

T.C.  
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

*ONCORHYNCHUS MYKISS*'İN YUMURTA, SPERM,  
LARVA VE DİĞER GELİŞİM EVRELERİNDE  
YAĞ ASİT SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Hatayi ZENGİN

DOKTORA TEZİ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN  
Prof. Dr. M. Ali AKPINAR

## FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu çalışma, jürimiz tarafından, Biyoloji Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Atilla YANIKOĞLU

Üye

Prof. Dr. Sertap BAKUR

Üye

Prof. Dr. Erhan ÜNLÜ

Üye

Prof. Dr. M. Ali AKPINAR

Üye

Yrd. Doç. Dr. Naci DEĞERLİ

### ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen Öğretim Üyeleri'ne ait olduğunu onaylıyorum.

18.08/2003

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ ✓

Prof. Dr. Rauf AMİROV



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 05 / 01 / 1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30 / 12 / 1993 tarihinde C. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'nce hazırlanan ve yayınlanan 'Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu' adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE METOD	34
2.1. Materyal Seçimi ve Örneklerin Disekte Edilmesi	34
2.2. Örneklerin Özütleme	36
2.2.1. Lipid Eldesi	36
2.2.2. Yağ Asitlerinin Metilleştirilmesi	36
2.2.3. Yağ Asitlerinin Gaz Kromatografik Analizleri	37
2.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi	37
3. BULGULAR	39
3.1. Ergin <i>Oncorhynchus mykiss</i> Dişilerinin Karaciğer, Kas, Ovaryum, Yumurta ve Ergin Erkek Sperminde Bulunan Yağ Asit Bileşimi	39
3.2. Ergin <i>Oncorhynchus mykiss</i> Erkeklerinin Karaciğer, Kas, Testis ve Sperminde Bulunan Yağ Asit Bileşimi	42
3.3. Döllenenmemiş, Döllenenmiş Yumurtalar, 15, 30, 45 Günlük Embriyolar ve Keseli Yavru Balıkların Yağ Asit Bileşimi	46
3.4. 0, 15, 21, 36, 43 Günlük Keseli Yavrular ve Keseleri Absorbe Edilmiş Yavru Balıkların Yağ Asitleri Bileşimi	51
3.5. <i>Oncorhynchus mykiss</i> 'in Gelişim Safhalarında Beslenmede Kullanılan Besinlerin (Besin1 - Besin5) Yağ Asit Bileşimi	55
3.6. Postlarval Gelişim Safhasında Beslenen 0.5 – 1.5 g Ağırlığındaki Yavru <i>Oncorhynchus mykiss</i> 'lerin Yağ Asit Bileşimindeki Değişim	58

3.7. Postlarval Gelişim Safhasında Beslenen 1.5 – 5 g ve 5 – 25 g Ağırlığındaki Yavru <i>Oncorhynchus mykiss</i> 'lerin Yağ Asit Bileşimindeki Değişim	61
3.8. Balıkçık Safhasından Sonra Beslenen 25 – 240 g (♂) ve 250 g (♀) Ağırlığındaki <i>Oncorhynchus mykiss</i> 'lerin Yağ Asit Bileşimindeki Değişim	64
3.9. <i>Oncorhynchus mykiss</i> 'in Postlarval Gelişim Safhasında Beslenmeye Geçen Yavru Balıkların, Porsiyonluk Safhaya Ulaşıncaya Kadarki (0.5 – 240 ve 250 g arası ağırlıklarda) Değişik Safhalarda Yağ Asit Bileşimindeki Değişim	67
3.10. Ergin ♂ ve ♀ ile Porsiyonluk ♂ ve ♀'nin Kas Dokusu Yağ Asidi Bileşiminin Karşılaştırılması	70
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	73
5. KAYNAKLAR	104
6. ÖZGEÇMİŞ	131
7. İNCELENEN ÖRNEKLERİN GAZ KROMATOĞRAFİSİ KÜTLE SPEKTROMETRESİ YAĞ ASİDİ METİL ESTERLERİ KROMATOGRAMLARI	132

**ÖZET**  
**DOKTORA TEZİ**

***ONCORHYNCHUS MYKISS*'İN YUMURTA, SPERM,  
LARVA VE DİĞER GELİŞİM EVRELERİNDE  
YAĞ ASİT SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ**

**Hatayi ZENGİN**

**Cumhuriyet Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı**

**Danışman**

**Prof. Dr. M. Ali AKPINAR**

Bu çalışmada *Oncorhynchus mykiss*'in yumurta, sperm, larva ve diğer gelişim evrelerinde yağ asit seviyeleri araştırılmıştır. Denemeler, sıcaklığı 9 - 13.5 °C, oksijeni 6.7 - 8.8 mg/l<sup>-1</sup> ve pH'sı 7 - 7.5 arasında değişen ortamda yürütülmüştür.

Döllenmiş yumurtaların embriyonik gelişimi, larval dönemlerdeki gelişimleri, 250 g porsiyonluk safhaya kadar izlenmiş ve bu safhalardan yağ asit analizleri için örnekler alınmıştır. Yağ asit analizleri Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi ile yapılmıştır.

Eşeyssel olgunluğa erişmiş *O. mykiss*'de uzun zincirli aşırı doymamış yağ asit yüzdelerinin üreme periyotlarına bağlı olarak önemli derecede azaldığı, bu azalmanın özellikle C22:2, C22:5 ve C22:6 yağ asitlerinde olduğu saptanmıştır. *O. mykiss*'in tüm gelişim evrelerinde, yağ asit miktarlarındaki en belirgin değişimler, döllenmiş yumurtalarda, C12:0, C16:2, C18:2, C20:1, C20:2, C20:3, C20:4, C20:5, C22:0, C22:1, C22:5 ve C22:6'nın yüzdelerinde önemli bir artış (P<0.05), C16:0, C18:0 ve C18:1'in yüzdelerinde önemli bir azalış (P<0.05) tespit edilmiştir. Embriyonik safhadan larval safhaya geçiş sürecinde, C18:3, C22:1 asitlerinde önemli bir azalma (P<0.05) olurken, C20:0, C20:3, C20:5 ve C22:0'de artış (P<0.05) gözlenmiştir. 43 günlük prelarval safhadan kesenin absorbe edildiği

postlarval safhaya geçişte C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, C20:1, C20:2, C20:3, C20:5, C22:0'ın yzdelelerinde düşüş, C14:0, C14:1, C16:2, C18:2, C18:3, C20:0, C20:4, C22:1, C22:2, C22:5, C22:6'nın yzdelelerinde ise artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

*O. mykiss*'in yumurtadan itibaren gelişimi izlenen bütün safhalarında, yağ asit bileşiminde kalitatif olarak bir değişiklik belirlenememiştir. Ancak, C18:0, C18:1, C18:2, C20:5 ve C22:6 yağ asitlerinde kantitatif olarak önemli değişimlerin olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Oncorhynchus mykiss*, yumurta, sperm, larva, yağ asidi, GCMS.

**SUMMARY****Ph. D.****DETERMINATION OF FATTY ACID LEVELS IN  
*ONCORHYNCHUS MYKISS*' EGGS, SPERM, LARVAE AND OTHER  
DEVELOPMENTAL STAGES****Hatayi ZENGİN****Cumhuriyet university  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology****Supervisor****Prof. Dr. M. Ali AKPINAR**

In this study, fatty acid levels of *Oncorhynchus mykiss*' eggs, sperm, larvae and other developmental stages were investigated. Experiments were performed in the water, the temperature of which is between 9 and 13.5 °C, the oxygen level of which is between 6.7 and 8.8 mg/l<sup>-1</sup>, and the pH of which is between 7 and 7.5.

Embryonic and larval development of fertilized eggs were followed until 250 g portioned-stage and samples were taken from each stages to analyse fatty acid. Analysis of fatty acid were done by Gas Chromatography Mass Spectrometry.

The percentage of polyunsaturated fatty acid of mature *O. mykiss* significantly decreased during reproduction period, particularly in C22:2, C22:5 and C22:6. Throughout all the developmental periods of *O. mykiss*, such important changes as an increase in the percentage of C12:0, C16:2, C18:2, C20:1, C20:2, C20:3, C20:4, C20:5, C22:0, C22:1, C22:5 and C22:6 and as a decrease in the percentage of C16:0, C18:0 and C18:1 were determined in the amounts of fatty acid of fertilized eggs. During the period of development from the post embryonic stage to early larval stage, it was observed an important increase in C20:0, C20:3, C20:5, C22:0 and a decrease in C18:3, C22:1. As for the period of development from 43 day-prelarval stage to post larval stage at



which yolk sac is absorbed, it was determined a decrease in the percentage of C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, C20:1, C20:2, C20:3, C20:5, C22:0 and an increase in the percentage of C14:0, C14:1, C16:2, C18:2, C18:3, C20:0, C20:4, C22:1, C22:2, C22:5, C22:6.

In all the stages, the development of which from the beginning of the eggs is observed, no qualitative variation were determined in the fatty acid composition of *O. mykiss*. Yet, significant quantitative variation were detected in the fatty acids of C18:0, C18:1, C18:2, C20:5 and C22:6.

**Key words:** *Oncorhynchus mykiss*, egg, sperm, larvae, fatty acid, GCMS.

## TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçiminde değerli önerileri ve tez çalışması boyunca değerli bilgi, engin tecrübe ve yardımlarıyla çalışmalarımın her safhasında, bana yol gösteren, bilimsel yaklaşımları ve yapıcı eleştirileri ile yardımcı olan Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. M. Ali AKPINAR'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yağ asitleri metil esterlerinin analizlenmesinde olanak sağlayan Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Hülya GÜLER'e, analizler sırasında yardımcı olan uzman Serpil ERŞAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımı yaptığım Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde, uygun bir laboratuvar ortamında çalışma imkanı sağlayan tüm akademik ve idari personele teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam süresince manevi ve maddi desteğini esirgemeyen, her an benim yanımda olan, bilgisayar çalışmalarım sırasında karşılaştığım zorlukları aşmamı sağlayan sevgili eşim Hüseyin ZENGİN'e ve aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca Yeşilova Alabalık Üretim Tesisi'ne gidiş ve gelişerimde bana yardımcı olan mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütüldüğü süre içerisinde, bana büyük bir samimiyet ve içtenlikle yardım eden Yeşilova Alabalık Üretim Tesisi yetkililerine yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

## TABLOLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Tablo 1.</b> Denemelerde kullanılan kuluçka havuzu ve ana havuzdaki suyun oksijen ve sıcaklık değerleri	34
<b>Tablo 2.</b> Ergin <i>Oncorhynchus mykiss</i> dişilerinin karaciğer, kas, ovaryum, yumurta ve erkeğin sperminde bulunan yağ asit bileşimi (%)	41
<b>Tablo 3.</b> Ergin <i>Oncorhynchus mykiss</i> erkeklerinin karaciğer, kas, testis ve sperminde bulunan yağ asit bileşimi (%)	44
<b>Tablo 4.</b> Ergin <i>Oncorhynchus mykiss</i> dişi ve erkeklerinin analizlenen dokularındaki total doymuş, total tek çift bağlı doymamış, total aşırı doymamış yağ asidi yüzdeleri	46
<b>Tablo 5.</b> Döllenenmiş, döllenmiş yumurtalar, 15, 30, 45 günlük embriyolar ve keseli yavru balıkların yağ asit bileşimi (%)	50
<b>Tablo 6.</b> 0, 15, 21, 36, 43 günlük keseli yavru ve keseleri absorbe edilmiş yavru balıkların yağ asit bileşimi (%)	54
<b>Tablo 7.</b> <i>Oncorhynchus mykiss</i> 'in gelişim safhalarında beslenmede kullanılan besinlerin (Besin1 - Besin5) yağ asit bileşimi (%)	57
<b>Tablo 8.</b> Postlarval gelişim safhasında beslenen 0.5 – 1.5 g ağırlığındaki yavru <i>Oncorhynchus mykiss</i> 'lerin yağ asit bileşimindeki değişim (%)	60
<b>Tablo 9.</b> Postlarval gelişim safhasında beslenen 1.5 – 5 g ve 5 – 25 g ağırlığındaki yavru <i>Oncorhynchus mykiss</i> 'lerin yağ asit bileşimindeki değişim (%)	63
<b>Tablo 10.</b> Balıkçık safhasından sonra beslenen 25 – 240 g (♂) ve 250 g (♀) ağırlığındaki <i>Oncorhynchus mykiss</i> 'lerin yağ asit bileşimindeki değişim (%)	66
<b>Tablo 11.</b> <i>Oncorhynchus mykiss</i> 'in postlarval gelişim safhasında beslenmeye geçen yavru balıkların porsiyonluk safhaya ulaşıncaya kadarki (0.5 – 240 ve 250 g) değişik safhalarda yağ asit bileşimindeki değişim (%)	69
<b>Tablo 12.</b> Ergin ♂ ve ♀ ile porsiyonluk ♂ ve ♀'nin kas dokusu yağ asidi bileşiminin karşılaştırılması (%)	72

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Gaz kromatografisi kütle spektrometresi standart yağ asidi metil esterleri kromatogramı	132
Şekil 2. Ergin <i>O. mykiss</i> dişilerinin karaciğer yağ asidi metil esterleri kromatogramı	133
Şekil 3. Ergin <i>O. mykiss</i> dişilerinin kas dokusu yağ asidi metil esterleri kromatogramı	133
Şekil 4. Ergin <i>O. mykiss</i> dişilerinin ovaryum yağ asidi metil esterleri kromatogramı	134
Şekil 5. Ergin <i>O. mykiss</i> dişilerinin yumurtasındaki (olgun) yağ asidi metil esterleri kromatogramı	134
Şekil 6. Ergin <i>O. mykiss</i> erkek sperminin yağ asidi metil esterleri kromatogramı	135
Şekil 7. Ergin <i>O. mykiss</i> erkeklerinin karaciğer yağ asidi metil esterleri kromatogramı	135
Şekil 8. Ergin <i>O. mykiss</i> erkeklerinin kas dokusu yağ asidi metil esterleri kromatogramı	136
Şekil 9. Ergin <i>O. mykiss</i> erkeklerinin testis yağ asidi metil esterleri kromatogramı	136
Şekil 10. Döllenmiş yumurtaların yağ asidi metil esterleri kromatogramı	137
Şekil 11. 15 günlük embriyoların yağ asidi metil esterleri kromatogramı	137
Şekil 12. 30 günlük embriyoların yağ asidi metil esterleri kromatogramı	138
Şekil 13. 45 günlük embriyoların yağ asidi metil esterleri kromatogramı	138
Şekil 14. Keseli yavrunun (0.gün) yağ asidi metil esterleri kromatogramı	139
Şekil 15. 15 günlük keseli yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı	139
Şekil 16. 21 günlük keseli yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı	140
Şekil 17. 36 günlük keseli yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı	140
Şekil 18. 43 günlük keseli yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı	141
Şekil 19. Keseleri absorbe edilmiş yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı	141

<b>Şekil 20.</b>	Besin 1'in (0.5 $\mu$ ) yağ asidi metil esterleri kromatogramı	142
<b>Şekil 21.</b>	Besin 2'nin (1.2 $\mu$ ) yağ asidi metil esterleri kromatogramı	142
<b>Şekil 22.</b>	Besin 3'ün (Granül-2) yağ asidi metil esterleri kromatogramı	143
<b>Şekil 23.</b>	Besin 4'ün (Granül-4) yağ asidi metil esterleri kromatogramı	143
<b>Şekil 24.</b>	Besin 5'in yağ asidi metil esterleri kromatogramı	144
<b>Şekil 25.</b>	0.5 g'lık yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı	144
<b>Şekil 26.</b>	1 g'lık yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı	145
<b>Şekil 27.</b>	1.5 g'lık yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı	145
<b>Şekil 28.</b>	2.5 g'lık yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı	146
<b>Şekil 29.</b>	5 g'lık yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı	146
<b>Şekil 30.</b>	10 g'lık yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı	147
<b>Şekil 31.</b>	25 g'lık yavrunun (balıkçık) yağ asidi metil esterleri kromatogramı	147
<b>Şekil 32.</b>	85 g'lık balığın yağ asidi metil esterleri kromatogramı	148
<b>Şekil 33.</b>	160 g'lık balığın yağ asidi metil esterleri kromatogramı	148
<b>Şekil 34.</b>	175 g'lık balığın yağ asidi metil esterleri kromatogramı	149
<b>Şekil 35.</b>	Porsiyonluk erkek balığın (240 g) yağ asidi metil esterleri kromatogramı	149
<b>Şekil 36.</b>	Porsiyonluk dişi balığın (250 g) yağ asidi metil esterleri kromatogramı	150

**KISALTMALAR**

C12:0	Dodekanoik asit (laurik asit)
C14:0	Tetradekanoik asit (miristik asit)
C14:1	Tetradekenoik asit (miristoleik asit)
C15:0	Pentadekanoik asit
C15:1	Pentadekenoik asit
C16:0	Heksadekanoik asit (palmitik asit)
C16:1	Heksadekenoik asit (palmitoleik asit)
C16:2	Heksadekadienoik asit
C17:0	Heptadekanoik asit
C17:1	Heptadekenoik asit
C18:0	Oktadekanoik asit (stearik asit)
C18:1	Oktadekenoik asit (oleik asit)
C18:2	Oktadekadienoik asit (linoleik asit)
C18:3	Oktadekatrienoik asit (linolenik asit)
C20:0	Eikosanoik asit (arakidik asit)
C20:1	Eikosenoik asit
C20:2	Eikosadienoik asit
C20:3	Eikosatrienoik asit
C20:4	Eikosatetraenoik asit (arakidonik asit)
C20:5	Eikosapentaenoik asit
C21:0	Heneikosanoik asit
C22:0	Dokosanoik asit (behenik asit)
C22:1	Dokosenoik asit
C22:2	Dokosadienoik asit
C22:4	Dokosatetraenoik asit
C22:5	Dokosapentaenoik asit
C22:6	Dokosaheksaenoik asit
C24:1	Tetrakosenoik asit (nervonik asit)

TDYA	Total Doymuş Yağ Asidi
TTDmYA	Total Tek Çift Bağlı Doymamış Yağ Asidi
TADmYA	Total Aşırı Doymamış Yağ Asidi
VLDL	Çok Düşük Densiteli Lipoproteinler
LDL	Düşük Densiteli Lipoproteinler
HDL	Yüksek Densiteli Lipoproteinler
ATP	Adenozintrifosfat
KOH	Potasyum Hidroksit
N <sub>2</sub>	Azot
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfirik Asit
BF <sub>3</sub>	Boron Trifluoride
NaCl	Sodyum Klorür
FID	Alev İyonlaşma Dedektörü

## 1. GİRİŞ

Balıkların havuz veya göllerde yapay olarak üretilme ve büyütülmesinin çok uzun bir geçmişi bulunmaktadır. Gökkuşuğu alabalıkları dünyada, ticari balık yetiştiriciliğinde kültüre alınan önemli bir türdür. Diğer alabalık türleri içinde çevre şartlarına daha kolay adapte olabilmesi, büyüme gelişme koşullarının iyi bilinmesi, ekonomik oluşu ve hastalıklara karşı nispeten daha dayanıklı olması nedeniyle 100 yılı aşkın bir süredir yetiştiriciliği yapılmaktadır (Çelikkale, 1994).

Ülkemiz, su kaynakları potansiyeli açısından oldukça iyi bir konumda bulunmaktadır. Ayrıca hayvansal protein açığını kapatmada su ürünleri ve özellikle de balıklar önemli bir rol oynamaktadır. Son zamanlarda, kültüre elverişli olması nedeniyle alabalık yetiştiriciliği ülkemizde de önemli bir yol kat etmiştir. Kültür ortamında, yaygın olarak yapılan üretim, balık yavrularının sağlıklı olarak elde edilmesi talebini yaratmıştır. Yetiştirme yöntemlerindeki gelişmeler ve elde edilen üründeki yüksek seviyedeki artışlar, yetiştirilen balığın doğal isteklerini en iyi şekilde sağlamakla mümkün olacaktır. Ayrıca kültürü yapılan balıkların biyolojileri, beslenme ve biyokimyasal özellikleri, yumurta ve sperm kalitesi, yumurtalarının embriyolojik gelişimi, larvaların potansiyel kalitesi ve yaşama oranlarının bilinmesi yetiştiricilik açısından önemli olacaktır (Fraser ve ark., 1988; Çelikkale, 1994; Saka, 1996).

