiz Sırasında Elde Edilen Kromatogramlar



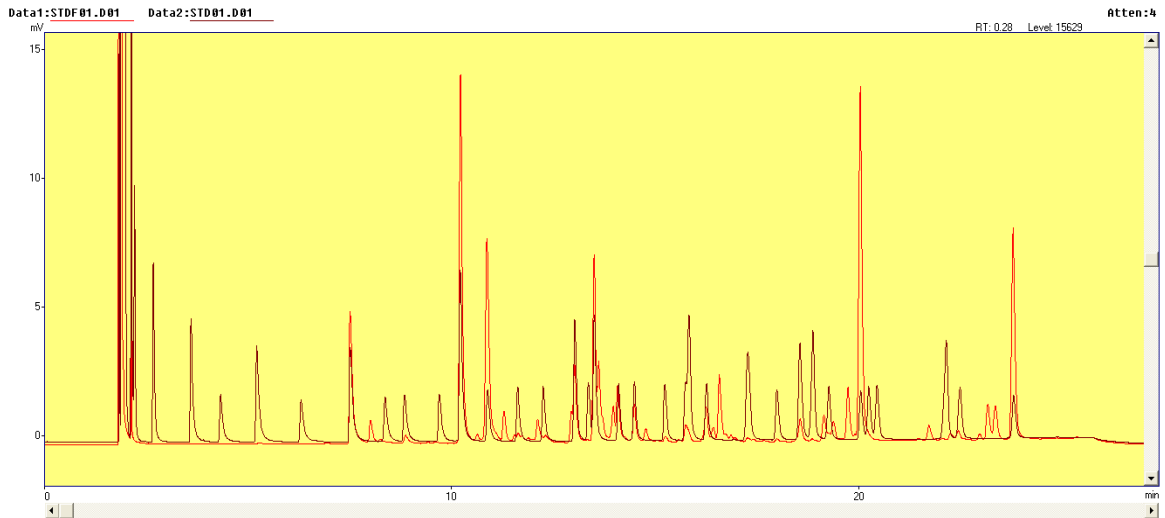
Ek Şekil 1. Standart kromatogram



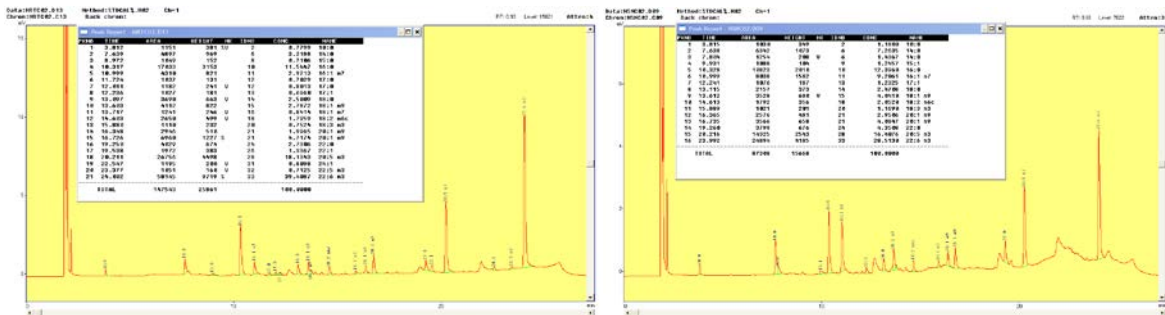
Ek Şekil 2. Standart ile örneğin karşılaştırılması