Yumurtadan çıktıktan sonra ve ergin balık aşamasından önceki gelişim safhaları genellikle larval safha olarak tanımlanmaktadır ve bu periyot esnasındaki yavru balık larva olarak isimlendirilmektedir. Larval safhadaki bu balıklara fry da denmektedir. Balıklarda larval gelişim, bazen prolarval ve postlarval safhalar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Prolarva, yumurta kesesinin varlığıyla ayırt edilmektedir ve genellikle keseli yavru balık olarak isimlendirilmektedir. Bazı türlerde yumurta kesesi kaybolmuş küçük balığa alevin denmektedir. Böyle direkt bir gelişim alabalık ve som balıklarında görülmektedir. Metamorfozdan yani postlarval evrenin bitiminden sonra gençlik evresi başlar. Bu evrede bireyler dış görünüş bakımından erginin küçük bir modelini temsil etmekle birlikte, kimi vücut oranları ve renk bakımından erginden farklı olabilirler ve gonadları, eğer varsa ikincil eşeyssel karakterleri de henüz gelişmemiştir. Erginlik evresi ise,



gonadların ve eğer varsa ikincil eşeyssel karakterlerin tümüyle geliştiği ve bireylerin belirli zamanlarda üreyebildikleri evredir (Lagler ve ark., 1967).

Balıklarda embriyonik gelişim evresinden sonra yumurtadan çıkan bireylerin, tüm yüzgeç ışınlarının oluşumuna yada pulların oluşmaya başlamasına kadar geçirdikleri evreye larva evresi denir. Bu evre, biri vitellus kesesinin bulunduğu prelarva evre (prolarva evre), diğeri vitellusun tümüyle absorbe edilmiş olduğu fakat dış görünümün ergininkinden farklı olduğu postlarva evresi olmak üzere ikiye ayrılabilir. Bazı balık türlerinde, bu iki evre görülebildiği halde bazı balık türlerinde ise vitellus absorbe edildikten sonra, yani prelarva evresinin bitiminde bireyler doğrudan gençlik evresine geçerler. Dış görünümü ergine benzeyen yavruya alev denir (Akpınar, 1999 a).

Çelikkale (1994), alabalıklarda yumurtanın döllenenmesinden, serbest yüzebilme ve yem alabilme evresine kadarki gelişme periyodunu dörde ayırmaktadır. Birincisi, yumurtalar döllendikten sonraki ilk 36 saatlik evreyi içermektedir. İkincisi, yumurtaların gözlenme safhasına kadar olan evredir. Gözlenme evresi, saydam olan yumurta kabuğundan çıplak gözle yumurta içindeki embriyoda, gözlerin siyah iki nokta halinde, dışarıdan görüldüğü evredir. Üçüncüsü, gözlenme safhasından yumurtadan çıkışa kadarki evreyi oluşturur. Dördüncüsü, yumurtadan çıktıktan sonra serbest yüzme ve yem alabilme durumuna kadarki evredir. Yumurtadan çıkan alabalık larvaları büyük bir besin kesesi taşırlar. Bu kese, su sıcaklığına bağlı olarak larvanın besin ihtiyacını karşılar. Bu evredeki larvanın yüzme yeteneği henüz gelişmemiştir. Ağız ve sindirim sistemi de gelişmediği için yem alma yeteneğinde değildir. Larvaların serbest yüzme evresine ulaşması, besin keselerinin absorbe edilmesi, beslenmeleri için önemli kriterlerdir. Serbest yüzme evresine ve su içinde aktif hareket yeteneğine ulaşmış larvaların bakım ve beslenmeleri alabalık yetiştiriciliğinin en hassas işlemlerinden birini oluşturmaktadır. Bu evre, ön yavru büyütme evresi olarak adlandırılır. Ön beslemesi yapılmış yavruların, 20 - 40 g ağırlıktaki balıklar (balıkçık) haline getirilmesi işlemi yavru ve balıkçık üretimini kapsar. Balıkçık, 20 - 40 g ağırlığındaki alabalık yavrularına verilen isimdir. 1 - 2 g ile 20 - 40 g arasındaki evre yavru evresini oluşturmaktadır. Alabalık yavruları 5 - 6 aylık bir

besleme evresi sonunda 10 - 15 g ağırlığın üzerine ulaşırlar. Balıkçık üretiminde amaç 30 - 40 g'ın üzerine çıkmaktır. Bu büyüklüğe ulaşan balıkçıkların, 200 - 250 g ağırlığa yani yemeklik balık büyüklüğüne ulaştırma işlemine yemeklik alabalık üretimi adı verilir.

Balıklarda embriyonik gelişimin önemi, Carr (1942) ve Battle (1944) 'ın çalışmalarına dayanmaktadır. Son zamanlarda genetik alanında elde edilen bilgiler, deneysel embriyolojiye yeni boyutlar kazandırmıştır. Deneysel embriyoloji gelişirken bazı fizyologlar da yumurtadan doğuma değin bütün embriyo hayatının fizyolojisini ve biyokimyasını araştırmaya başlamışlardır. Bu nedenle günümüzde embriyoloji, fizyolojik ve biyokimyasal bir bilim dalı haline almıştır (Balinsky, 1981; Akpınar, 1999 a).

Balıklar, lipidleri yağ dokusunda depo eden memelilerin aksine daha çok iskelet kası ve karaciğer dokusunda depo etmektedirler. Bu lipidlerin büyük bir kısmı değişik fizyolojik olaylarda kullanılmak üzere vücudun değişik yerlerine mobilize olmaktadır. Başta kas dokuları olmak üzere bütün organlardaki yağ asidi bileşimi içinde  $\omega 3$  olarak bilinen yağ asitlerinin miktarları yüksek oranda bulunmaktadır. Bu yağ asitlerinin başlıca kaynakları sudaki besin zincirinin ilk halkasını oluşturan planktonik organizmalardır (Neuhaus ve Halver, 1969; Ackman ve Eaton, 1976; Konar ve ark., 1999).

Besinin lipid içeriği, balıkların yağ asit bileşimlerini direkt olarak etkilemektedir. Yapılan besleme denemeleriyle, besinsel yağ asitlerinin, balıkların yağ asidi bileşimine doğrudan yansıdığı ve besinde bulunan temel yağ asitlerinin balık dokularında direkt olarak depolandığı saptanmıştır (Farkas ve ark., 1978; Viola ve Amidan, 1978; Akpınar ve Aksoylar, 1988; Zengin ve Akpınar; 1998).

*Coregonus albula*'nın kas dokusundaki yağ asidi bileşimi ile beslendiği planktonik organizmaların yağ asidi bileşimi incelenmiş ve total doymuş ve doymamış yağ asitleri oranının benzer bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (Mute ve ark., 1989).

Akpınar ve Aksoylar (1988), *Garra rufa* y1, oleik asit (C18:1), palmitik asit (C16:0), miristik asit (C14:0) ve heneikosanoik asit (C21:0)'i yüksek düzeylerde bulunduran yapay balık yemiyle beslediklerinde, bu yağ asitlerinin

balığın kas dokusu yağ asidi bileşimine aynen yansıdığını görmüşlerdir. Besin yoluyla alınan 16 ve 18 karbonlu doymuş ve doymamış yağ asitlerinin doğrudan doğruya depo edildiğini ve bu yağ asitlerinden en fazla depo edilenlerin oleik asit (C18:1) ve linolenik asit (C18:3) olduğunu saptamışlardır.

Temel yağ asitlerine olan gereksinim balık türleri arasında farklılık göstermektedir. Çeşitli alabalık türleriyle yapılan incelemelerde, *Salmo gairdnerii*'nin maksimal büyüme ve besinsel dönüşüm için linoleik aside (C18:2) besinsel yağ asidi olarak gereksinim duyduğu kanıtlanmıştır. Temel yağ asitlerinin eksik olduğu besinlerle beslenen balıklarda büyümenin yavaşladığı, kuyruk yüzgecinde aşınma olduğu, pigmentasyonun yeterli olmadığı, yağ asidi kompozisyonu ve lipid metabolizmasının yetersiz olduğu gibi fizyolojik semptomların oluştuğu belirlenmiştir (Higashi ve ark., 1966; Watanabe, 1982; Akpınar, 1999 b).

Balıkların sentezleyemedikleri ancak besinle alabildikleri temel yağ asitleri (linoleik asit C18:2, linolenik asit C18:3 ve arakidonik asit C20:4) diğer besinsel yağ asitleri gibi (miristik asit C14:0, palmitik asit C16:0, palmitoleik asit C16:1, stearik asit C18:0, oleik asit C18:1 vb.) balık dokularında direkt olarak depolanmaktadırlar. Besinde uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitleri (eikosatrienoik asit C20:3, eikosapentaenoik asit C20:5, dokosatetraenoik asit C22:4, dokosapentaenoik asit C22:5, dokosaheksaenoik asit C22:6) bulunmadığında temel yağ asitleri kullanılarak bu yağ asitleri sentezlenebilmektedir. Balıklarda doymamış yağ asitlerinin doymuşlara göre fazla oranda bulunuşu sabit ve değişken sıcaklıklara adapte olmada kolaylık sağlamaktadır (Mead ve ark., 1960; Sargent, 1976; Hayashi ve Takagi, 1977; Takeuchi ve Watanabe, 1977; Akpınar, 1999 b).

Organizmaların yaşam ortamlarına adaptasyonunda önemli rol oynayan hücresel membranların yapısal organizasyonları, çeşitli çevresel faktörlerle etkilenmektedir. Yapılan araştırmalardan, balıkların değişen sıcaklık ve ortamdaki besin durumuna göre yağ asit metabolizmalarını düzenleyebildikleri anlaşılmaktadır. Bu açıdan balıkların kimyasal bileşimlerini etkileyen besin, sıcaklık, tuzluluk, su ortamının derinlik durumu ve açlık gibi çevresel faktörler bir

çok araştırmaya konu olmuştur (Reiser ve ark., 1963; Farkas ve Csengeri, 1976; Sellner ve Hazel, 1982; Akpınar ve Aksoylar, 1988; Kiessling ve ark., 1990).

Membranlarda fosfolipid, kolesterol ve özellikle doymamış yağ asitlerinin bulunuşu membran akışkanlığının kontrolünde ve membran enzimlerinin aktivitelerinin korunmasında önemli olduğu kabul edilmiştir. Aquatik organizmalarda bu bileşenlerin miktarı, su sıcaklığından önemli derecede etkilenmektedir. Düşük sıcaklıkta yaşayan soğuk kanlı hayvanların sinir ve diğer dokularının hücre membran fosfolipidleri, yüksek sıcaklıkta yaşayan hayvanların fosfolipidlerine göre genellikle daha fazla doymamış yağ asitleri içermektedir. Soğuk kanlı hayvanların çeşitli dokularında aşırı doymamış yağ asitlerinin depolanması, onların ortama adaptasyonunu sağlamaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalar, balıkların uzun süre soğukta bırakılmaları halinde bunların fosfolipidlerindeki uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitlerinin arttığını göstermiştir (Hochachka ve Somero, 1973; Hazel ve Prosser, 1974; Kreps, 1981; Avrova, 1984; Farkas, 1984; Akpınar, 1999 b; Metin ve Akpınar, 2000).

Farkas ve Csengeri (1976), *Cyprinus carpio* L.'de çevresel sıcaklıkla ilişkili olarak total lipid ve fosfolipidlerdeki yağ asitleri bileşimlerini çalışmışlar ve uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitlerinin düşük sıcaklıklarda daha fazla sentezlendiğini saptamışlardır. Ayrıca balıkların ortamın sıcaklığına göre yağ asitlerinin biyosentezini çok çabuk ayarlayabildiklerini tespit etmişlerdir.

Sazanın (*Cyprinus carpio*) kırmızı kasiyla yapılan bir çalışmayla, soğuk ortamda fosfatidilkolinde bulunan yağ asitlerinin doymamışlığının arttığı, aynı zamanda kardiolipinin doymamış yağ asidi içeriğinin de azaldığı gösterilmiştir (Wodtke, 1981).

Akpınar (1999 b), besinsel yağ asitlerinin ve açlığın, 35 ve 24 °C sıcaklıklarda beslenen ve aç bırakılan *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843'ün kas dokusu yağ asidi bileşimine etkisini araştırmış ve 35 °C sıcaklıkta beslenen ve aç bırakılan balıkların yağ asidi bileşiminde kalitatif olarak bir değişiklik meydana gelmediğini belirlemiştir. 24 °C sıcaklıkta beslenen ve aç bırakılan balıklarda ise besinde bulunmayan dokosapentaenoik asit (C22:5) ve dokosahekzaenoik asidin (C22:6) sentezlenebildiğini ve linoleik asit (C18:2) yüzdesinin çok azaldığını

saptamıştır. 35 ve 24 °C sıcaklıkta beslenen ve aç bırakılan balıklarda en fazla değişime uğrayan yağ asitlerinin uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitleri (C18:2, C18:3, C20:3, C22:4, C22:5, C22:6) olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca Kangal Balıklı Kaplıcasında (Sivas) 35 °C'de yaşayan bu balıkların üremelerinin verimli olmadığını, 24 °C'de yaşamaları durumunda aşırı doymamış yağ asitlerini sentezleyebildiklerini ve bu sıcaklıkta bu yağ asitlerini sentezleyebilmelerinin üremelerini de verimli hale getirebileceği sonucuna varmıştır.

Balık türlerinin sahip oldukları lipid ve yağ asidi kompozisyonu, yaşadıkları ortam ve belli dönemlerdeki fizyolojik faaliyetlere bağlı olarak büyük oranda değişmektedir. Ayrıca kas dokularının lipid bileşimi ile diğer organlardaki lipid bileşimi arasında kimyasal yapı bakımından farklılıklar bulunmaktadır. Balıkların kimyasal bileşenlerindeki en belirgin değişim, özellikle üreme periyodunda lipid içeriğinin azalmasıyla görülmektedir. Üreme periyodundan önce, gonadların gelişimi için protein ve lipide olan gereksinim fazla olduğundan karaciğer, gonad gelişimi ve gamet oluşumu sırasında kullanılacak lipidin büyük bir kısmını depo eder. Bununla beraber, üreme için gerekli olan enerji daha çok kas dokusundaki lipidlerden sağlanmaktadır (Stansby, 1969; Kinsella ve ark., 1978; Medford ve Mackay, 1978; Vlaming ve ark., 1978; Dabrowski, 1982; Akpınar, 1986 a; b; 1987 a).

Yapılan çalışmalarla balık türlerinin eşeyssel olgunluk dönemlerinde lipidleri daha fazla tercih ettikleri ve bu dönemde enerji gereksinimlerini kas dokularından sağladıkları ifade edilmiştir (Nevsome ve Leduc, 1975; Medfort ve Mackay, 1978). Tatlısu balıklarından *Aplodinotus grunniens*, *Coregonus artedii*, *Lota lota* ve *Alosa pseudoharengus* ile yapılan çalışmada, üreme periyodu öncesinde lipid miktarının arttığı ve üreme periyodu sonunda azaldığı rapor edilmiştir (Ackman, 1967). *Coregenous albula*'nın yumurtlama mevsimi ve yıllık büyüme mevsiminin sonuna doğru kas dokusunda lipid miktarında azalma olduğu saptanmıştır (Mute ve ark., 1989).

Salmonid'lerin eşeyssel olgunlaşması ile lipid metabolizmalarındaki değişimlerin aynı periyoda rastladığı yapılan araştırmalarla saptanmıştır. Bu araştırmalarda, yumurtlama öncesi periyotta balıklar tarafından alınan besinde bir

azalma olduğu, depo yağlarının yumurta ve sperm olgunlaşması için kullanıldığı ve yumurta bırakma periyodu sonrasında vücut ağırlığında hissedilir derecede bir düşüşün meydana geldiği de vurgulanmıştır (Love, 1980; Dannevig ve Norum, 1983).

Akpınar (1987 b), Mogan Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio* L.'nin kas dokusu yağ asitlerinin eşeye ve mevsime bağlı değişimlerini araştırmış ve her iki eşeyin kas dokusu yağ asidi bileşiminin kantitatif yönden farklı olmadığını tespit etmiştir. En fazla değişime uğrayan yağ asitlerinin uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitleri olduğunu gözlemiştir. Bu değişimlerde gonad gelişimi ve üreme periyotlarının doğrudan etkili olduğu sonucuna varmıştır.

Konar ve ark. (1999), Keban Baraj gölünde yaşayan *Copoeta trutta* ve *Barbus rajanorum mystaceus*'un dişi ve erkek bireylerinin kas dokularında total lipid ve yağ asidi bileşiminin değişimini üreme periyodu boyunca incelemişler ve her iki türün kas dokusu yağ asidi bileşiminin zengin bir yağ asidi çeşitliliğinden oluştuğunu göstermişlerdir. *C. trutta*'nın dişi bireylerinin kas dokusundaki doymamış yağ asitlerinin, üreme mevsimi sonunda, düzenli bir şekilde azaldığını, diğer bireylerdeki değişimin daha düzensiz olduğunu belirlemişlerdir. Total lipid, yağ asidi miktarı ve bireysel yağ asidi oranlarının değişiminde üreme periyodundaki faaliyetlerin etkili olduğunu göstermişlerdir.

Oogenesis esnasında, gelişmekte olan yumurta hücrelerine oldukça büyük miktarlarda protein ve yağ damlaları şeklinde depolanmış besin maddesi sağlanmaktadır. Bu nedenle balıklar, üreme evresinde bol besine gereksinim duymaktadırlar. Ortamda bulunan besinde bir azalma olduğunda gonadların gelişmesi yavaşlamakta veya bazı balık türlerinde eşeyssel olgunluğa erişme gecikmektedir. Üreme esnasında fizyolojik dengenin sağlanması ve olgun gametlerin oluşturulması için besinin yanında sıcaklık, gün uzunluğu ve endokrin sistem gibi faktörler önemli rol oynamaktadır (Nikolsky, 1963; Holman ve Hofstetter, 1965; Russel ve Yonge, 1972; Peter, 1982; Manning ve Kime, 1984; Akpınar, 1987 a).

Deng ve ark. (1976), *Mugil cephalus*'ta lipid içeriğinin üreme periyodundan önce en yüksek düzeye ulaştığını göstermişlerdir. Jangaard ve ark.

(1967), *Gadus morhua* L.'nin çeşitli dokularındaki lipidlerin yağ asidi bileşenlerini araştırmışlar ve üreme periyodundan sonra karaciğer yağ asidi yüzdelerinde azalma görüldüğünü saptamışlardır.

Balıklarda oositin gelişimi, oogoniumun primer oosite dönüşümü ile başlamaktadır. Olgunlaşma ve ovulasyondan önce hücre büyüme ve hacminde binlerce defa artış olmaktadır. Primer oositin aşırı büyümesi, yumurta sarısı proteininin ön maddesi olan vitellogenin'in birleştirilmesinden dolayı olmaktadır. Bu protein karaciğerde sentezlenip salınmaktadır. Yumurta sarısı proteinleri, lipovitellin ve fosvitine ayrıldığı yer olan ovaryuma kan yoluyla taşınmaktadır. Yumurta sarısı proteinleri depolanıp geliştirmekte olan embriyo için besin deposu olarak hizmet etmektedir (Follett ve Redshaw, 1974; Wallace, 1978; Krieger ve Fleig, 1999).

Hara ve Hirai (1978) ve Campbell ve Idler (1980), *Salmo gairdneri*'de seksüel olarak olgunlaşmış dişiler ve östrojen ile muamele edilmiş gençlerde plazma vitellogeninini izole etmişlerdir. Plazma vitellogeninini ve olgun *Salmo gairdnerii* yumurtalarından izole edilen yumurta sarısı proteinleri fosvitin ve lipovitellin arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermişlerdir.

Vitellogenin, farklı türlerde 250.000 ile 600.000 arasında yüksek moleküler ağırlıkta bir proteindir. Yağların, karbonhidratların ve fosfatın değişen miktarlarını içermekte ve özellikle kalsiyum olmak üzere divalent katyonlara bağlanabilme yeteneğindedir. Kemikli balıklarda vitellogenin izole edilip, *Oncorhynchus mykiss*'i de içeren birkaç türde kısmen tanımlanmıştır. Kemikli balık vitellogeninlerinin total lipid içeriğinin % 20 civarında olduğu tespit edilmiştir (Plack ve ark., 1971; Vlaming ve ark., 1980; Campbell ve Idler, 1980; Nath ve Sundararaj, 1981).

Frémont ve Riazi (1988), *Salmo gairdneri*'de vitellogeninin % 79 protein, % 19 lipid, % 0.3 karbonhidrat, % 0.7 fosfoprotein ve % 0.7 kalsiyumdan oluştuğunu belirlemişlerdir. Total vitellogenin lipidlerinin % 70'inin fosfolipidten, % 22'sinin triaçilgliserolden ve % 8'inin kolesterolden oluştuğunu saptamışlardır. Karbonhidratları, vitellogeninin % 0.3'ünü oluşturan çok küçük bir miktar olarak bulmuşlardır. Total lipidlerin % 70'ini oluşturan fosfolipidlerin çoğunluğunun,

total yağ asitlerinin 1/3'ünden sorumlu olan  $\omega$ 3 dokosaheksaenoik asidin (C22:6) bulunduğu fosfatidilkolinden oluştuğunu tespit etmişlerdir.

Norberg ve Haux (1985), *Salmo gairdnerii* ve *Salmo trutta*'da plazma vitellogeninin lipid içeriğini araştırmışlar ve total lipid içeriğini *Salmo gairdnerii*'de % 18 ve *Salmo trutta*'da % 19 olarak tespit etmişlerdir. Bu lipidin yaklaşık 2/3'ünün fosfolipid, kalanının ise triaçilgliserol ve kolesterolden oluştuğunu belirlemişlerdir.

Fosfolipidler, vitellogeninde aşırı doymamış yağ asitlerinin en önemli araçlarıdır. Fosfolipidlerdeki yağ asit zincirleri, lipoproteinlerin yapısında anahtar bir rol oynamaktadır. Vitellogenin güçlü hidrofobik özelliğinden dolayı ilginç bir lipoproteindir. Bununla beraber uzunluk ve doymamışlık derecesiyle ilişkili olarak fosfolipidlerin ve proteinlerin düzenlenmesi de asit zincirlerinin özel organizasyonuna bağlı olmaktadır (Segrest ve ark., 1974; Frémont ve Riazi, 1988).

Frémont ve Marion (1982), aynı sıcaklıklarda ve aynı yemle beslenen farklı yaşlardaki üç grup *Salmo gairdnerii* erkeklerinde kan lipoproteinlerinin dağılımını ve konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Grubun birini seksüel olarak olgunlaşmamış, diğer iki grubu ise sperm döken alabalıklardan oluşturmuşlardır. Çok düşük densiteli lipoproteinler (VLDL) ve düşük densiteli lipoproteinlerin (LDL) olgunlaşmamış balıklarda yoğun olarak bulunduğunu, yüksek densiteli lipoproteinlerin (HDL) ise sperm döken balıklarda, total lipoproteinlerin % 50'sinden daha fazlasını oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Fosfolipidler, total lipidin % 70'ini oluşturmuştur. C22:6 $\omega$ 3, lipoprotein sınıflarının bütün lipid kısımlarında aşırı doymamış yağ asidi olmuştur. Yapısal lipidlerde, fosfolipidlerde ve kolesterol esterlerinde yüksek yüzdelerde bulunmuştur ve total yağ asitlerinin % 35-40'ını oluşturmuştur. Alabalıklarda lipoproteinlerin üretimi ve kullanımının, yıllık gonadal dokuların oluşmasıyla bağlantılı olduğunu ve lipoproteinlerin gametogenesisiz esnasında, gonadal dokulara birleştirilen kolesterolün ve C22:6 $\omega$ 3 yağ asidinin taşınmasında bir araç olarak rol oynadığını göstermişlerdir. Salmonidlerde endojen steroidlerin plazma düzeyleri, spermatogenesisiz sonunda artmaktadır ve sperm dökümü esnasında maksimuma ulaşmaktadır. Sperm döken



alabalıklarda, plazma düşük densiteli lipoproteinlerinin az olması, yüksek oranlarda LDL'nin, gametogenesis esnasında seksüel hormonların sentezinde ön madde olarak rol oynayan kolesterolün gonadal dokulara birleştirilmesinden dolayı olduğu sonucuna varmışlardır.

*Oncorhynchus mykiss*'de spermatogenesis mevsimsel bir olaydır ve döl dökümünden önce, yaklaşık 2 ayda tamamlandığı için bu esnada sperm üretimi olmamaktadır. Spermatozoalar sperm kanallarına bırakılmakta ve 6 aya kadar sürebilen üreme mevsimi boyunca sperm kanallarında depolanmaktadır. Üreme mevsiminin sonunda, spermi koruyan mekanizmalar artık etkili olmadığı için bütün spermatozoalar yok edilmektedir. Spermatozoaların yok edilmesi, sertoli hücreleri tarafından sperm hücrelerinin fagositozu, testislerdeki makrofajlar ve sperm kanalındaki epitel hücreleri ve fagositler tarafından başarılmaktadır. Bu döngü gelecek mevsimde yeniden tekrarlanmaktadır (Billard ve Takashima, 1983; Billard, 1986; Loir ve ark., 1990; Billard, 1992; Lahnsteiner ve ark., 1993; Ciereszko ve ark., 1996).

Loir ve ark. (1990), seminal sıvıdaki yüksek densiteli lipoproteinlerin, sperm kanalında spermin depolanması esnasında, lipid içeriklerini korumak amacıyla sperm plazma zarı ile ilişkide olduklarını belirtmişlerdir. Seminal proteinlerin koruyucu etkisi Billard ve Takashima (1983) tarafından da ifade edilmiştir.

Spermin yaşama süresi türlere ve bırakıldığı ortama göre önemli derecede değişmektedir. Suya bırakılan sperm hücreleri, dışıye bırakılan sperm hücrelerine göre çok daha kısa süre yaşamaktadırlar. Eğer sperm hücrelerinin bırakıldığı su ortamı, balığın vücut sıvısı ile aynı tuz içeriğine sahip ise, tuz içeriği yüksek ya da düşük olan su ortamına göre daha uzun yaşamaktadır. Sperm hücrelerinin yaşayabilmesi ayrıca sıcaklık tarafından da etkilenmektedir. Sperm hücreleri yüksek sıcaklıklara göre genellikle düşük sıcaklıklarda daha uzun yaşayabilmektedirler (Lagler ve ark., 1967).

Memeli sperminin aksine Salmonidlerin spermi sadece kısa bir süre için hareketli kalmakta ve ATP üretebilen bir metabolik aygıtın var olmasına rağmen ATP üretmek yerine depolanmış ATP'yi birinci derecede kullanmaktadır.

Salmonidlerde sperm hareketinin başlamasıyla beraber ATP'deki düşme, ATP hidrolizinin ATP üretiminden fazla olmasından kaynaklanmaktadır. *Oncorhynchus mykiss* spermi oldukça yüksek konsantrasyonlarda ATP 'ye sahip bulunmaktadır ve hareketin başlamasıyla beraber hızla düşmektedir. Salmonid spermindeki ATP üretimi oldukça düşük glikolitik kapasitesiyle, oksidatif fosforilasyon üzerine oturmaktadır. İn vitro olarak depolama esnasında, *Oncorhynchus tshawytscha* sperminin ATP düzeyleri, oksijenin varlığına bağımlı olmaktadır. Salmonid semenini kısa süre için depolamanın en genel ve başarılı metodu % 100 atmosferik O<sub>2</sub> ile başarılmaktadır. ATP içeriği ile dölleme yeteneği arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. *Oncorhynchus mykiss* spermindeki intrasellüler ATP, spermin yaşama yeteneğinde önemli bir kayıp olmaksızın, kendisini çevreleyen oksijen tarafından değiştirilebilmekte ve bu ATP, hücre hareketi ve döllemede, spermin depolanması ve hücre esnekliğinde önemli bir role sahip olmaktadır (Benau ve Turner, 1980; Billard, 1981; Christen ve ark., 1987; Lahnsteiner ve ark., 1993; 1998; Bencic ve ark., 1999 a; b).

Yumurtaların yaşama yeteneği hormonal kontrol tarafından düzenlenmektedir. Diğer omurgalılarda da olduğu gibi corpus luteum endokrin organlar olarak görev yapmakta ve hormon üretmektedir. Bu hormonlar balıklarda abdominal boşlukta bulunan yumurtaların hayatta kalmasını sağlamaktadır. *Oncorhynchus mykiss* doğal olarak kültür ortamında genellikle yumurta dökmemektedir. Ovulasyon ile yapay sağım arasındaki zaman, böyle hormonların salgılandığı zamanı geçtiğinde, yumurtaların yaşama yeteneğinde bir azalma olmaktadır (Craik ve Harvey, 1984).

Ovulasyondan sonra *Oncorhynchus mykiss* dişilerinin abdominal boşluğunda yumurtaların bekletilmesinin etkilerini araştırmak için yapılan bir deneyde, ovulasyondan sonra yumurtalar dişi balıkta 18 gün kadar bekletildiğinde, yumurta kompozisyonu hemen hemen sabit kalmasına rağmen, yavruların yumurtadan çıkma yüzdesinin, önemli bir şekilde düştüğü görülmüştür. Bu sonuçlar ovulasyon zamanı ile ilişkili olarak sağım zamanının, *Oncorhynchus mykiss* yumurtalarında yavru çıkma başarısını belirleyen en önemli faktör olduğunu göstermektedir. Yumurtadan yavru çıkma yüzdesindeki büyük

değişiklikler, yumurtanın kimyasal yada fiziksel kompozisyonundan daha çok ovulasyondan sonra geçen zaman ile ilişkili olmaktadır (Craik ve Harvey, 1984).

Sakai ve ark. (1975), *Oncorhynchus mykiss*'de ovulasyondan sonra geçen zamanda, fazla olgunlaşmış yumurtalardan elde edilen larvaların hayatta kalma yeteneklerinde sabit bir azalma olduğunu göstermişlerdir. Ovulasyondan sonra vücut boşluğunda 10 gün kadar kalan yumurtaların sağımı ile elde edilen yumurtalardan yavru çıkma yüzdesinin % 70'e, ovulasyondan sonra 30 günden fazla kaldığında ise sağılan yumurtalardan elde edilen yavruların yumurtadan çıkma yüzdesinin % 0 'a düştüğünü bulmuşlardır.

Ovulasyondan sonra alıkonulan yumurtaların, yaşama yeteneğindeki değişimler ticari açıdan önemli olan diğer balık türlerinde de araştırılmıştır. Hirose ve ark. (1979), *Limanda yokohamae* yumurtalarının ovulasyondan sonra en iyi şartlarda 2-3 gün alıkonulduğunu saptamışlardır. *Clarias macrocephalus* ile çalışan Mollah ve Tan (1983), ovulasyondan sonra 10 saatten daha fazla bir süre abdominal boşlukta bekletilen yumurtaların yaşama yeteneğinde önemli kayıplar bulmuşlardır.

Hirao ve ark. (1955), *Oncorhynchus mykiss* yumurtalarını kullanarak yaptıkları bir çalışmada yumurtaların demir düzeyleri ile yavruların yumurtadan çıkma yüzdeleri arasında bir ilişkinin olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca yüksek açılma yüzdesi gösteren yumurta kümelerinin B<sub>2</sub> vitaminine biraz daha fazla düzeylerde sahip olduklarını saptamışlardır.

Alabalık yumurtaları yeni sağıldığında, buruşuk ve gayri muntazam bir şekildedir. En dış kısmında ince ve saydam yumurta kabuğu bulunur. Kabuk çok sayıda gözenek içerir. Bu gözeneklerden başka kabuk üzerinde, daha büyükçe olan ve mikrofil adı verilen, spermanın yumurtaya girmesini sağlayan diğer bir delik bulunur. Yumurtanın ortasında bulunan yumurta sarısı kesesi, yumurta zarı ile çevrelenmiştir. Yumurta zarı gözenek içermez. Yumurta zarı ile kabuk arasında, içerisinde perivitellin sıvısı bulunan perivitellin boşluğu bulunur. Bu boşluğa, mikrofil ve kabuk gözeneklerinden su dolması sonucu yumurta şişer ve başlangıçta pürüzlü ve solgun olan kabuk gerilir, yuvarlak ve parlak bir şekil alarak sertleşir. Yumurta bu şişme işlemi esnasında ilk hacminin % 20'si kadar

büyür. Yumurtanın su ile temasta şişmesi ve pürüzsüz bir şekil alması işlemine yumurta sertleşmesi ya da sertleşme denir (Çelikkale, 1994).

Jaffe (1985) ve Alderdice (1988), sertleşme esnasında suyun içeri dolmasının, döllenenmiş ve döllenenmemiş yumurtalarda aynı olduğunu, reaksiyonun 3 saat içerisinde büyük oranda tamamlandığını ve bütün yumurtalarda aynı hızda oluştuğunu tespit etmişlerdir. Bu olayın kortikal granüllerden kaynaklandığını, perivitellin boşluğuna bırakılan bu granül içeriğinin dışarı çıkamamasından dolayı suyun osmotik olarak perivitellin boşluğuna geçtiğini belirtmişlerdir.

Kjorsvik (1994), *Gadus morhua* L.'de yumurtaların kalitesi üzerine yaptığı bir çalışmada, yüksek kaliteli yumurtalarda, kortikal reaksiyondan dolayı osmolalite ve yumurta çapında önemli bir artışın, hızlı ve de homojen olduğunu, düşük kaliteli yumurtalarda bu olayın tamamlanmadığını ve sürenin iki kat daha uzun olduğunu, böylece osmolalite ve yumurta çapındaki artışın daha önemsiz olduğunu tespit etmiştir.

Yumurtaların portakal renginden sarıya kadar değişen renkte ve aynı görünümde olmaları ve kan damarlarıyla sarılmış olmaları, aynı yaşama yeteneğine sahip olduklarını göstermektedir. Solgun ve beyaz yumurtaların yaşama yeteneği azalmaktadır. Böylece yumurtaların yaşama yetenekleri görsel olarak da kabaca tespit edilebilmektedir. Yumurtaların yaşama yeteneklerini kaybetmesi, ovaryumlarda meydana gelen yumurtaların büzülmesi, zona pellusida'nın katlanması ve yumurta sarısının hatalı organizasyonu gibi yapısal hatalardan kaynaklanabilmektedir. Ayrıca balığın sağlık durumu, hormonların dengesiz salınımı yada patojenler gibi nedenlerden dolayı da oluşabilmektedir (Guraya, 1986; Lahnsteiner ve ark., 1999).

Balık yumurtalarının besin içeriği türlere özgü olmaktadır. Balık yumurtalarının lipid içeriği ve kompozisyonları türler arasında değiştiği gibi çevre şartları, fizyolojik olaylar ve enerji ihtiyaçlarına göre, gelişimin farklı safhalarında da değişmektedir. Balıkların erken gelişme dönemlerinde, polar ve nötral lipidleri enerji kaynağı olarak tercihli şekilde kullanılması da türlere özgüdür (Vetter ve ark., 1983; Kimata, 1983 a; Cowey ve ark., 1985; Tocher ve ark., 1985 a; Rainuzzo, 1993; Sargent, 1995; Mourente ve Vazquez, 1996).

Pickova ve ark. (1999), kültürü yapılan ve doğal *Salmo salar*'lardan elde ettikleri yumurtaların yağ asit ve karotenoid içeriklerini araştırmışlardır. Bir grup dişiyi limnik orijinli (doğal besin zinciri) besinle beslerken, diğerk grubu deniz orijinli yapay besinlerle beslemişlerdir. İki doğal grup arasında, fosfolipid ve triaçilgliserollerin yağ asit profillerinde önemli bir fark bulamamışlardır. Fosfolipidlerdeki C20:5 içeriğini, kültürü yapılan dişilerden elde edilen yumurtalarda önemli derecede yüksek (% 13.0) bulmuşlardır. Her iki doğal stoktan elde edilen değerler ise % 5.7 ve % 6.4 şeklinde olmuştur. Her bir grubun yumurtalarının fosfolipidlerindeki C20:4 düzeyleri önemli derecede düşük olmuştur (% 2.4, % 6.7 ve % 6.2). Triaçilgliserollerin C20:4 içeriğini, doğal (% 4.4 ve % 4.9) ve kültürü yapılan (% 1.2) balıkların yumurtaları arasında büyük ölçüde farklı bulurken, C20:5 içeriğinde hemen hemen bir fark görememişlerdir. C22:6 $\omega$ 3 yüzdesinin besinlerde farklı olmasına rağmen, iki doğal balık grubu arasında yada doğal ve kültürü yapılan balıklar arasında değişmediğini saptamışlardır. Karotenoidlerin kompozisyonunu, kültürden elde edilen yumurtalarda daha yüksek oranlarda bulmuşlardır. Yumurtaların açılma başarısının doğal ve kültür balıkları arasında önemli derecede değiştiğini gözlemişlerdir. Gonad gelişimi esnasında, dişi salmonların besininde bulunan lipidlerdeki değişimlerin, embriyolojik gelişimi de etkileyen yumurtaların yağ asit kompozisyonlarındaki değişimle sonuçlandığını belirtmişlerdir. Ayrıca, doğal ve kültürü yapılan dişilerin yumurtalarındaki C22:6 içeriğinde herhangi bir farklılığın olmamasının salmon yumurtalarındaki bu yağ asitleri düzeylerinin genetik etkenler tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği sonucuna ulaşmışlardır.

Salmon yumurtaları, diğerk birçok balık türü yumurtalarında olduğu gibi aşırı doymamış yağ asitlerince zengindirler. Bu yağ asitlerinin önemi iki başlık altında toplanmıştır. Birincisi; düşük kış sıcaklıklarında, normal hücre fonksiyonunu korumak için membranların akışkanlığına yardım eden uzun zincirli bu yağ asitleri, ırmaklara yumurta bırakan birçok salmonda bulunmaktadır. Salmon yumurtalarındaki C22:6 içeriği, doğal olarak yumurta bıraktıkları akarsuların ortalama kış sıcaklığıyla ilişkili olmaktadır. Ayrıca; sinir sisteminin gelişiminde de bu asidin önemi büyüktür. İkincisi; bu yağ asitleri büyüyen balık

embriyolarında ve sonraki gelişimlerinde, eikosanoid metabolizmasındaki prostaglandinler, lökotrienler ve tromboksanların ön maddesi olarak rol oynamaktadırlar. Prostaglandinlerin biyolojik aktivitelerinden dolayı 20:5 $\omega$ 3 ve 20:4 $\omega$ 6'nın özel bir yeri bulunmaktadır.  $\omega$ 3 ve  $\omega$ 6 aşırı doymamış yağ asit formları, metabolizmada zincir uzamasına uğramaları ve doymamışlık değerlerinin artmasıyla diğer yağ asitlerinin öncül maddeleri olarak da rol oynamaktadırlar (Watanabe, 1982; Henderson ve Tocher, 1987; Hazel, 1989; Hazel ve Villiams, 1990; Sargent ve ark., 1995; Bell ve ark., 1997; Pickova ve ark., 1998; 1999).

Üreme ve yumurta kalitesi, anaçlara verilen besinin besinsel kalitesiyle önemli derecede etkilenmektedir. Balıklarda yumurta kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisi besindeki temel yağ asidi içeriğidir. Balık yumurtalarındaki lipidlerin yağ asidi içeriği, anaçların besin lipidlerinin yağ asidi içeriğini yansıtmaktadır. Deniz kemikli balıkların yumurta lipidlerinin  $\omega$ 3 aşırı doymamış yağ asitlerince zengin olması, gelişen embriyoların ve yumurtadan çıkan larvaların  $\omega$ 3 aşırı doymamış yağ asitlerine yüksek oranda gereksinim duyduğunu göstermektedir. Balıklar,  $\omega$ 3 aşırı doymamış yağ asitlerinin sentezini yapamadıkları için, yumurtalarda  $\omega$ 3 aşırı doymamış yağ asitlerini içeren polar lipidler, anaçların besinsel kaynağından elde edilmektedir (Lasker ve Theilacker, 1962; Kimata, 1983 b; Craik ve Harvey, 1984; Watanabe ve ark., 1984 a; Tocher ve ark., 1985 a; b; Watanabe ve ark., 1991; Mourente ve Tocher, 1993; Watanabe ve Kiron, 1994; Fernández-Palacios ve ark., 1995).