Ek Şekil 3. Balık yağına ait yağ asiti kromatogramı

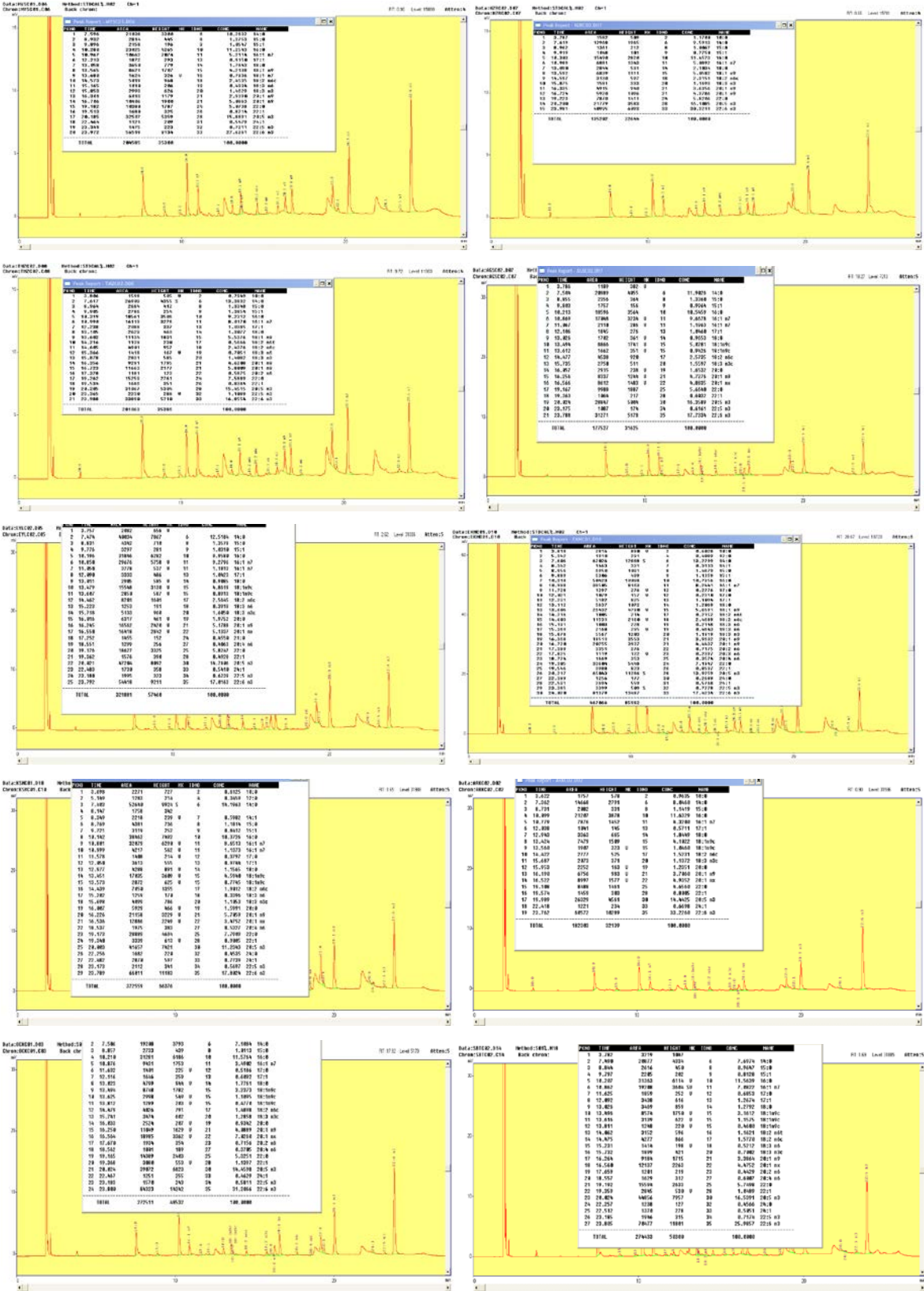


Ek Şekil 4. Balık yağı ile örneğin karşılaştırması



Ek Şekil 5. *Calanus euxinus*'a ait kromatogram

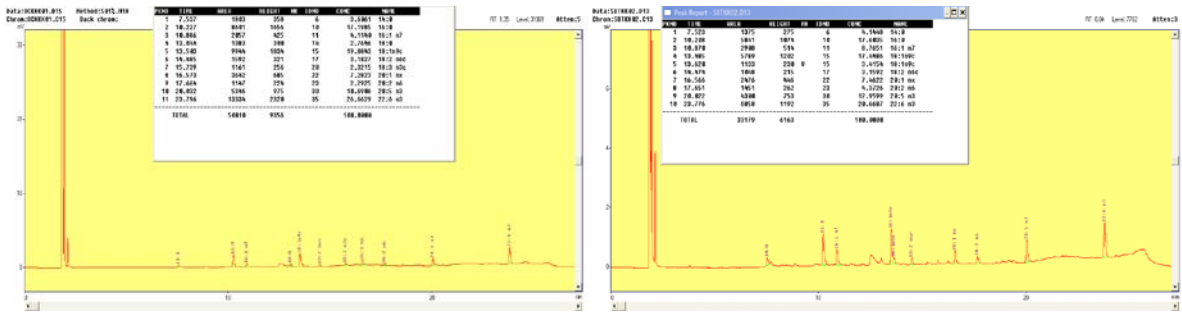
Ek Şekil 5'in devamı



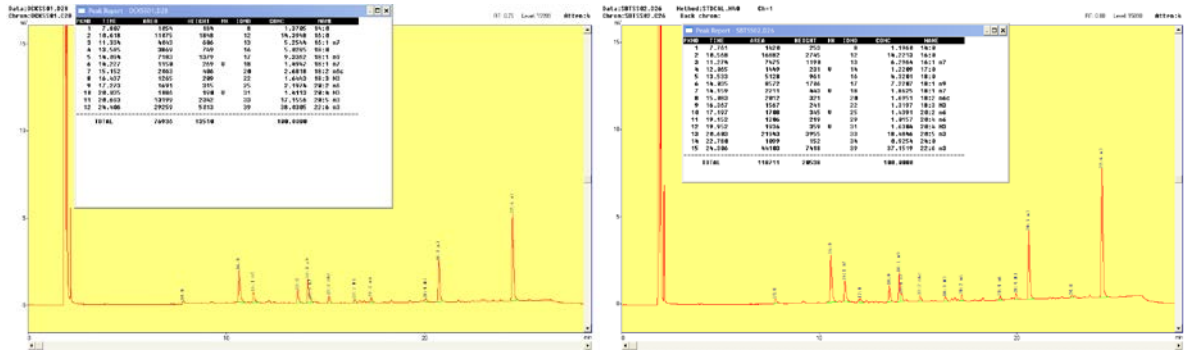


Ek Şekil 6. Küçük kopepodlara ait kromatogram

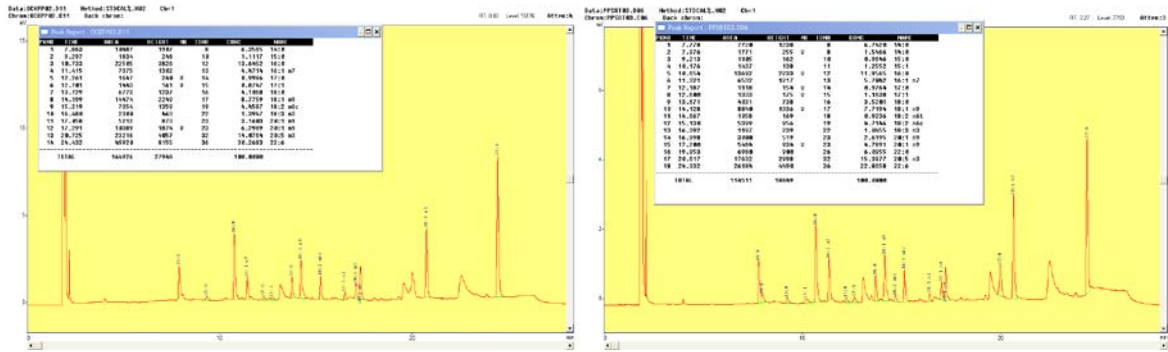
Ek Şekil 6'nın devamı



Ek Şekil 7'nin devamı



Ek Şekil 8'in devamı



ÖZGEÇMİŞ

1978’de Trabzon’da doğdu. İlköğretim ve Liseyi Trabzon’da tamamladı. 1996 yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni bölümünde lisans öğrenimine başladı ve 200 yılında lisans öğrenimini derece ile tamamladı. 2004 yılında KTU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimini tamamladı. “Güneydoğu Karadeniz’de mesozooplanktonun günlük dikey göçü” konulu yüksek lisans tez çalışması ile “Balıkçılık Teknolojisi Yüksek Mühendisi” unvanını aldı. 2004 yılında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı bünyesinde KÖYMER, 2007 yılında TARGEL Projesi’nde Ziraat Mühendisi olarak görev yaptı. 2009 yılında KTU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim dalında doktora öğrenimine başladı. 2009 yılında Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı’ndaki görevinden ayrılarak, Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Su ürünleri Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Halen bu görevine devam etmekte ve İngilizce bilmektedir. Evli ve bir kız çocuk annesidir.