Rodriguez ve ark. (1998) tarafından *Sparus aurata* L. anaçlarında  $\omega$ 3 aşırı doymamış yağ asitlerinin besindeki eksikliğinin dişilerin karaciğer, gonad ve yumurtalarında lipid kompozisyonu üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Anaçların  $\omega$ 3 aşırı doymamış yağ asitlerinden yoksun, ancak C18:3 oranı yüksek besinlerle 20 hafta beslenmesi sonucunda; ovaryum ve yumurtaların total polar lipid ve total nötral lipid düzeylerinin besine bağlı olmadığı, bunun yanında diş karaciğer, ovaryum ve yumurtalardaki fosfatidiletanolamin, fosfatidilkolin ve fosfatidilinozitolün yağ asit kompozisyonlarının, anaçların besinindeki yağ asit

kompozisyonlarını yansıttığı görülmüştür. Karaciğere göre ovaryum ve yumurtalarda total nötral lipid içeriğinin yüksek olmasının, bu lipid sınıfının ovaryum ve yumurtalarda depo lipidleri olarak önemli olduğu sonucunu doğurmuştur. Ayrıca, ovaryum ve yumurtaların total nötral lipidlerindeki yağ asit kompozisyonlarının besindeki daha çok yansıttığı belirlenmiştir. Besinde fazla olan C18:1ω9 karaciğerle karşılaştırıldığında, ovaryum ve yumurtaların total nötral lipidlerinde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Böylece gonadal dokuların, karaciğerle karşılaştırıldığında daha düşük bir lipojenik kapasiteye sahip olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. ω3 aşırı doymamış yağ asitlerinden yoksun besinle beslenen *Sparus aurata* L. anaçlarında yumurta kalitesinin düştüğünü, ω3 aşırı doymamış yağ asitlerini içeren besinle beslenenlerde ise, dişi anaç başına düşen yumurta sayısının, döllenen yumurta ve yumurtadan çıkan larvaların yüzdesinin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Watanabe ve ark. (1984 b), gonadların olgunlaşması ve yumurtlamayı etkileyen birçok faktörün yanı sıra besin kalitesinin de *Oncorhynchus mykiss* ve *Pagellus erythrinus*'un üremesiyle yakından ilişkili olduğunu saptamışlardır.

Lasker ve Theilacker (1962) ve Ando (1968), yumurta lipidlerindeki yağ asidi dağılımının, anaçların besinindeki lipidler tarafından etkilendiğini rapor etmişlerdir.

Spermdeki yağ asidi dağılımının da yumurtada olduğu gibi besinsel yağ asitleri tarafından büyük ölçüde etkilendiği belirtilmiştir. Ayrıca yumurtaların dölllenme oranındaki düşüklüğün sadece yumurta kalitesinden kaynaklanmadığı, sperm kalitesinin de bunda etkili olduğu saptanmıştır (Watanabe ve ark.,1984 a)

Jangaard ve ark. (1967), *Gadus morhua* L.'nin yumurta ve sperm lipidlerinin yağ asit kompozisyonundaki mevsimsel değişimi araştırmışlar ve yumurta ve sperm lipidlerinin yağ asit kompozisyonları arasında, olgunlaşma ile bağıntılı olarak kesin bir ilişki tespit edememişlerdir. C18:1'in büyük ve C16:1'in düşük yüzdeye sahip olması dışında sperm lipidlerinin yağ asit kompozisyonlarının, yumurta lipidlerinin yağ asit kompozisyonlarına oldukça benzer olduğunu bulmuşlardır. Sabunlaşmayan lipidlerin spermde daha fazla olduğunu saptamışlardır. C16:1, yumurta lipidlerinde bulunan yağ asitlerinin

1/3'ünü oluşturmuştur. C16:0 ve C22:6 gibi diğer önemli yağ asitleri hemen hemen benzer bulunmuştur. Nervonik asit (C24:1) ve C14:0 yüzdesi sperm lipidlerinde yumurtaya göre daha düşük çıkmıştır.

Yumurtlama öncesi üç aylık dönemde *Oncorhynchus mykiss* anaçları, farklı düzeylerde protein, lipid ya da temel yağ asitlerini içeren besinlerle beslenerek, bunların üreme ve yumurta kalitesi üzerine olan etkisi araştırılmıştır. % 36 protein ve % 18 lipid içeren besinle beslenen anaçlarda büyüme ve besinin verim oranı yüksek bulunmuştur. Ayrıca, bu anaçlar tarafından üretilen yumurtalarda gözlenme ve yumurtadan çıkma oranı da yüksek çıkmıştır. Temel yağ asitlerinden yoksun besinle beslenenlerde ise büyüme oranı, gözlenmiş yumurta ve yumurtadan çıkma oranının düşük olduğu belirlenmiştir (Watanabe ve ark., 1984 b).

Shimma ve ark. (1977), *Cyprinus carpio* L.'da yumurtadan çıkan yavrular ile C22:6 $\omega$ 3'ün yumurta lipidlerindeki oranı arasında bir ilişki olduğunu rapor etmişlerdir. Temel yağ asitlerinden yoksun besinle beslenen anaçların yumurtaları C22:6 $\omega$ 3'ü düşük oranda içermiştir. Buda döllenme ve yumurtadan çıkan yavruların oranını azaltmıştır (Watanabe ve ark., 1984 a).

C18:3 $\omega$ 3'ün tek yağ asidi kaynağı olarak besinlere eklenmesi *Oncorhynchus mykiss* anaçlarının üremesinde ve normal büyümesinde temel yağ asidi ihtiyacını karşıladığı rapor edilmiştir. Ayrıca temel yağ asidi olarak değeri, C18:3 $\omega$ 3 ve  $\omega$ 3'ü içeren yağ asitlerine göre ikinci derecede olan C18:2 $\omega$ 6'nın da *O. mykiss*'in üremesinde etkili olduğu belirtilmiştir. Parmak büyüklüğündeki *O. mykiss* için de C18:2 $\omega$ 6'nın temel yağ asidi değeri C18:3 $\omega$ 3'e göre ikinci derecede olduğu açıklanmıştır (Castell ve ark., 1972; Yu ve ark., 1979; Takeuchi ve Watanabe, 1982).

Gelişmekte olan embriyolara temel yağ asidi sağlanması, yumurtanın döllenmesinden önce ve döllendikten sonra oluşan birçok faktör tarafından etkilenmektedir. Olgun dişilerde besin, yumurtaların yağ asit kompozisyonunu ve buna bağlı olarak larvaların hayatta kalabilmelerini etkileyebilmektedir. Ilıman tatlısu sistemlerinde, yumurtaya temel yağ asitlerinin sağlanması, kış esnasında yapısal amaçlı aynı yağ asitleri için annenin artan ihtiyaçlarıyla çakışabilmektedir



ve buda vitellogenesisizden somatik dokulara temel yağ asitlerinin yönlendirilmesiyle sonuçlanmaktadır. Yumurtanın döllenmesinden sonra gelişme sıcaklığı, yağ asidi kullanımını etkileyebilmektedir. Soğuk sularda C22:6 büyük oranda alıkonulmaktadır. Düşük sıcaklıklarda embriyoların, hücre zarı yağ asit kompozisyonlarında uygun ayarlamalar yapma kapasiteleri gelişimle beraber artmaktadır (Wiegand ve ark., 1991; Buddington ve ark., 1993; Schwalme, 1994; Sargent, 1995).

Yumurtadan elde edilen yağ asitleri, gelişmekte olan balık embriyolarında ve larvalarında hem enerji kaynağı hem de yapısal bileşenler olarak hizmet etmektedirler. Triaçilgliserollerin salmonidlerin yumurtalarında çok bulunan lipid bileşenleri olduğu ve fosfolipidlerin yavru balıkların yapısal bileşenlerinde büyük bir rol oynadığı belirlenmiştir. Triaçilgliserollerin, yavru yumurtadan çıktıktan kısa bir süre sonra, bütün yumurtanın emilimine kadar oldukça sabit bir oranda azalmaya başladığı saptanmıştır. Bu azalışın nedeni, triaçilgliserollerin enerji kaynağı olarak kullanılmasına bağlanmaktadır (Ando, 1962; Turner ve ark., 1968).

Doymamışlık dereceleri ne olursa olsun, katabolize edilen nötral lipid yağ asitleri, en çok bulunanlar olmaktadır. Bu önemli olmaktadır çünkü, doymuş yağ asitleri (C16:0 ve C18:0) ve tek çift bağlı doymamış yağ asitleri (C18:1 $\omega$ 9 ve C16:1 $\omega$ 7)'nin aksine aşırı doymamış yağ asitleri balıklar tarafından sentez edilememektedir ve besin ile sağlanmak zorundadır. Bu yağ asidi sınıfı birçok türün larvaları için temel besin olarak düşünülen uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitleri olan C22:6 $\omega$ 3 ve C20:5 $\omega$ 3 asitlerini içermektedir (Owen ve ark., 1972; Kanazawa, 1985; Sargent ve ark., 1989; Izquirdo ve ark., 1989; Koven ve ark., 1990; 1992).

Alabalıkların yumurtalarında başlangıçta çok az karbonhidrat bulunmaktadır. Ancak, bunun yumurta açılmadan önceki embriyonik safhada arttığı belirlenmiştir. Gelişim sırasında gerekli olan enerjinin büyük bir çoğunluğunun lipidlerden sağlandığı ve yumurta vitellusunun absorpsiyonu ile birlikte her yumurta için bu oranın 68 kalori olduğu saptanmıştır. Proteinlerin enerji açısından 45.9 kalorilik bir katkı sağladığı görülmüştür. Alabalık türleri

arasında, yumurta vitellusunda mevcut proteinin % 60 - 63'ü enerji kaynağı olarak kullanılırken, lipidlerin % 16 - 40'ı enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Gelişme için duyulan enerji gereksiniminin yaklaşık 80 kalori ve metabolik yanma için 114 kalori olduğu saptanmıştır. Yumurtanın içerdiği enerjinin yaklaşık % 40'ı embriyonun büyümesinde harcanmaktadır. Kalan % 60 ise osmoregülasyon, salgı, dolaşım ve hareket gibi aktivitelerde kullanılmaktadır (Lagler ve ark., 1967).

Yumurtaların yağ asit bileşenleri balıklardaki genel durumu göstermektedir. Fosfolipidler aşırı doymamış yağ asitlerince zenginken, nötral lipidler tek çift bağlı doymamış yağ asitlerince zengindir. Polar lipidler hücre zarlarında yapısal bileşenler olmasına rağmen, yumurta nötral lipidleri normalde embriyo için enerji kaynağı olarak görülmektedir. Nötral lipidlerde yoğun olarak bulunan tek çift bağlı doymamış yağ asitleri katabolizma için tercih edilen substratlar olmaktadır. Gelişme esnasında nötral lipid miktarı değişmezken, yağ asit profili değişmektedir. Tek çift bağlı doymamış yağ asitleri ve 18:2 $\omega$ 6 azalırken, nötral lipidlerdeki birkaç aşırı doymamış yağ asidi oranları özellikle 22:6 $\omega$ 3, 20:5 $\omega$ 3 ve 20:4 $\omega$ 6 artmaktadır. Bu durum, larvalarda fosfolipid hidrolizinden açığa çıkan aşırı doymamış yağ asitlerini alıkoyan bir mekanizmanın olduğunu göstermektedir. Yakıt olarak kullanılan ve fosfolipid katabolizması sonucu oluşan fosfat ve kolin, intermedier metabolizmada ve makromolekül ile nörotransmitter sentezinde kullanılmaktadır (Henderson ve Tocher, 1987; Wiegand ve ark., 1991; Sargent, 1995; Wiegand, 1996).

Nötral lipidlerin, genellikle deniz balıkları yumurtalarında en önemli enerji kaynağı olduğu bilinmektedir. Bunu proteinler izlemektedir. Son yapılan araştırmalar, deniz balıkları yumurtalarında endojen enerji kaynağı olarak bir serbest amino asit havuzu olduğunu göstermektedir. Yeni bırakılmış pelajik yumurtalarda serbest amino asit havuzu miktarı, toplam amino asit miktarının % 20-40'ını oluşturmaktadır ve serbest amino asitler yumurta sarısı kesesine yerleşmiş bulunmaktadır. Ayrıca yapılan metabolik çalışmalar, deniz balıklarının embriyogenezisi esnasında serbest amino asitlerin enerji metabolizmasında substrat olarak önemli bir role sahip olduklarını göstermektedir (Vetter ve ark.,

1983; Blaxter, 1988; Fyhn, 1989; 1990; Ronnestad ve ark., 1992 a; b; 1993; Ronnestad ve Fyhn, 1993; Ronnestad, 1993 ).

Birçok balık türü embriyosu farklı beslenme ve solunum ilişkisine sahiptir. Bu durum, yavrunun canlı doğmasına ya da yumurtadan çıkmasına bağlı olarak değişmektedir. Suyu bırakılan yumurtalarda gelişen embriyolar, beslenmeleri açısından tamamen yumurta sarısına bağlıdırlar. Suyu bırakılan yumurtaların kabukları, suya maruz kaldığı için su alarak şişmektedir. Böylece kabuk ve gelişmekte olan yumurta arasında daha fazla alan sağlanmaktadır. Birçok tür, bir yada daha fazla yağ damlasını yumurta sarısında bulundurmaktadır. Küçük yağ damlacıkları birleşerek büyük bir yağ damlası oluşturur. Bu yağ damlaları yapısal madde, enerji kaynağı olarak kullanılmakta ve su üzerinde kalmaya hizmet etmektedir (Lagler ve ark., 1967; Krieger ve Fleig, 1999).

Yumurta sarısının içerdiği bazı yağ asitlerinin kullanımının balıklarda farklılık gösterdiği belirlenmiştir. *Clupea harengus* L., *Gadus morhua* L. ve *Carassius auratus* L. gibi balıkların yumurtalarında nötral lipid miktarı çok azdır ve yağ damlaları bulundurmazlar. Bu tür balıkların gelişimi esnasında, fosfolipidler enerji sağlamak amacıyla katabolize edilir ve fosfolipidlerin hidrolizinden açığa çıkan yağ asitlerinin bazıları nötral lipidlerde bulunan tek çift bağlı doymamış yağ asitleri ile değiştirilerek stoklanmaktadır. *Salmo salar* gibi yumurtaları fazla miktarda nötral lipid içeren balıklar gelişme esnasında nötral lipid ve fosfatidilkolini birlikte katabolize etmektedir. Polar lipidlerdeki C22:6 ve C20:4'ün tercihli olarak alıkonulduğu gözlenmiştir. Ancak, nötral lipidlerdeki yağ asitleri katabolizmasının büyük ölçüde seçici olmadığı görülmüştür. *Sparus aurata* L. yumurtalarında, farklı nötral lipid damlalarına rastlanmıştır. Bu nötral lipidlerinin kullanılmasının, yumurta sarısı lipoproteininin tükenmesinin ardından yani yavruların yumurtadan çıkışı ile başladığı saptanmıştır. *Sparus aurata* L.'nin gelişimi esnasında, polar lipidlerdeki C22:6 miktarının korunduğu ve yağ asitleri katabolizmasında C22:6 yada diğer yağ asitlerinin alıkonulmasının büyük ölçüde seçici olmadığı görülmüştür (Cowey ve ark., 1985; Ronnestad ve ark., 1994).

Yumurtadan çıktıktan sonra, yumurta sarısındaki yağ damlasının emilim hızında meydana gelen artış, yağ damlasından elde edilen lipidlerin *Sparus aurata*

larvalarının gelişimi esnasında en önemli enerji maddesi olduğunu göstermiştir. Yumurtadan çıktıktan sonra yağ damlasından elde edilen nötral lipidlerin yağ asitlerinin ilk yemlemeye kadar, aerobik enerjinin önemli substratları olduğu saptanmıştır (Rønnestad ve ark., 1994).

Kemikli balıklarda embriyonik ve larval gelişme esnasında, yumurta sarısından elde edilen bazı yağ asitleri tercihli olarak katabolize edilirken, diğerleri larval dokularda yine tercihli olarak yapısal lipidlere dönüştürülmektedir. Yumurta sarısının bazı yağ asitleri, ayrıca zincir uzaması ile aynı seri içinde diğer yağ asitlerine dönüştürülebilmekte yada yeni yağ asitlerinin bir sonraki denovo sentezi için asetata katabolize edilmektedir (Wiegand ve ark., 1991).

Cowey ve ark. (1985), *Salmo salar*'da dölleme, gözlü safha (50 günlük), keseli yavru (98 günlük) ve serbest yüzen yavruda (138 günlük) lipid sınıflarının ve yağ asitlerinin analizlerini yapmışlar ve gelişme esnasında triaçilgliserol düzeylerinin önemli derecede azaldığını, buna karşın yağ asit kompozisyonlarında çok az bir değişimin olduğunu tespit etmişlerdir. Fosfatidilkolinin döllemiş yumurtalarda baskın bulunan polar lipidler olduğunu, gelişme esnasında tercihli olarak kullanıldıklarını ve böylece serbest yüzen yavruda fosfatidilkolin /fosfatidiletanolamin oranının balık kasında bulunan orana yaklaştığını saptamışlardır. Polar lipidlerdeki C22:6 ve C20:4 miktarlarının serbest yüzen yavruda, döllemiş yumurtalarda bulunan miktarlarından daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Salmonidlerin (Hayes ve ark., 1973; Atchison, 1975; Cowey ve ark., 1985), *Clupea harengus* (Tocher ve ark., 1985 a), *Gadus morhua* (Fraser ve ark., 1988), ve *Sparus aurata*'nın (Koven ve ark., 1989; Mourente ve Odriozola, 1990) gelişimi esnasında C22:6 $\omega$ 3'ün tercihli olarak alıkonulduğu gösterilmiştir.

*Carassius auratus* L.'de gelişme esnasında, tek çift bağlı doymamış yağ asitleri oranları azalırken, doymuş yağ asitleri, C20:4 $\omega$ 6 ve C22:6 $\omega$ 3 oranları karkas dokulara depolanmaları nedeniyle artmaktadır. *Carassius auratus* L. embriyoları ve larvalarında nötral lipidlerin yağ asit profilindeki değişimler, yumurta sarısı fosfolipidlerinin katabolizması sonucu oluşan yağ asitlerinin tüketimini önlemektedir. Fosfolipidlerin yıkılması esnasında serbest kalan C20:4,

C20:5 ve C22:6 gibi yağ asitleri, tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinin yerini alarak nötral lipidlerde toplanmaktadır. Gelişmekte olan embriyo ve larvalar tarafından bu yağ asitlerinin nötral lipidlere transferi, bunların geçici olarak depolanmasını sağlamaktadır. Bu yağ asitleri daha sonra yapısal ve diğer amaçlar için harekete geçirilmektedir (Wiegand ve ark., 1991; Wiegand, 1996). *Carassius auratus* L.'nin larval gelişiminde görülen bu durum *Clupea harengus* L. ve *Gadus morhua* L.'nin gelişiminde de görüldüğü belirlenmiştir. *Clupea harengus* L. gelişme esnasında fosfatidilkolini tüketerek C22:6'yı somatik nötral lipide transfer etmiştir. *Gadus morhua* L. de ise fosfatidilkolin tüketilerek C22:6 ve C20:4 nötral lipide transfer edilmiştir (Tocher ve ark., 1985 a; b; Fraser ve ark., 1988).

$\omega$ 3 yağ asitleri balıkların gelişiminde ve büyümesinde önemli bir rol oynamaktadır. C22:6'nın özellikle fosfolipidler için anahtar bir bileşik olduğu ve fosfolipidlerdeki yüzdesinin (% 32.2), triaçilgliserollerde bulunan yüzdesinden (% 16.5) daha yüksek olduğu saptanmıştır (Ando, 1962; Lee ve ark., 1967).  $\omega$ 3 aşırı doymamış yağ asitlerinin somatik nötral lipidlerde geçici olarak depolanması *Esox lucius* L.'nin erginlerinde de görülmüştür. *Esox lucius* L.'de yumurtaların oluşmasından ve vitellogenesisizden önce somatik dokularda depolanmaktadır (Schwalme ve ark., 1993).

Petersen ve ark. (1986), *Hippoglossus hippoglossus*'dan elde ettikleri yumurtaların lipid sınıflarını ve yağ asidi kompozisyonlarını incelemişler ve nötral lipidlerin % 30, polar lipidlerden fosfatidilkolinin % 62 ve fosfatidiletanolaminin ise % 7 oranında bulunduğunu saptamışlardır. Nötral lipidlerin yağ asit bileşiminin % 21 doymuş yağ asitlerinden, (ağırlıklı olarak C16:0), % 55.8 tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden, (çoğunlukla C16:1 izomerleri) ve % 20 aşırı doymamış yağ asitlerinden oluştuğunu tespit etmişlerdir. Polar lipidlerin yağ asit bileşiminin ise % 28 doymuş yağ asitleri (özellikle C16:0), % 19 tek çift bağlı doymamış yağ asitleri (özellikle C18:1 izomerleri) ve % 48 aşırı doymamış yağ asitleri (çoğunlukla C20:5 ve C22:6) olduğu bulunmuştur. Aşırı doymamış yağ asitlerinin % 44'ü  $\omega$ 3 izomerlerinden oluşmuştur.

Deniz ekosistemi ile karşılaştırıldığında tatlısu ortamının düşük besin düzeyinde uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitleri daha az elde edilebilmektedir (Sargent ve ark., 1989; Dembitsky ve ark., 1992; Ahlgren ve ark., 1994). Deniz kemikli balıklarının yumurta lipidleri aşırı doymamış yağ asitlerince zengindir. Birçok deniz balığının larvaları C20:5 $\omega$ 3 ve C22:6 $\omega$ 3 gibi  $\omega$ 3 formu yağ asitlerine gereksinim duymaktadır. Bu yağ asitleri, özellikle C22:6, balık larvalarının normal gelişimi için hücre membranlarının, görsel ve sinirsel fonksiyonların oluşumunda artmaktadır. *Clupea harengus* L. de dahil birkaç türün yumurta fosfolipidlerinde yağ asitlerinin yaklaşık % 50'sini aşırı doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır ve bunun % 94'ü  $\omega$ 3 izomerleri şeklinde bulunmaktadır. Nötral lipidlerdeki aşırı doymamış yağ asitleri, toplam yağ asitlerinin % 37'sini kapsamaktadır ve yine bu yüzdenin çoğunluğunu  $\omega$ 3 izomerleri oluşturmaktadır. Bu sonuçlar gelişmekte olan embriyo ve yeni çıkmış larvaların  $\omega$ 3 aşırı doymamış yağ asitlerinin yüksek düzeylerine gereksinim duyduklarını göstermektedir (Lasker ve Theilacker, 1962; Ackman ve Burgher, 1964; Kaitaranta, 1980; Eldridge ve ark., 1983; Tocher ve Sargent, 1984; Tocher ve ark., 1985 a; Mourente ve Vazquez, 1996).

Oldukça kısa inkübasyon periyotlarına sahip olan kemikli balıkların (20 güne kadar, örneğin; *Gadus morhua*, *Melanogrammus aeglefinus*, *Merlangus merlangus*, *Pollachius virens* ve *Clupea harengus*, L.) yumurtalarındaki fosfolipidler, total lipidlerin % 62 - 72' sini oluşturmaktadır. Fosfatidilkolin, total fosfolipidlerin % 63 - 83'ünü oluşturan en önemli fosfolipid sınıfıdır. Bununla beraber, oldukça uzun bir inkübasyon periyoduna sahip olan deniz kemikli balıkları (20 günün üzerinde, örneğin; *Ammodytes lancea* ve *Mallotus villosus*) yumurtaları oldukça yüksek düzeyde nötral lipidlere (triacilgliserol) sahip olmaktadır. Bunlarda triacilgliseroller, total lipidlerin % 77' sini oluşturmaktadır. Bu durum, oldukça kısa inkübasyon periyotlarına sahip olan deniz kemikli balıkları yumurtalarında, lipidlerin büyük bir kısmının gelişme esnasında enerji üretiminden ziyade biyomembranların oluşumunda kullanıldığını göstermektedir (Tocher ve ark., 1985 b).

Gelişme esnasında nötral lipidlere transfer edilen aşırı doymamış yağ asitleri,  $\omega 3$  ve  $\omega 6$  formu yağ asitleridir. C22:6 miktarsal olarak en önemli yağ asididir ve hücre zarlarında, özellikle sinir dokuda önemli yapısal role sahiptir. C20:4 balıklarda en önemli eikosanoidlerin ön maddesidir ve doğal tatlısu balıklarının doku fosfolipidlerinde ve mitokondri zarlarındaki önemi büyüktür. C20:5 yapısal lipidlerde göze çarpmaktadır. C20:4'ten elde edilen eikosanoidlerin üretimi duruma göre değiştirebilmektedir ve C22:5 $\omega 6$  ve C22:5 $\omega 3$  ile birlikte soğuğa karşı membranların adaptasyonunda önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca C20:5 ve C22:5 $\omega 3$ , C22:6'ya dönüştürülebilmektedir (Wodtke, 1978; Hazel, 1979; Sellner ve Hazel, 1982; Ackman ve Takeuchi, 1986; Schwalme ve ark., 1993; Sargent, 1995).

Wiegand (1996), *Carassius auratus* L.'de yaptığı bir çalışmada yumurta total lipidinin % 31.2'sini nötral lipidlerin, % 60.6'sını ise fosfatidilkolin ve fosfatidiletanolamin'in oluşturduğunu göstermiştir. Yumurtaların fosfatidilkolin + fosfatidiletanolamin toplamının  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitlerince (özellikle C22:6) zengin olduğu ve tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinin düşük bir orana sahip olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan nötral lipidlerin tek çift bağlı doymamış yağ asitlerine (özellikle C18:1 $\omega 9$ ) yüksek oranda sahip olduğu ve aşırı doymamış yağ asitleri ( $\omega 3$  formu) oranının düşük olduğu görülmüştür.

Tocher ve ark. (1985 a), *Clupea harengus* L.'nin olgun yumurtalarındaki fosfolipidlerin total lipidin yaklaşık % 70'ini içerdiğini ve yumurta kesesi absorpsiyonu safhasına kadarki gelişme periyodu esnasında fosfolipid miktarında net bir azalma olduğunu göstermişlerdir. Fosfolipidlerdeki bu azalmanın, önemli bir fosfolipid sınıfı olan fosfatidilkolin tüketiminden dolayı olduğunu ve azalmanın yağ asidi sağlamanın yanı sıra nükleik asit sentezini de içeren ara metabolizmalar için inorganik fosfat sağladığını belirtmişlerdir. Fosfatidilkolinin, başlangıçta total lipidin yaklaşık % 58'inden sorumlu olduğunu, ayrıca önemli nötral lipidlerin kompozisyonundaki belirgin değişimlerin de bu periyot esnasında meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Bu balıkların gelişiminin larval evresinde fosfatidiletanolaminin azaldığı saptanmıştır.

Fraser ve ark. (1988), *Gadus morhua* L.'de embriyogenez esnasında, fosfatidilkolinin azalan tek lipid sınıfı olduğunu belirlemişlerdir ve yine embriyolarda fosfatidiletanolaminin, yumurtadan çıkmadan 8 gün önce ve yumurtadan çıktıktan 7 gün sonra arasında % 56 arttığını saptamışlardır. Nötral lipidlerin katabolizması, yumurtadan çıktıktan sonraki ilk hafta esnasında başlamış ve nötral lipid kullanım oranı, larvalar yumurta keselerini tamamen absorbe ettikten sonra artmıştır. Triaçilgliserol miktarı embriyogenez esnasında sabit kalmıştır. Triaçilgliseroldeki C22:6 $\omega$ 3 yüzdesi bu periyot esnasında artmıştır. Fosfatidilkolin katabolizması sonucunda serbestleşen C22:6 $\omega$ 3, triaçilgliseroller ve sterol esterlerine aktarılmıştır.

Olgun balık yumurtalarının fosfolipid ve özellikle fosfatidilkolin içeriği oldukça değişmektedir. Salmon yumurtalarındaki triaçilgliserollerin yüksek oranda olması, salmonidlerin karakteristiği olan uzun embriyogenik periyotları esnasında bu lipidleri, metabolik enerji kaynağı olarak kullandığını göstermektedir. *Striped bass*'ın yumurta ve larvalarındaki lipid metabolizması oldukça farklıdır. Yüksek miktardaki nötral lipid, kısa süren embriyonik periyot esnasında korunmakta ve daha sonra larval gelişimin ilk 25 günü boyunca enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Buda, balık yumurtalarında nötral lipidin yüksek miktarda oluşu, uzun süren embriyonik ve larval gelişimde kullanılacak enerjinin ön maddesi olduğunu göstermektedir. Buna karşın nötral lipid miktarı az olan *Clupea harengus* L. ve *Gadus morhua* L. yumurtalarında, nötral lipidler erken larval gelişim sırasında kullanılmak üzere embriyogenesiz esnasında korunmaktadır (Kaitaranta ve Ackman, 1981; Eldridge ve ark., 1982; Tocher ve Sargent, 1984; Cowey ve ark., 1985).

Deniz balıklarında önemli bir bileşen olan fosfatidilkolin, gelişmekte olan embriyolar için C20:5 $\omega$ 3 ve C22:6 $\omega$ 3 yağ asitlerinin önemli kaynağını oluşturmaktadır. Genel olarak, fosfatidilkolin embriyogenezin sonlarında ve larval gelişimin erken dönemlerinde önemli olmaktadır (Watanabe, 1982).

Atchison (1975), *Salvelinus fontinalis* ile yaptığı bir çalışmada keseli yavruların yağ asit bileşenlerinin gelişim esnasında önemli değişimlere uğradığını belirlemiştir. Keseli yavruların, kese ve yavru kısmının analiz sonuçlarından,



yavruda doymuş yağ asitleri yüzdesinin (C14:0, C16:0 ve C18:0) yumurtadan çıktıktan sonra arttığını gözlemiştir. Diğer önemli artışın C22:6'nın yüzdesinde olduğunu, C18:1 ve C18:2'nin yavruda belirgin bir azalış gösterdiğini saptamıştır. Yavru balıkta C16:0 ve C22:6'nın, kesedeki yumurta sarısındakinden daha yüksek yüzdede bulunduğunu, gelişimle beraber arttığını gözlemiştir. C18:1 ve C18:2'nin özellikle kesedeki yumurta sarısında alıkonulduğunu saptamıştır. Hayes ve ark. (1973), *Salmo gairdnerii*'nin keseli yavrularında, gelişimle beraber C18:1'in kesedeki yumurta sarısında ve C16:0 ile C22:6'nın yavru balıkta daha fazla bulunduğunu göstermiştir.

Tandler ve ark. (1989), *Pagrus major* larvalarında açlığın, lipid profiline ve yağ asitlerine etkisini araştırmışlar ve 5 gün aç bırakılan larvalarda yağ asitleri, polar lipidler ve nötral lipidlerin büyük oranda düşüş gösterdiklerini saptamışlardır. Bu düşüşün, nötral lipidlerde 22.4 mg/g'dan 7.7 mg/g'a (larva ağırlığının), triaçilgliserollerde 21 mg/g'dan 1 mg/g'a olduğunu tespit etmişlerdir. Bu periyot esnasında, fosfolipidlerdeki düşüşün 5.3 mg/g'dan 4.1 mg/g'a olduğunu saptamışlardır. Fosfolipidlerin en önemli bileşeninin fosfatidilkolin ve fosfatidiletanolamin olduğunu, yağ asitleri arasında en çok düşüşü doymuşlarda ve tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinde gözlemiştir. Aynı periyotta  $\omega$ 3 aşırı doymamış yağ asitlerindeki kaybın (5.4 mg/g'dan 3.5 mg/g'a) çok az olduğunu ve bu yağ asitlerinin korunduğunu belirtmişlerdir.

Koven ve ark. (1989), *Sparus aurata* larvalarının açlıkta ve beslenmede lipidlere ve  $\omega$ 3 yağ asitlerine olan gereksinimlerini araştırmışlar ve her iki grupta da polar lipidlerde çok az bir azalmanın nötral lipidlerde ise önemli bir azalmanın olduğunu belirlemişlerdir. Aç bırakılan balıklarda total lipid nötral ve polar lipidlerdeki yağ asitleri kaybının sırasıyla  $\omega$ 6,  $\omega$ 9,  $\omega$ 3 şeklinde olduğunu, beslenen balıkların polar lipidlerinde ise bu eğilimin  $\omega$ 3,  $\omega$ 9 ve  $\omega$ 6 şeklinde olduğunu göstermişlerdir. Açlık esnasında 22:6 $\omega$ 3, 20:5 $\omega$ 3'den daha güçlü bir şekilde korunduğunu ancak, beslenenlerde bu yağ asidinin daha çok kullanıldığını saptamışlardır. Triaçilgliserollerin, larvalara depolanmış enerji kaynağı olarak sunulduğunu ve genellikle açlık esnasında katabolize edildiğini, polar lipidlerin ise hücre zarlarında yapısal bir rol oynadığını ve tercihli olarak korunduğunu

belirtmişlerdir. Beslenen balıkların polar lipidlerindeki  $\omega 3$  yağ asitlerinin öncelikli olarak kullanılmasının, hızlı büyüme esnasında membranların  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitlerine olan yoğun gereksiniminden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Ibeas ve ark. (1996), genç (olgunlaşmamış) *Sparus aurata*'da (ortalama  $11.5 \pm 0.2$  g ağırlığında), besindeki  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitleri düzeylerinin büyüme ve çeşitli dokuların yağ asit kompozisyonlarına etkilerini araştırmak amacıyla, farklı düzeylerde  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitlerini içeren besinlerle sekiz hafta balıkları beslemişlerdir. Solungaç, karaciğer, kas ve beyinden elde edilen nötral ve polar lipidlerde C16:0, C18:1 $\omega$ 9 ve  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitlerinin en çok bulunan doymuş, tek çift bağlı doymamış ve aşırı doymamış yağ asitleri olduğunu saptamışlardır. Balıkları,  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitleri oranı (% 0.19) çok düşük besinlerle beslediklerinde nötral lipidlerde bulunan C20:5 ve C22:6 yağ asitlerinde önemli bir azalma, polar lipidlerde ise bu yağ asitlerindeki azalmanın bütün dokularda çok az olduğunu belirlemişlerdir. Bu balıklarda, C20:5 ve C22:6 asitlerin nisbi kaybının, solungaç, kas ve karaciğer nötral lipidlerinde benzer olduğunu, polar lipidlerdeki bu değerlerin ise sadece kas ve karaciğerde aynı olduğunu göstermişlerdir. Büyüme ve besin değerinin, % 1 oranında  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitlerini içeren besinlerle beslenen balıklarda yüksek olduğu, oranın % 1'den % 1.5 düzeyine yükseltilmesi durumunda büyüme ve besin değerinin olumsuz yönde etkilendiği saptanmıştır. Bu sonuçlardan, 11 - 30 g ağırlığındaki *Sparus aurata*'ların  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitleri gereksiniminin, kuru besinin en az % 1'ini oluşturması gerektiği belirlenmiştir.

Balıklarda gerek inkübasyon periyodu, gerekse onu izleyen gelişme periyodu, türlere göre değiştiği gibi aynı tür içinde ortam koşullarına göre de değişmektedir. Yumurtaların gelişmelerinde en önemli çevre faktörleri; su sıcaklığı, oksijen, ışık ve suyun temizliğidir. Su sıcaklığının yükselmesi embriyonal gelişmeyi hızlandırmakta ve çıkış süresini kısaltmaktadır. Buna karşın yavru büyüklüğü azalmaktadır. Optimum sıcaklık türlere göre değişmektedir. Sıcaklıkta meydana gelen çok fazla yükselme ve düşüşler yada ani değişimler yumurtaların ölümüne neden olmaktadır. Suda oksijenin az olması embriyonal

gelişmeyi uzatmaktadır. Bununla birlikte embriyonun oksijen gereksinimi gastrulasyona kadar vitellus ve özellikle perivitellin sıvısında depo edilmiş oksijenden karşılandığından, ortamdaki oksijen eksikliği, daha sonraki gelişme sırasında laktik asit oluşumu nedeniyle gelişmeyi geciktirmektedir. Ayrıca ortamda bulunan 30 ppm'den daha yüksek yoğunluktaki karbon dioksit ve 1.5 ppm'den daha yüksek yoğunluktaki amonyağın zehirleyici etkisi olduğu saptanmıştır (Lagler ve ark., 1967; Demir, 1992; Çelikkale, 1994).

Wiegand ve ark. (1989), soğuk şartlar altında yapılan inkübasyonun *Carassius auratus* L. larvalarının gelişimine nasıl etki ettiğini araştırmışlardır. 22 °C sabit sıcaklık altındaki inkübasyon ile karşılaştırıldığında, 13 °C sıcaklığa maruz kalan *Carassius auratus* L. embriyo ve larvalarında, anormal gelişimler gözlemlenmiştir. Bazı durumlarda yumurtadan çıktıktan sonra yavruların yaşama yeteneklerinde bir azalma tespit edilmiştir. Yumurta veren dişinin ve döllenmiş yumurtaların sıcaklığına bakılmaksızın, yumurtalar 13 °C de inkübe edildiğinde, düşük sıcaklıktaki bu inkübasyon şartlarının özellikle sağlığa zararlı olduğunu belirtmişlerdir. 22 °C den 13 °C ye geçirilen embriyolarda gelişimsel anormalliklerin önemli ve bir hayli sık oluştuğunu yumurta döllendikten sonra 6., 24., 128. ve 175. saatlerde gözlemlenmiştir. 22 ve 13 °C sıcaklıklar arasındaki değişimlerin etkisinde kalan embriyo ve larvaların, düşük sıcaklıkta 5 saat tutulmasıyla gelişime bağlı anormalliklerde bir artışın olduğunu saptamışlardır. Bu sonuçların, *Carassius auratus* L. embriyo ve larvalarının termal gereksinimlerinin, suyun yeterince ısınmasına kadar yumurtanın oluşumu ve yumurtlamada gecikmeyi zorunlu kıldığını göstermiştir.

Desvilettes ve ark. (1997), *Esox lucius* L. ile yaptıkları bir çalışmada embriyonik ve larval gelişim hızının, su sıcaklığına bağlı olduğunu belirlemişlerdir. 15.5 °C su sıcaklığında embriyonik safhanın kısa olduğunu ve bu gelişim esnasında yoğun bir lipid tüketimi olduğu gözlemlenmiştir. Yumurtaların lipid içeriğinde % 41.3'lük bir azalmanın meydana geldiği saptanmıştır. Bu azalma fosfatidilkolin miktarında % 41.4, sterol esterlerde % 41.2 ve triaçilgliserollerde ise % 58.1 oranında gerçekleşmiştir. Bunun yanında fosfatidiletanolamin miktarında ise % 35.6'lık bir artış belirlenmiştir. Yumurta

kesesinin absorpsiyonuna kadar lipidlerde sınırlı bir kullanım gözlenmiş, ancak kesedeki fosfatidilkolinin seçici olarak larval vücuda aktarıldığı gözlenmiştir. Hava kesesi dolduğunda ve yüzme safhasına ulaşıldığında, yumurta sarısı tamamen tüketilmiş ve yumurta sarısı triaçilgliserollerile birlikte fosfatidilkolinin de katabolize edildiği saptanmıştır. Yumurta sarısı fosfatidiletanolamin ve sterol esterlerinin kısmen vücut lipidleriyle birleştirildiği belirlenmiştir. Daha sonraki serbest yüzen larval safhada, lipidlerde sabit bir azalma meydana gelmiştir. Hokanson ve ark. (1973), 15 °C yada daha yüksek sıcaklıklarda inkübe edilen *Esox lucius* L. yumurtalarının embriyonik gelişiminin hızlanmasından dolayı daha erken gelişerek yumurtadan çıktığını tespit etmişlerdir.

*Sciaenops ocellata* yumurtalarının, yüksek inkübasyon sıcaklığından dolayı çok hızlı geliştiği ve bu esnada lipidlerin katabolize edildiği saptanmıştır (Lindroth, 1946; Lillelund, 1967; Hokanson ve ark., 1973; Vetter ve ark., 1983).

Gelişme esnasında sıcaklığın optimumun üzerinde olmasının, embriyo tarafından proteinlerin yerine lipid kullanımını hızlandırdığı Ehrlich ve Muszynski (1982) tarafından saptanmıştır. Ayrıca *Sciaenops ocellata*'nın kısa olan embriyonik safhasının yüksek sıcaklıkta gerçekleşmesi, polar lipidlerle beraber nötral lipidleri de tükettiği Vetter ve ark. (1983) tarafından belirlenmiştir.

Wiegand ve ark. (1991), iki farklı sıcaklıkta gelişmekte olan *Carassius auratus* L. larvalarının yumurta sarısı yağ asitlerinin kullanımını araştırmışlardır. Yağ asidi analiz sonuçlarından larvaların, yumurtada mevcut olandan daha yüksek oranlarda C16:0, C18:0, C20:4 $\omega$ 6 ve C22:6 $\omega$ 3'ü dokularında bulduklarını saptamışlardır. 13 °C de yumurtadan yeni çıkmış larvalarda aşırı doymamış yağ asitleri oranlarının, 22 °C deki larvalardan daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Desvilettes ve ark. (1997), *Esox lucius* L.'nin keseli yavrularında total lipid oranındaki değişimin iki safhada gerçekleştiğini düşünmüşlerdir. İlk ana safhayı, yumurtadan çıktıktan sonra yumurta kesesi kuru ağırlığının, yumurta kesesi lipidlerinin azalmasından çok daha hızlı şekilde düşmesi ile belirlemişlerdir. Bu safhayı, protein ve serbest amino asitler gibi diğer endojen kaynakların kullanılması ve yumurta kesesi lipidlerinin çok az tüketilmesiyle karakterize etmişlerdir. *Esox lucius* L.'de bu periyot, yapışan salgılarıyla objelere tutunan ve

inaktif kalan keseli yavruları içermektedir. İkinci safhayı ise, larvaların yüzmeye başladığı ve hava keselerini doldurmalarıyla belirlenen dönem olarak göstermişlerdir. Vücut ve yumurta kesesi lipid içeriğinin ilk safha esnasında sabit kaldığını, ikinci safhada yumurta sarısı total lipidlerinin, hareket esnasında kullanılan enerjinin üretiminde kullanıldığını saptamışlardır.

*Theragra chaleogramma* larvalarında, hava kesesinin dolmasıyla birlikte katabolizmanın artması, hassas bir safha olarak belirlenmiştir. Hava kesesinin dolması, serbest yüzme safhasının görülmesiyle birlikte olmaktadır. Buda, balık larvalarında enerji harcanmasındaki artış ile aynı anda gerçekleşmektedir (Dabrowski ve ark., 1984; Tsukamoto ve Kajihara, 1984; Quessada, 1987; Fraser ve ark., 1988; Davis ve Olla, 1992; Rønnestad ve ark., 1994). Lasker (1962), Pasifik *Sardina pilchardus* larvalarının, keseli safhanın bitiminde enerji darlığına düştüklerini ve aynı zamanda doku emiliminden dolayı ağırlıklarında azalma olduğunu tespit etmiştir.

Yemlemenin başlaması balık larvalarında en hassas safha olarak kabul edilmektedir ve bu safha, vücut ölçüleri büyük olan larvalar tarafından daha iyi tolere edilmektedir. İlk planktonik avı yakalama yeteneği, yumurtadan çıktığında büyük ölçülü olan larvalarda daha yüksek olmaktadır. Avlanmaya olan direnç de büyük larvalarda daha iyi olmaktadır. Balık larvaları ölçülerinin, yumurta sarısı miktarı ve embriyonik gelişim esnasında kullandığı endojen besinler ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yumurta sarısının embriyonun gereksinimlerini karşılamada uygun olduğu ve lipid bileşikleri, aşırı doymamış yağ asidi depolarının embriyo gelişiminde ve sonraki larval yaşamda en önemli faktör olduğu bilinmektedir (Ryland, 1963; Eldridg ve ark., 1983; Drost, 1987; Fraser ve ark., 1987; Moodie ve ark., 1989; Desvilettes ve ark., 1997).

*Stizostedion vitreum* yumurtalarındaki aşırı doymamış yağ asitleri düzeyinin, vücut ölçüsünde ve larvaların hayatta kalmalarında önemli bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Moodie ve ark., 1989).

Knox ve ark. (1988), *Salmo gairdnerii* dişilerini, yumurtlama periyodundan önce bir yıl boyunca, ticari yemle, yarım (günlük, balığın vücut ağırlığının % 0.35'i) ve tam (günlük, balığın vücut ağırlığının % 0.7'si) besinle

beslemişler ve her bir grup dişi tarafından üretilen yumurtaların embriyonik gelişimi sırasında gözlü yumurta, keseli yavru ve serbest yüzen yavru örneklerinin yağ asidi analizlerini yapmışlardır. Yarım besin ile beslenen balıkların ürettiği yumurtaların, tam besin ile beslenen balıkların yumurtalarından önemli ölçüde küçük olduğunu saptamışlardır. Günlük tam besin verilen anaçlardan elde edilen yumurta ve yavruların, önemli ölçüde ağır olduğunu belirlemişlerdir. Gözlü yada keseli safhada her iki grup arasında önemli farklar tespit edilememiştir. Ancak serbest yüzme safhasında, hem protein hem de lipid düzeylerinin, günlük tam besin verilen anaç balıklardan elde edilen yavrularda önemli ölçüde fazla olduğunu bulmuşlardır. Bu sonuçlardan, yumurta kesesinin absorpsiyonu ile yemlemenin başlaması arasındaki periyodun, yarım besinle beslenen dişilerden elde edilen yavrular için kritik bir safha olduğu ortaya çıkmıştır.

Deniz ve tatlısu balıklarının erken larval safhalarda beslenmesine yönelik çalışmalar, larval beslenmenin iki ayrı safhada düşünülmesi gerektiğini göstermiştir. Bunlardan birincisi, yumurtadan gelen beslenme ile bağlantılı olmaktadır. Kalitatif ve kantitatif olarak yetersiz olan besinler, annenin verimliliğini ve yumurtaların yaşama oranını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca yumurtadan gelen besinin kalitesi, endojen enerji kaynaklarına bağlı olan larvaları larval gelişim periyodu boyunca direkt olarak etkilemektedir (Watanabe, 1982; Castell ve Kean, 1986; Luquet ve Watanabe, 1986).

Larval beslenmenin ikinci yönü, endojen beslenmeden eksojen beslenmeye geçişi izleyen larvaların gereksinimleriyle ilişkili olmaktadır. Balıklar, hayat döngülerinin larval safhasında açlığa oldukça hassas olmaktadır. Bu, özellikle endojen enerjinin küçük bir kaynağını (keseysi) taşıyan larvalar için daha da önemli olmaktadır. Genelde larval balıklar başlangıçta canlı yemle beslenmektedirler. Daha sonra bunun yerini yapay besinler almaktadır. Canlı yemin hazır bulunması ve kalitesi, larval büyümede ciddi sınırlamalar getirmektedir. Günümüzde birçok araştırma, ilk yemleme ve sonraki yemlemelerde optimum larval büyümeyi destekleyebilen yapay besinlerin gelişimine yönelmektedir (Kanazawa ve ark., 1985; Munk ve Kiørboe, 1985; Teshima ve ark., 1986 a; b; Fraser ve ark., 1987; 1988).

Şimdiye kadar yapılan araştırmaların çoğunda balıkların özellikle kas, karaciğer ve gonad gibi organların total lipid, lipid sınıfları ve yağ asitleri içeriğinin, beslenme, açlık ve sıcaklıkla olan değişimi ile üreme periyodu süresince çeşitli dokulardaki lipid ve yağ asidi miktarı ve metabolizması araştırılmıştır. Yurdumuzda bu konularda yapılmış olan çalışmalar oldukça sınırlıdır (Akpınar, 1986 a; b; 1987 a; b; Metin, 1992; Konar ve ark., 1999; Akpınar, 1999 b; Metin ve Akpınar, 2000). Bununla beraber balıkların embriyonik gelişimi ve sonrasındaki larval dönemle ilgili bilgilerin de yeterli olmadığı görülmüştür. Embriyonik ve erken larval gelişim sırasında meydana gelen biyokimyasal değişimlerin araştırılmasıyla beslenmeye geçilecek larvaların besinsel gereksinimleri muhtemelen belirlenmiş olacaktır. Bu konularda *Oncorhynchus mykiss* ile yapılan detaylı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Besin değerlendirilmesi ile ilgili yapılan mevcut çalışmalarda genellikle ergin yada genç balıklar kullanılmıştır. Yumurtadan çıktıktan sonra beslenmeye geçen larvaların besinsel gereksinimi konusunda da yeterince çalışmanın bulunmadığı yukarıda verilen genel bilgilerden anlaşılmaktadır.

Mevcut araştırma ile elde edilen verilerle, son zamanlarda gelişim gösteren biyokimyasal embriyoloji konusundaki araştırmalara katkı sağlanmış olunacaktır. Kültürü yapılacak balıkların yağ asidi bileşimlerinin belirlenmesi ve biyolojilerinin moleküler düzeyde aydınlatılması konusunda ve beslenmede kullanılacak besinlerin ne tip yağ asitlerini içermesi gerektiği hakkında bilgi sağlanmış olacaktır. Biyokimyasal araştırmaların ekonomik değeri olan balıklar ile yapılması, bu besinsel kaynaklardan daha iyi faydalanmamıza olanak verecektir. Ayrıca, böyle bir çalışmanın yetiştiricilik yapan kuruluşlar açısından da önemli olacağı kanısındayız.

Bu nedenlerle ülkemizde ekonomik değeri olan ve yetiştiricilik yapan kuruluşlar tarafından kültüre alınan *Oncorhynchus mykiss*'in ergin dişi ve erkekleri, olgunlaşmamış ve olgun yumurtalar, sperm, döllenenmiş yumurta (zigot), embriyonik safha, keseli yavru ve keselerin absorbe edilmesiyle beslemeye geçen yavru balıklar, erkek ve dişi ayırımı safhalarından yemeklik balık büyüklüğüne ulaşmış 200 - 250 g ağırlığındaki balıklarda yani *O. mykiss*'in tüm gelişim

evrelerinde yağ asidi bileşiminde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.



## 2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada kullanılan kuluçka havuzu ve ana havuzdaki suyun oksijen ve sıcaklık değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Araştırma süresince kuluçka havuzu ve ana havuzun oksijeni ve sıcaklığı bir yıl boyunca (Aralık 2000 – Kasım 2001), aylık olarak ölçülmüştür. Kuluçka havuzundaki yavrular Mayıs ayından sonra ana havuza aktarılmıştır.

**Tablo 1.** Denemelerde kullanılan kuluçka havuzu ve ana havuzdaki suyun oksijen ve sıcaklık değerleri

Aylar	Kuluçka Havuzu *						Ana Havuz *					
	Aralık (2000)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım (2001)
C°	9.0	9.5	10.0	10.5	10.0	10.0	12.0	13.5	13.0	12.0	10.5	9.0
O <sub>2</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	7.2	8.8	8.7	8.0	8.2	7.6	8.3	7.2	7.6	6.7	7.8	6.7

\*: Veriler üç tekrarın ortalamasıdır.

En yüksek sıcaklık değerine Temmuz ayında (13.5 °C) ulaşılmıştır. En düşük sıcaklık değeri ise (9.0 °C) Kasım ve Aralık aylarında kaydedilmiştir. En yüksek oksijen değeri kuluçka havuzunda Ocak ayında elde edilmiştir. Ana havuzda O<sub>2</sub> değerlerinin kuluçka havuzuna göre düşük, sıcaklık değerlerinin ise yüksek olduğu saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan kuluçka havuzu ve ana havuzdaki suyun pH değerleri 7 ile 7.5 arasında değişmiştir.

### 2.1. Materyal Seçimi ve Örneklerin Disekte Edilmesi

Bu çalışmanın bir bölümü Yeşilova Alabalık Üretim Tesisi'nde (Zarasıvas) yürütülmüştür. Araştırmanın başlangıcında olgun üç dişi ve üç erkek balık alınarak kas, karaciğer ve gonatlarından örnekler tespit edilmiştir. Her balığın karaciğer ve gonatları (ovaryum ve testis) disekte edildikten sonra, Avery Berkel marka hassas terazide bu organlardan birer gram alınarak kloroform/metanol (2/1)

karışımına konmuştur. Kas dokusu örnekleri, balıkların dorsal yüzgeç ile yan çizgi arasındaki bölgeden, deri yüzüldükten sonra birer gram olarak alınmıştır.

Balıkların sağımı sırasında (18.12.2000) yine üçer dişi ve erkek balık olmak üzere herbirinden birer gram olgun yumurta (yaklaşık 10 - 12 yumurta) ve sperm (balık sütü) örneği alınıp kloroform/metanol karışımına konmuştur. Olgun yumurtalar döllenmekten bir gün sonra da döllenmiş yumurtalar (1g x 3) örneklenmiştir. Diğer döllenmiş yumurtalar kuluçka havuzuna yerleştirilerek embriyonik gelişimleri gözlenmiştir. Döllenme safhasından, yemeklik porsiyon safhasına kadar gelişimler gözlenirken, ortamın sıcaklığı, suyun O<sub>2</sub> ve pH değerleri birer ay aralıklarla ölçülerek değerlendirilmiştir.

Döllenmiş yumurtaların embriyonik gelişiminin 15., 30. ve 45. günlerinde alınan örnekler (1g x 3) aynı karışımda stoklanmıştır. Embriyonik gelişimin 30. gününde embriyoda göz oluşumunun başladığı (gözlü embriyo) belirlenmiştir.

45. gelişim gününden sonraki 6 gün içinde yumurtaların açılarak keseli yavruların çıktığı gözlenmiştir. Keseli yavruların, 43. günden sonra keselerinin kaybolduğu belirlenmiştir. Yumurtaların açılımı ile meydana gelen keseli yavruardan (1g x 3, yaklaşık 10 - 12 yavru) (15, 21, 36 ve 43 günlük keseli yavru balıklar), keseleri absorbe olmuş yavruardan (1g x 3, yaklaşık 10 yavru), 5 g ağırlığa ulaşan beslenmeye başlamış yavruardan (0.5 g, 1.0 g, 1.5 g, 2.5 g ve 5 g ağırlığındaki yavru balıklar) ve bu periyottan sonra 200 – 250 g (porsiyonluk) büyüklüğe erişene kadar belirli aralıklarla (10 g, 25 g, 85 g, 160 g, 175 g, 240 g erkek ve 250 g dişi balıklar) alınan örnekler (1g x 3 kas dokusu) kloroform/metanol karışımında özütleninceye kadar buzdolabında stoklanmıştır. Ayrıca, beslenmeye geçen balıkların beslenmesinde kullanılan ticari yem besin 1 (0.5 µ), besin 2 (1.2 µ), besin 3 (granül 2) ve besin 4 (granül 4) ve üretim tesisinin kendi hazırlamış olduğu yemden (besin 5) de analizlenmek üzere birer gram örnekler alınmıştır.

## 2.2. Örneklerin Özütleme

Çalışma boyunca alınan bütün örneklerden lipidlerin özütlenmesi ve saflaştırılmasında Folch ve ark. (1957), Blight ve Dyer (1959)' in geliştirdikleri yöntemlerden yararlanılmıştır.

### 2.2.1. Lipid Eldesi

1 g olarak alınan bütün örnekler 10 - 20 katı kloroform/metanol (2/1) karışımı ile Ultra-Turrax T25 homojenizatörde 24.000 devir/dak.'da 5 dak. süre ile buzlu ortamda homojenize edilmiştir. Ham özüt, Buchner hunisinde iki kat mavi bantlı süzme kağıdı ile vakum motoru kullanılarak sağlanan hafif vakumla süzölmüştür. Süzöntü, döner buharlaştırıcı (Büchi marka Rotary Evaporatör) ile hafif vakumda buharlaştırılıp, kalan kısım 10 - 15 ml hekzan ile ayırma hunisine alınmıştır. Hekzanlı faz üç kez damıtık su ile yıkanmıştır. Sulu faz da iki kez kloroform ile yıkanarak elde edilen kloroformlu faz hekzanlı faza ilave edilmiştir. Her örnekten ayrı ayrı elde edilen karışımlar, yağ asitleri metil esterlerinin elde edilmesi için dipfrizde saklanmıştır.

### 2.2.2. Yağ Asitlerinin Metilleştirilmesi

Örneklerden yağ asitleri metil esterlerinin elde edilmesinde Moss ve ark. (1974)' nin geliştirdikleri yöntem kullanılmıştır. Total lipid olarak elde edilen örneklerin solventi (hekzan/kloroform) uçurulduktan sonra lipid örnekleri 10 katı kadar % 6'lık metanollü potasyum hidroksit (KOH) ile su banyosunda 80°C de 45 dak. sabunlaştırılmıştır. N<sub>2</sub> altında metanolün büyük bir kısmı uçurulduktan sonra bir miktar damıtık su ilave edilen örnekler, ayırma hunisine aktarılmıştır. Sulu örneklerin pH'sı 1 olana kadar 1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilmiştir. Asitlendirilmiş örnekler 3 kez 5'er ml hekzan/kloroform (4/1) karışımı ile çekilip, hekzan/kloroform karışımı azot akımında uçurulmuştur. Kalan örnek üzerine 3 - 4 ml metanollü BF<sub>3</sub> (Boron Trifluoride-Metanollü) karışımı ilave edilerek 10 - 15 dak. sıcak su banyosunda (80 - 90 °C) bekletilmiştir. Örnek soğutulduktan sonra ayırma hunisine aktarılıp üzerine 7 - 8 ml doymuş NaCl (Sodyum klorür) ve 7 - 8 ml hekzan/kloroform karışımı ilave edilerek çalkalanmıştır. Oluşan posalı kısım

atılarak geri kalan yağ asitleri metil esterleri hekzan/kloroform'lu fazı vidalı kapaklı tüplere alınmıştır. Hekzan/kloroform karışımının fazlası azot akımında uçurularak, örnekler Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi'ne verilecek yoğunluğa getirilip dipfrizde bekletilmiştir.

### 2.2.3. Yağ Asitlerinin Gaz Kromatografik Analizleri

Yağ asit metil esterleri FID (Alev İyonlaşma Dedektörü) dedektörlü Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi (SHIMADZU marka GCMS-QP5000) ile analiz edilmiştir. Analiz işlemlerinde 30 metre uzunluğunda, 0.25 mm çapında % 100 dimetilpolisiloksan dolgu maddesi içeren kapiller kolon kullanılmıştır. Metil esterlerinin kolon içinde taşınması için, taşıyıcı gaz olarak kullanılan helyum gazının kolondaki akış hızı 0.9 ml/dak. olarak ayarlanmıştır. Dedektör sıcaklığı 300 °C, enjektör bloğu sıcaklığı 250 °C ve kolon sıcaklığı başlangıçta 100 °C'ye ayarlanmıştır. Bir örneğin gaz kromatografisi kütle spektrometresinden çekiliş süresi toplam 78 dak. olarak ayarlanmış olup bu süre dört aşamaya ayrılmıştır. Birinci aşamada, sıcaklık 100 °C ile başlayıp 3 dak. beklenmiştir. İkinci aşamada 5 °C/dak. artışla 140 °C'ye ulaşıp 1 dak., üçüncü aşamada, 2 °C/dak. artışla 200 °C ye ulaşıp 1 dak. beklenmiştir. Son aşamada ise 2 °C/dak. artışla 250 °C'ye ulaşıp 10 dak. beklenerek çekim toplam 78 dakikada sonlandırılmıştır. Çözücü sıvı olarak hekzan/kloroform (4/1) karışımı kullanılıp, her defasında 1 µl örnek enjekte edilmiştir.

Gaz kromatografisi kütle spektrometresi analizi sonucunda elde edilen kromatogramlardaki yağ asidi metil esterlerinin kalitatif tayinleri, standart yağ asidi metil esterlerinin alıkonma süreleri ile karşılaştırılarak yapılmıştır (Şekil 1). Kantitatif tayinler ise aletin vermiş olduğu yüzde oranlarından her bir yağ asidinin yüzde değerleri belirlenerek hesaplanmıştır.

### 2.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırma süresince, ergin üç erkek ve üç dişi balığın kas, karaciğer ve gonadlarından 1'er gram ve olgun yumurta (döllenmemiş), olgun sperm, döllenmiş yumurta, embriyonik gelişim sırasında belirli periyotlarda alınan

örnekler, yumurtadan çıkan keseli yavru balıklar (keseleri absorbe olana kadar belirli safhalarda alınan keseli yavru balık örnekleri) ve keseleri absorbe edilmiş yavru balık örnekleri, yemlemeye geçilen yavru balık örnekleri ve yemeklik balık büyüklüğüne ulaşana kadar alınan bütün örnekler üç tekrarlı ve 1'er gram olarak değerlendirilmiştir. Total lipidleri elde edilen bu örneklerin yağ asit metil esterleri Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi ile çekilerek her bir örneğe ait yağ asitlerinin yüzde değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerlerin istatistik analizleri SPSS 10.0 bilgisayar programı ile yapılmıştır. Yağ asidi yüzde oranlarının karşılaştırılmasında varyans analizi (Scenedor ve Cochran, 1967), tekrarlar ve deney ortalamaları arasındaki farkın önem kontrolü için Duncan (1955)'in "Multiple Range Test"i kullanılmıştır. Ortalamalar arası farklar 0.05 olasılık düzeyinde F değerinden büyük olduğu zaman önemli kabul edilmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Ergin *Oncorhynchus mykiss* Dişilerinin Karaciğer, Kas, Ovaryum, Yumurta ve Ergin Erkek Sperminde Bulunan Yağ Asit Bileşimi

Ergin *O. mykiss* dişilerinin karaciğer, kas, ovaryum, yumurta ve ergin erkek spermindeki yağ asitleri Tablo 2'de görülmektedir (Şekil 2 - 6).

Ergin dişilerin karaciğer, kas, ovaryum, yumurta ve ergin erkek sperminin yağ asit bileşiminin yüzde olarak büyük bir kısmını; doymuş yağ asitlerinden C16:0, C18:0 ve C14:0, tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden C18:1, C16:1 ve C20:1 ve aşırı doymamış yağ asitlerinden C18:2, C22:6, C22:5, C20:5 ve C20:2'nin oluşturduğu belirlenmiştir.

Karaciğer, kas, ovaryum ve yumurtada en düşük yüzdede bulunan yağ asitlerinin C12:0, C14:1, C15:1, C16:2, C17:1, C20:0, C20:3, C22:0 ve C22:1 olduğu görülmüştür. Bu yağ asitleri yüzdelerinin % 1.00'in altında kaldığı saptanmıştır.

Doymuş yağ asitleri arasında en yüksek yüzdeye sahip olan C16:0, karaciğer ve yumurtada en yüksek değerde ( $21.03 \pm 0.92$ ,  $21.85 \pm 0.49$ ) iken en düşük değerine ( $19.25 \pm 0.43$ ) ovaryumda rastlanmıştır. Diğer önemli bir yağ asidi olan C18:0'in ovaryum ve yumurtadaki miktarları arasında bir fark görülmezken, karaciğerde en yüksek değerde ( $11.76 \pm 0.34$ ), kasda en düşük değerde ( $8.18 \pm 0.13$ ) bulunmuştur. Yüksek yüzdeye sahip doymuş yağ asitleri arasında üçüncü sırada bulunan C14:0'in karaciğer, yumurta ve spermde bulunma miktarı arasında istatistiki bir fark görülmezken ( $P > 0.05$ ), en yüksek yüzdeye kas ( $7.16 \pm 0.27$ ) ve ovaryumda ( $6.20 \pm 0.16$ ) ulaşmıştır.

Tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden C16:1'in karaciğer, kas dokusu ve yumurtada bulunma yüzdeleri arasında bir fark görülmezken, en yüksek yüzdeye ovaryumda ( $12.59 \pm 0.07$ ) rastlanmıştır. Dokular arasında C16:1'de görülen dağılımın benzeri, miktarı daha düşük olmasına rağmen C20:1'de görülmüştür.

Ergin dişi *O. mykiss*'in incelenen dokuları arasında en yüksek yüzdeye sahip olan C18:1'in karaciğer, kas ve ovaryumda bulunan miktarları arasında bir

fark bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Bu yağ asidi yumurtada en yüksek değere ( $31.05\pm 0.57$ ) ulaşmıştır.

Temel yağ asitlerinden C18:2, en yüksek yüzdeye kas dokusunda ( $5.19\pm 0.21$ ) ve yumurtada ( $5.54\pm 0.05$ ) sahip olmuştur. Bu yağ asidinin karaciğer ( $3.26\pm 0.13$ ) ve ovaryumdaki ( $3.40\pm 0.15$ ) yüzdeleri arasında bir fark görülmemiştir. Karaciğer, kas, ovaryum ve yumurtada bulunma oranı % 1.00'in altında olan C18:3, spermde en yüksek değerde ( $1.00\pm 0.15$ ) bulunmuştur.

20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinden C20:2, C20:3 ve C20:4 yüzdelerinin karaciğer, kas, ovaryum ve yumurtada düşük olduğu belirlenmiştir. Bu yağ asitlerinin yumurtadaki yüzdeleri, diğer dokulardaki bulunma değerlerine göre daha yüksektir. C20:5 miktarı, karaciğer, kas ve ovaryumda istatistiki bir fark göstermezken ( $P>0.05$ ), en düşük miktarda yumurtada (% 1.60) ve en yüksek spermde (% 3.67) rastlanmıştır.

22 karbonlu yağ asitlerinden C22:1 ve C22:2'nin incelenen dokularda bulunma yüzdeleri düşüktür. C22:5 ve C 22:6 ise sırasıyla % 2.00 ve % 3.00 civarında bulunmuşlardır. C22:5'in dokularda bulunma miktarları arasında bir fark belirlenememiştir. C22:6 ise farklı bir dağılım göstermiş ( $P<0.05$ ) ve en yüksek miktarı kas dokusunda (% 3.80), en düşük miktarı yumurtada (% 2.08) saptanmıştır.

Karaciğer, kas ve ovaryumun yağ asitleri profilleri incelendiğinde kalitatif olarak hiçbir farkın olmadığı görülmektedir. Kantitatif olarak, bazı yağ asitlerinin bu dokularda bulunma yüzdeleri arasında yukarıda da değinildiği gibi bazı farklılıkların olduğu gözlenebilmiştir. Yumurtada bulunan yağ asidi bileşimleri, bazı yağ asitlerinin bulunma yüzdeleri arasında fark ( $P<0.05$ ) bulunmasına rağmen ovaryumdaki yağ asit profiline yansıtılmaktadır. C16:0, C18:0, C18:1, C18:2, C18:3 gibi yağ asitlerinin yumurtada ovaryuma göre daha fazla yüzdede buldukları tespit edilmiştir.

Yumurta ile sperma yağ asitleri kalitatif olarak karşılaştırıldığında bir fark olmadığı görülmektedir. Yumurta ve spermde en fazla yüzdeye sahip olan yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerinden C16:0, C18:0 ve C14:0, tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden C18:1, C16:1 ve C20:1 ve aşırı doymamış yağ

**Tablo 2.** Ergin *O. mykiss* dişilerinin karaciğer, kas, ovaryum, yumurta ve erkeğin sperminde bulunan yağ asit bileşimi (%)

Yağ Asitleri	Karaciğer (Ort.*±S.H.)	Kas (Ort.*±S.H.)	Ovaryum (Ort.*±S.H.)	Yumurta (Ort.*±S.H.)	Sperm (Ort.*±S.H.)
12:0 <sup>t</sup>	0.09±0.00a	0.06±0.01a	0.07±0.00a	0.06±0.01a	0.81±0.09b
14:0	5.24±0.20a	7.16±0.27c	6.20±0.16b	4.98±0.30a	5.19±0.06a
14:1	0.10±0.00a	0.05±0.00a	0.09±0.00a	0.05±0.00a	0.67±0.12b
15:0	1.57±0.07b	1.19±0.02a	1.50±0.03b	0.99±0.08a	1.73±0.14b
15:1	0.18±0.00a	0.23±0.06a	0.08±0.01a	0.08±0.01a	0.59±0.11b
16:0	21.03±0.92ab	20.14±0.71ab	19.25±0.43b	21.85±0.49a	20.03±0.32ab
16:1	10.73±0.48a	10.93±0.25a	12.59±0.07b	9.86±0.54a	8.40±0.46c
16:2	0.14±0.00bc	0.20±0.01a	0.18±0.01ab	0.20±0.01a	0.11±0.02c
17:0	1.34±0.05b	0.92±0.00ad	1.09±0.02d	0.79±0.05a	1.74±0.15c
17:1	0.17±0.00a	0.25±0.02a	0.53±0.00b	0.24±0.03a	0.65±0.13b
18:0	11.76±0.34c	8.18±0.13d	9.88±0.09b	10.39±0.16ab	10.70±0.09a
18:1	28.53±1.26a	29.15±0.59a	28.91±0.54a	31.05±0.57a	24.42±0.80b
18:2	3.26±0.13b	5.19±0.21a	3.40±0.15b	5.54±0.05a	4.51±0.18c
18:3	0.63±0.05a	0.97±0.06c	0.16±0.01b	0.43±0.08a	1.00±0.15c
20:0	0.52±0.04ab	0.79±0.18bc	0.46±0.01a	0.48±0.09a	0.88±0.04c
20:1	3.09±0.39ab	2.54±0.05ac	3.80±0.28b	2.47±0.19ac	2.25±0.14c
20:2	1.00±0.11b	1.10±0.07ab	1.26±0.03a	1.28±0.05a	1.26±0.08a
20:3	0.36±0.02b	0.30±0.00b	0.54±0.02a	0.58±0.01a	0.62±0.07a
20:4	0.98±0.07a	0.63±0.04b	1.08±0.07a	1.18±0.05a	1.74±0.10c
20:5	2.12±0.14b	2.01±0.02b	1.84±0.18ab	1.60±0.08a	3.67±0.07c
22:0	0.29±0.07bc	0.36±0.01ac	0.40±0.02ab	0.43±0.01a	1.21±0.05d
22:1	0.60±0.14ab	0.54±0.05a	0.88±0.08b	0.30±0.04a	1.96±0.12c
22:2	1.02±0.12a	1.29±0.05b	0.94±0.08a	0.93±0.06a	1.02±0.07a
22:5	2.21±0.10a	2.03±0.13a	2.06±0.49a	2.20±0.06a	2.70±0.05a
22:6	3.05±0.25b	3.80±0.10c	2.82±0.09b	2.08±0.23a	2.12±0.05a
TDYA	41.83±0.68b	38.80±0.19a	38.85±0.60a	39.96±0.44a	42.30±0.08b
TTDmYA	43.40±0.30a	43.69±0.33a	46.88±0.26b	44.05±0.40a	38.94±0.65c
TADmYA	14.77±0.91b	17.51±0.46ac	14.27±0.85b	15.99±0.20ab	18.76±0.73c

\*: Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. t: Her satırda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir. S.H.: Standart hata. TDYA: Total Doymuş Yağ Asidi. TTDmYA: Total Tek Çift Bağlı Doymamış Yağ Asidi. TADmYA: Total Aşırı Doymamış Yağ Asidi.



asitlerinden C18:2, C22:5, C22:6, C20:5, C20:4 ve C20:2 olduğu belirlenmiştir. C18:1'in yumurtada bulunan değeri ( $31.05 \pm 0.57$ ), spermde bulunan değerinden ( $24.42 \pm 0.80$ ) oldukça yüksek olmuştur. Yumurta ve spermde bulunan C14:0, C16:0, C18:0, C20:1, C20:2, C20:3, C22:2, C22:5 ve C22:6 yağ asitlerinin yüzdeleri arasında önemli bir fark görülmemiştir ( $P > 0.05$ ). Diğer yağ asitleri farklı ( $P < 0.05$ ) yüzdelere sahip olmuşlardır (C12:0, C14:1, C15:0, C15:1, C16:1, C16:2, C17:0, C17:1, C18:1, C18:2, C18:3, C20:0, C20:4, C20:5, C22:0, C22:1).

Ancak, total doymuş yağ asitleri ve total aşırı doymamış yağ asitleri miktarının spermde, total tek çift bağlı doymamış yağ asitleri miktarının ise yumurtada yüksek olduğu belirlenmiştir. İncelenen tüm dokularda total tek çift bağlı doymamış ve total aşırı doymamış yağ asitleri yüzdesinin toplamının, total doymuş yağ asitleri yüzdesinden yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 2).

### 3.2. Ergin *O. mykiss* Erkeklerinin Karaciğer, Kas, Testis ve Sperminde Bulunan Yağ Asit Bileşimi

Ergin *O. mykiss* erkeklerinin karaciğer, kas, testis ve sperminin yağ asitleri bileşimi Tablo 3'de verilmiştir (Şekil 6 – 9).

Ergin erkeklerin karaciğer, kas, testis ve sperminde bulunan yağ asit bileşiminin yüzde olarak büyük bir kısmını sırasıyla doymuş yağ asitlerinden C16:0, C18:0, C14:0, tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden C18:1, C16:1 ve C20:1 ve aşırı doymamış yağ asitlerinden C18:2, C20:5, C22:6 ve C22:5 oluşturmuştur.

C12:0, C14:1, C15:1, C16:2, C17:1, C20:0 ve C20:3'ün ergin erkeklerin karaciğer, kas, testis ve sperminde miktar olarak (% 1.00'in altında) en düşük yüzdede bulunan yağ asitleri olduğu tespit edilmiştir.

Doymuş yağ asitlerinden C14:0'ın en yüksek yüzdesine testiste ( $7.12 \pm 0.09$ ) rastlanırken, en düşük yüzdesi spermde ( $5.19 \pm 0.06$ ) tespit edilmiştir. Bu asidin karaciğer ve kas dokusundaki miktarları arasında önemli bir fark ( $P > 0.05$ ) saptanmamıştır. Doymuş yağ asitleri arasında en yüksek yüzdeye sahip olan C16:0'ın testis ve spermdeki miktarları arasında bir fark görülmezken, kas dokusunda en yüksek değerde ( $22.65 \pm 1.13$ ), karaciğerde ise en düşük değerde

(19.26±1.44) olduğu belirlenmiştir. C18:0'ın karaciğer ve kasdaki miktarları arasında istatistiki bir fark görülmemiştir (P>0.05). Bu yağ asidi testis (10.21±0.10) ve spermde (10.70±0.09) en yüksek yüzdeye ulaşmıştır. Diğer bir yağ asidi C22:0'ın kas dokusundaki miktarı yüksek bulunurken, diğer dokularda önemli bir fark göstermemiştir. C20:0'ın incelenen dokulardaki miktarları arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir (P>0.05).

Tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden en yüksek yüzdeye sahip olan C18:1'in karaciğer, kas dokusu, testis ve spermdeki yüzdeleri arasında önemli bir fark saptanamamıştır. Ancak, en yüksek yüzdeye karaciğerde (27.92±1.95) ve en düşük yüzdeye spermde (24.42±0.80) rastlanmıştır. C16:1, incelenen dokular arasında farklı (P<0.05) bir dağılım göstermiş ve en yüksek miktarı kas dokusunda (% 9.70), en düşük miktarı testiste (% 7.05) saptanmıştır. C20:1'in bütün dokulardaki yüzdesi, C18:1 ve C16:1'e göre düşük bulunmuştur. Bu asit için en yüksek yüzdeye karaciğer (3.11±0.33) ve kas dokusunda (3.32±0.17) rastlanırken, en düşük testis (2.30±0.04) ve spermde (2.25±0.14) tespit edilmiştir. C22:1'in ergin dişilerin incelenen dokularında bulunan miktarının (% 1.00'in altında) (Tablo 2) aksine, ergin erkeklerin dokularındaki miktarları (% 1.00'in üzerinde) (Tablo 3) biraz daha yüksek bulunmuştur. C22:1'in en yüksek değeri spermde (1.96±0.12) belirlenirken en düşük değerine testiste (1.22±0.05) rastlanmıştır.

Temel yağ asitlerinden C18:2, en fazla miktarda karaciğerde (5.92±0.70) bulunmuştur. Kas dokusu, testis ve spermdeki yüzdeleri arasında bir fark görülmemiştir (P>0.05). Diğer önemli bir temel yağ asidi C18:3, ergin dişinin dokularında bulunma yüzdesinin aksine (Tablo 2), ergin erkeğin incelenen dokularında (kas dokusu hariç) daha yüksek yüzdelerde bulunmuştur. Bu yağ asidinin karaciğer, testis ve spermde bulunma oranı % 1.00'in üzerindedir. Testiste ise en yüksek değerde (1.14±0.01) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3'den izleneceği gibi aşırı doymamış yağ asit yüzdelerinin, doymuş ve tek çift bağlı doymamış yağ asit yüzdelerine göre, tek tek bakıldığında düşük oldukları görülecektir. Bu yağ asitlerinden C20:2, C20:3 ve C20:4'ün karaciğer,

**Tablo 3.** Ergin *O. mykiss* erkeklerinin karaciğer, kas, testis ve spermde bulunan yağ asit bileşimi (%)

Yağ Asitleri	Karaciğer (Ort.*±S.H.)	Kas (Ort.*±S.H.)	Testis (Ort.*±S.H.)	Sperm (Ort.*±S.H.)
12:0 <sup>f</sup>	0.62±0.18a	0.17±0.02b	0.80±0.05a	0.81±0.09a
14:0	6.55±0.08c	6.61±0.19c	7.12±0.09b	5.19±0.06a
14:1	0.34±0.09b	0.13±0.03b	0.77±0.07a	0.67±0.12a
15:0	1.40±0.06b	1.72±0.02a	1.65±0.10ab	1.73±0.14a
15:1	0.43±0.02a	0.11±0.00b	0.43±0.01a	0.59±0.11a
16:0	19.26±1.44a	22.65±1.13b	20.83±0.14ab	20.03±0.32ab
16:1	8.89±0.21ac	9.70±0.29c	7.05±0.11b	8.40±0.46a
16:2	0.26±0.04b	0.26±0.05b	0.33±0.00b	0.11±0.02a
17:0	1.23±0.09b	1.39±0.07b	1.19±0.07b	1.74±0.15a
17:1	0.53±0.10a	0.47±0.05a	0.66±0.03a	0.65±0.13a
18:0	6.58±0.55b	6.78±0.17b	10.21±0.10a	10.70±0.09a
18:1	27.92±1.95a	25.50±0.34a	25.99±0.19a	24.42±0.80a
18:2	5.92±0.70b	3.47±0.10a	4.60±0.11a	4.51±0.18a
18:3	1.03±0.01a	0.46±0.02b	1.14±0.01a	1.00±0.15a
20:0	0.81±0.11a	0.94±0.03a	0.95±0.04a	0.88±0.04a
20:1	3.11±0.33b	3.32±0.17b	2.30±0.04a	2.25±0.14a
20:2	0.95±0.13b	0.87±0.05b	0.85±0.04b	1.26±0.08a
20:3	0.43±0.04bc	0.45±0.03ac	0.56±0.08ab	0.62±0.07a
20:4	0.59±0.05c	0.85±0.04b	0.98±0.02b	1.74±0.10a
20:5	3.31±0.37ab	3.91±0.06a	2.98±0.13b	3.67±0.07a
22:0	1.11±0.04a	1.61±0.04b	1.08±0.04a	1.21±0.05a
22:1	1.80±0.12ac	1.55±0.15bc	1.22±0.05b	1.96±0.12a
22:2	1.64±0.19bc	1.41±0.15ac	1.30±0.08ab	1.02±0.07a
22:5	2.69±0.35a	2.66±0.34a	2.25±0.08a	2.70±0.05a
22:6	2.59±0.19b	3.01±0.10c	2.77±0.05bc	2.12±0.05a
TDYA	37.57±0.81b	41.87±0.63c	43.82±0.18a	42.30±0.08ac
TTDmYA	43.02±1.27b	40.79±0.06ab	38.42±0.32a	38.94±0.65a
TADmYA	19.40±2.07a	17.34±0.57a	17.75±0.19a	18.76±0.73a

\*: Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. t: Her satırda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir. S.H.: Standart hata. TDYA: Total Doymuş Yağ Asidi. TTDmYA: Total Tek Çift Bağlı Doymamış Yağ Asidi. TADmYA: Total Aşırı Doymamış Yağ Asidi.

kas ve testisteki miktarları % 1.00'in altında bulunurken, C20:2 ve C20:4'ün spermdeki miktarlarının % 1.00'in üzerinde olduğu saptanmıştır. C20:5, incelenen dokularda diğer aşırı doymamış yağ asitlerine göre C18:2'den sonra en yüksek yüzdeye sahip ikinci yağ asididir. En düşük miktara testiste ( $2.98 \pm 0.13$ ) ve en yüksek miktara kas dokusunda ( $3.91 \pm 0.06$ ) rastlanmıştır.

C22:2'nin kas, testis ve spermdeki miktarları arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Bu asit için en yüksek yüzdeye karaciğerde ( $1.64 \pm 0.19$ ) rastlanmıştır.

C22:5'in miktarı dokular arasında istatistiki bir fark göstermemiştir ( $P > 0.05$ ). En düşük miktarı testiste ( $2.25 \pm 0.08$ ) ve en yüksek spermde ( $2.70 \pm 0.05$ ) bulunmuştur. % 3.01'lik en yüksek değerle kas dokusunda bulunan C22:6, en düşük spermde (% 2.12) görülmüştür. C22:5 ve C22:6, bulunma yüzdeleri ile aşırı doymamış yağ asitleri arasında üçüncü sırayı almışlardır.

Ovaryum ve yumurtada olduğu gibi (Tablo 2), testis ve sperm yağ asitleri profili arasında da kalitatif açıdan bir fark gözlenmemiştir. Ancak, C14:0, C16:2 ve C22:6'nın en yüksek testis'de, C16:1, C17:0, C20:2, C20:4, C20:5 ve C22:1'in ise en yüksek spermde bulunduğu saptanmıştır (Tablo 3). Diğer yağ asitlerinin testis ve spermde bulunma yüzdeleri arasında istatistiki bir fark belirlenmemiştir ( $P > 0.05$ ). Total doymuş yağ asitleri, total tek çift bağlı doymamış yağ asitleri ve total aşırı doymamış yağ asitleri yüzdelerinin testis ve spermde önemli bir fark göstermemiştir. İncelenen tüm dokularda total doymuş yağ asitleri en yüksek miktarda testiste ( $43.82 \pm 0.18$ ), tek çift bağlı doymamış yağ asitleri ise en yüksek ( $43.02 \pm 1.27$ ) karaciğerde bulunmuştur. Total aşırı doymamış yağ asitleri miktarının bütün dokular arasında istatistiki bir fark göstermediği saptanmıştır ( $P > 0.05$ ).

Ergin dişi ve erkek balıkların analizlenen dokularındaki total doymuş, tek çift bağlı doymamış ve aşırı doymamış yağ asit değerleri Tablo 4'te özetlenmiştir. Bu tablodaki değerler Tablo 2 ve Tablo 3'den elde edilmiştir. Dişi ve erkek balıkların analizlenen dokularında, yumurta ve spermde total tek çift bağlı

doymamış ve aşırı doymamış yağ asitleri toplamından elde edilen total doymamış yağ asitleri yüzdesinin total doymuş yağ asitleri yüzdesinden fazla olduğu görülmüştür. Embriyonun gelişeceği yumurtadaki total doymamış yağ asidi yüzdesinin, spermden yüksek ve ovaryumdaki değere eş olduğu dikkati çekmektedir.

Testisteki total doymuş yağ asidi miktarının erkeğin kas ve karaciğer değerinden yüksek, total tek çift bağlı yağ asidinin ise düşük olduğu görülmüştür. Total aşırı doymamış yağ asidinin, kas dokudaki değerle eş fakat karaciğerdeki değerden az olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, ovaryumdaki total tek çift bağlı doymamış yağ asidi yüzdesinin dişinin karaciğer ve kastaki değerinden yüksek, total doymuş yağ asitleri değerinin ise karaciğerdekenden düşük, kastakiyle eş değerde olduğu görülmektedir.

**Tablo 4.** Ergin *O. mykiss* dişi ve erkeklerinin analizlenen dokularındaki total doymuş, total tek çift bağlı doymamış, total aşırı doymamış yağ asidi yüzdeleri

	Karaciğer		Kas		Ovaryum	Testis	Yumurta	Sperm
	♀	♂	♀	♂				
TDYA	41.83±0.68	37.57±0.81	38.80±0.19	41.87±0.63	38.85±0.60	43.82±0.18	39.96±0.44	42.30±0.08
TTDmYA	43.40±0.30	43.02±1.27	43.69±0.33	40.79±0.06	46.88±0.26	38.42±0.32	44.05±0.40	38.94±0.65
TADmYA	14.77±0.91	19.40±2.07	17.51±0.46	17.34±0.57	14.27±0.85	17.75±0.19	15.99±0.20	18.76±0.73
TDmYA	58.17	62.42	61.20	58.13	61.15	56.17	60.04	57.70

TDYA: Total Doymuş Yağ Asidi. TTDmYA: Total Tek Çift Bağlı Doymamış Yağ Asidi. TADmYA: Total Aşırı Doymamış Yağ Asidi. TDmYA: Total Doymamış Yağ Asidi

### 3.3. Döllenenmemiş ve Dölleniş Yumurtalar, 15, 30, 45 Günlük Embriyolar ve Keseli Yavru Balıkların Yağ Asit Bileşimi

*O. mykiss*'in olgun döllenmemiş ve döllenmiş yumurtaları, 15, 30, 45 günlük embriyolar ve keseli yavru balıklarda bulunan yağ asitleri Tablo 5'te görülmektedir (Şekil 5, 10 – 14).

Tablodan da izlendiği gibi doymuş yağ asitlerinden C16:0, C18:0 ve C14:0, tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden C18:1, C16:1 ve C20:1 ve aşırı

doymamış yağ asitlerinden C18:2, C22:6, C20:5 ve C22:5 en fazla yüzdeye sahip olan yağ asitleridir.

Miktarları % 1.00'in altında bulunan C12:0, C14:1, C15:1, C16:2, C17:0, C17:1, C18:3, C20:0, C22:0 ve C22:2 döllenenmemiş ve döllenenmiş yumurtalar, 15, 30, 45 günlük embriyolar ve keseli yavrularda en düşük yüzdede bulunan yağ asitleri olmuştur.

Doymuş yağ asitleri içerisinde en yüksek yüzdeye sahip olan C16:0'in en yüksek değerine ( $21.85 \pm 0.49$ ) döllenenmemiş yumurtada rastlanmıştır. Döllenenmiş yumurtada ise en düşük değerdedir ( $17.38 \pm 0.05$ ). C16:0'in, 15, 30, 45 günlük embriyolarda ve keseli yavrularda bulunan miktarları arasında bir fark görülmemiştir. İkinci derecede yüksek yüzdeye sahip olan doymuş yağ asidi C18:0'in dağılımının, C16:0 ile benzer olduğu dikkati çekmektedir. Ancak, döllenmeyle birlikte 15, 30 ve 45 günlük embriyonik gelişim evrelerinde, döllenenmemiş yumurtaya göre C16:0 gibi önemli azalma göstermiştir ( $P < 0.05$ ). C18:0 en yüksek yüzdede döllenenmemiş yumurtada ( $10.39 \pm 0.16$ ) olduğu saptanmıştır. Doymuş yağ asitleri arasında üçüncü derecede yüksek yüzdeye sahip olan C14:0'in döllenenmemiş ve döllenenmiş yumurtalar ile keseli yavrulardaki miktarları arasında bir fark tespit edilmemiştir ( $P > 0.05$ ). Ancak embriyonik gelişim esnasında (15., 30. ve 45. gün) bu yağ asidinde de azalma olmuştur. C14:0 yüzdesi en yüksek döllenenmemiş ( $4.98 \pm 0.30$ ) ve döllenenmiş ( $4.84 \pm 0.01$ ) yumurtalarda bulunurken, en düşük 45 günlük embriyolarda ( $4.13 \pm 0.31$ ) rastlanmıştır.

Bulunma miktarı düşük olan C12:0, C15:0, C17:0, C20:0 ve C22:0 embriyonik gelişim safhalarında önemli bir değişim ( $P > 0.05$ ) göstermemiştir.

Tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden C18:1 en yüksek yüzdede döllenenmemiş yumurtada ( $31.05 \pm 0.57$ ) bulunurken, döllenmeyle birlikte meydana gelen embriyonik gelişim safhalarında (15., 30. ve 45. gün) azalma göstererek keseli yavruda en düşük değere ( $25.26 \pm 0.08$ ) ulaşmıştır. Meydana gelen bu düşüş döllenenmemiş yumurtaya göre istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ).

C16:1'in, döllenenmemiş yumurta, döllenenmiş yumurta, 15, 30, 45 günlük embriyolar ve keseli yavru balıktaki yüzdeleri arasında önemli bir fark belirlenmemiştir ( $P>0.05$ ). En yüksek yüzdeler döllenenmemiş ( $9.86\pm 0.54$ ) ve döllenenmiş yumurtada ( $10.11\pm 0.16$ ) rastlanmıştır. Diğer yağ asitlerinin aksine yumurtanın döllenesiyle birlikte C16:1'in yüzdesinde önemsizde olsa bir artışın olduğu gözle çarpılmaktadır. C18:1 ve C16:1'e göre oldukça düşük yüzdeye sahip olan C20:1, döllenenmiş yumurtada ve embriyonik safhalarda artış göstermiştir. Bu artış döllenenmiş yumurta, 15 günlük ve 45 günlük embriyonik safhalarda istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Temel yağ asitlerinden C18:2'nin döllenenmemiş ( $5.54\pm 0.05$ ) ve döllenenmiş ( $6.94\pm 0.04$ ) yumurtalarda bulunma yüzdeleri arasında istatistiki bir fark saptanmıştır ( $P<0.05$ ). Bu yağ asidi miktarında döllenenmemiş yumurtadan keseli yavru safhasına (prelarval safha başlangıcı) kadar görülen artışlar önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). En düşük yüzdeye ( $5.54\pm 0.05$ ) döllenenmemiş yumurtada, en yüksek yüzdeye ( $8.36\pm 0.62$ ) 15 günlük embriyoda rastlanmıştır. Döllenenmemiş yumurta, döllenenmiş yumurta, 15, 30, 45 günlük embriyolar ve keseli yavruda bulunma oranı % 1.00'in altında olan C18:3, döllenenmiş yumurtada en düşük ( $0.29\pm 0.01$ ), 45 günlük embriyoda en yüksek ( $0.87\pm 0.09$ ) değere ulaşmıştır. Embriyonik gelişimden sonraki larval dönemde düşüş meydana gelmiştir.

20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinden C20:2, C20:3 ve C20:4 yüzdelerinin döllenenmemiş yumurta, döllenenmiş yumurta, 15, 30, 45 günlük embriyolar ve keseli yavruda düşük olduğu belirlenmiştir. Bu yağ asitlerinin döllenenmemiş ve döllenenmiş yumurtalardaki yüzdeleri arasında azda olsa önemli bir fark belirlenmiştir ( $P<0.05$ ) ve diğer gelişim safhalarında önemsiz ( $P>0.05$ ) de olsa döllenenmemiş yumurtadaki değerlere göre bir miktar artış tespit edilmiştir. C20:5'de, döllenenmemiş yumurtadan (% 1.60) itibaren (15 günlük embriyonik safha hariç, % 1.23) meydana gelen artış, keseli yavruda en yüksek seviyeye (% 4.41) ulaşmıştır.

C22:2, gelişim safhalarında önemli bir değişim göstermezken, diğer 22 karbonlu doymamış yağ asitlerinde önemli artışlar meydana gelmiştir. C22:5'de,

döllenmiş yumurta ve diğer embriyonik safhalarda gözlenen artış önemli de olsa rakamsal olarak düşüktür. Ancak, C22:6'da meydana gelen artış, döllenmemiş yumurtaya göre oldukça yüksektir. Bu yağ asidinin döllenmemiş yumurtadaki % 2.08'lik değeri, keseli yavru safhasında % 5.41'e yükselmiştir. Döllenmiş yumurtadan itibaren, 22 karbonlu doymuş ve doymamış yağ asitlerinde (C22:2 hariç, C22:0, C22:1, C22:5 ve C22:6) meydana gelen artışlar dikkat çekicidir.

Döllenmemiş yumurtada bulunan yağ asitlerinden C12:0, C15:0, C16:2, C17:1, C18:2, C20:1, C20:2, C20:3, C20:4, C20:5, C22:0, C22:1, C22:5 ve C22:6'nın yüzdeleri döllenmiş yumurtalarda önemli bir artış ( $P<0.05$ ), C16:0, C18:0 ve C18:1'in yüzdeleri önemli bir azalış ( $P<0.05$ ) göstermiştir. Diğer yağ asitlerinin döllenmemiş ve döllenmiş yumurtalarda bulunma yüzdeleri arasında bir fark gözlenmemiştir ( $P>0.05$ ).

Total doymuş yağ asitleri ve total tek çift bağlı doymamış yağ asitleri yüzdelerinin döllenmemiş yumurtalarda, döllenmiş yumurtalardakinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu total değerlerde embriyonik gelişim safhalarında önemli ( $P<0.05$ ) azalma meydana gelirken, total aşırı doymamış yağ asitleri miktarı döllenmeyle birlikte keseli yavru safhasına (prelarval safha) kadar önemli derecede artış oluşturmuştur.

45 günlük embriyo ile keseli yavru balık arasında (yani embriyonik safhadan larval safhaya geçiş sürecinde) C18:3, C22:1 asitlerinde önemli bir azalma ( $P<0.05$ ), C20:0, C20:3, C20:5 ve C22:0'da ise önemli derecede artış ( $P<0.05$ ) meydana gelmiştir. Diğer yağ asitlerinin yüzdeleri arasında önemli bir fark belirlenmemiştir ( $P>0.05$ ). 45 günlük embriyo ve keseli yavru balıkta bulunan total doymuş yağ asitleri, total tek çift bağlı doymamış yağ asitleri ve total aşırı doymamış yağ asitleri yüzdeleri arasında bir fark görülmemesine rağmen, total doymuş ve total aşırı doymamış yağ asit yüzdelerinin keseli yavruda, total tek çift bağlı doymamış yağ asit yüzdesinin ise 45 günlük embriyolarda yüksek olduğu saptanmıştır.



**Tablo 5.** Döllenenmemiş, döllenmiş yumurtalar, 15, 30, 45 günlük embriyolar ve keseli yavru balıkların yağ asit bileşimi (%)

Yağ Asitleri	Döllenenmemiş yumurta (Ort.*±S.H.)	Döllenenmiş yumurta (Ort.*±S.H.)	15 Günlük embriyo (Ort.*±S.H.)	30 Günlük embriyo (Ort.*±S.H.)	45 Günlük embriyo (Ort.*±S.H.)	Keseli Yavru O. gün (Ort.*±S.H.)
12:0 <sup>t</sup>	0.06±0.01ad	0.12±0.01b	0.11±0.04ab	0.07±0.02abc	0.04±0.00cd	0.08±0.02bd
14:0	4.98±0.30a	4.84±0.01ab	4.36±0.08bc	4.15±0.04c	4.13±0.31c	4.46±0.07ac
14:1	0.05±0.00a	0.05±0.00ab	0.08±0.01bc	0.06±0.01ac	0.05±0.00ac	0.07±0.01ac
15:0	0.99±0.08a	1.26±0.00b	1.04±0.06ab	1.14±0.10ab	0.91±0.08a	1.10±0.09ab
15:1	0.08±0.01ab	0.06±0.00b	0.09±0.00a	0.08±0.01ba	0.09±0.01a	0.09±0.00a
16:0	21.85±0.49a	17.38±0.05b	18.96±1.97ab	19.06±0.09ab	18.26±1.60b	18.00±0.03b
16:1	9.86±0.54a	10.11±0.16a	9.44±0.35a	9.46±0.08a	9.39±0.46a	9.57±0.10a
16:2	0.20±0.01a	0.32±0.04b	0.18±0.00ac	0.12±0.01c	0.18±0.02ac	0.20±0.01a
17:0	0.79±0.05a	0.93±0.04a	0.88±0.09a	0.91±0.05a	0.77±0.09a	0.91±0.04a
17:1	0.24±0.03a	0.37±0.00b	0.23±0.01a	0.20±0.02a	0.20±0.02a	0.25±0.01a
18:0	10.39±0.16a	9.44±0.06b	9.33±0.07b	9.89±0.04ab	9.37±0.48b	9.48±0.06b
18:1	31.05±0.57a	26.76±0.31b	27.14±2.37ab	27.13±0.10ab	26.44±2.11b	25.26±0.08b
18:2	5.54±0.05a	6.94±0.04b	8.36±0.62c	7.40±0.05bd	8.19±0.40cd	7.45±0.14bc
18:3	0.43±0.08ac	0.29±0.01a	0.18±0.02a	0.74±0.20bc	0.87±0.09b	0.32±0.08a
20:0	0.48±0.09ac	0.70±0.08a	0.36±0.09cd	0.24±0.05bd	0.29±0.05cd	0.64±0.06a
20:1	2.47±0.19a	3.51±0.10b	3.21±0.19b	2.96±0.04ab	3.26±0.43b	2.90±0.18ab
20:2	1.28±0.05a	1.93±0.03b	1.46±0.13ac	1.31±0.08a	1.49±0.20ad	1.70±0.04bcd
20:3	0.58±0.01a	1.12±0.01b	0.76±0.07c	0.73±0.03ac	0.76±0.09c	0.95±0.03d
20:4	1.18±0.05a	1.75±0.04b	1.23±0.19a	1.31±0.04a	1.26±0.04a	1.10±0.10a
20:5	1.60±0.08a	2.77±0.09b	1.23±0.19a	3.67±0.09c	3.59±0.23c	4.41±0.12d
22:0	0.43±0.01a	0.79±0.05b	0.45±0.12a	0.36±0.07a	0.52±0.06a	0.82±0.05b
22:1	0.30±0.04a	1.55±0.02b	1.18±0.11c	1.27±0.05c	1.57±0.07b	1.15±0.17c
22:2	0.93±0.06a	0.89±0.03a	0.94±0.14a	0.79±0.04a	0.81±0.12a	0.80±0.10a
22:5	2.20±0.06a	2.77±0.05b	2.15±0.20a	2.73±0.05b	2.75±0.16b	2.87±0.19b
22:6	2.08±0.23a	3.33±0.07ab	4.51±1.60bc	4.23±0.01bd	4.80±0.29be	5.41±0.05cde
TDYA	39.96±0.44a	35.46±0.10b	35.49±1.45b	35.80±0.16b	34.29±0.53b	35.50±0.02b
TTDmYA	44.05±0.40a	42.41±0.12ab	41.36±2.40ab	41.16±0.06ab	41.01±1.14ab	39.30±0.30b
TADmYA	15.99±0.20a	22.13±0.11b	23.15±3.84b	23.04±0.10b	24.70±1.65b	25.20±0.30b

\*: Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. t: Her satırda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir. S.H.: Standart hata. TDYA: Total Doymuş Yağ Asidi. TTDmYA: Total Tek Çift Bağlı Doymamış Yağ Asidi. TADmYA: Total Aşırı Doymamış Yağ Asidi.

İncelenen döllenenmemiş yumurta, döllenenmiş yumurta, 15, 30, 45 günlük embriyolar ve keseli yavru balıkta total tek çift bağlı doymamış ve total aşırı doymamış yağ asitleri yüzdeleri toplamının, total doymuş yağ asitleri yüzdesinden yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 5).

#### 3.4. 0, 15, 21, 36, 43 Günlük Keseli Yavrular ve Keseleri Absorbe Edilmiş Yavru Balıkların Yağ Asitleri Bileşimi

*O. mykiss*'in 15, 21, 36, 43 günlük keseli yavru ve keseleri absorbe edilmiş yavru balıklarında bulunan yağ asitleri Tablo 6'da görülmektedir (Şekil 15 – 19).

Keseli yavruların yağ asit bileşiminin yüzde olarak büyük bir kısmını sırasıyla doymuş yağ asitlerinden C16:0, C18:0, C14:0, tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden C18:1, C16:1, C20:1, aşırı doymamış yağ asitlerinden C18:2, C22:6, C20:5 ve C22:5'in oluşturduğu görülmektedir.

Yumurtadan yeni çıkmış keseli yavru (0. gün, prelarval safha başlangıcı), 15, 21, 36, 43 günlük keseli yavru ve keseleri absorbe edilmiş yavru balıklarda (postlarval safha başlangıcı) % 1.00 civarında bulunan yağ asitlerinin C15:0, C17:0, C20:2, C20:3, C20:4, C22:1, C22:2 ve % 1.00'in çok altında bulunan yağ asitlerinin C12:0, C14:1, C15:1, C16:2, C17:1, C18:3, C22:0 olduğu belirlenmiştir.

Doymuş yağ asitlerinden en yüksek yüzdeye sahip olan C16:0, yumurta örtüleri içindeki embriyonik gelişimini tamamlamış keseli yavruda (prelarval safha başlangıcı) en düşük miktarda (%  $18.00 \pm 0.03$ ) iken, larval gelişim sürecinde artış göstermesine rağmen istatistiksel bir fark göstermemiştir ( $P > 0.05$ ). Ancak, 43 günlük keseli safhadan, keseleri absorbe edilmiş gelişim safhasına (postlarval safha başlangıcı) geçişte önemli olmasada ( $P > 0.05$ ) bu asidin yüzdesinde bir düşüş meydana geldiği gözlenmiştir. C18:0 en yüksek, yumurtadan çıkmış (%  $9.48 \pm 0.06$ ) keseli yavruda, en düşük oranda ise (%  $7.61 \pm 0.45$ ) keseleri absorbe edilmiş yavruda saptanmıştır. 15, 21, 36 ve 43 günlük keseli gelişim safhalarında C18:0'ın yüzdesinde önemli ( $P > 0.05$ ) bir değişim görülmemiş olmasına rağmen, keseleri absorbe edilmiş yavruya geçişte önemli ( $P < 0.05$ ) bir düşüş olduğu

belirlenmiştir. C14:0, embriyonik gelişim safhası sonundan (keseli yavru safhası) kesenin absorbe edildiği safhaya kadar fazla önemli olmasada bir dalgalanma göstermiştir. Ancak, kesenin absorbe edildiği safhada bu yağ asidi yüzdesinde artış meydana gelmiştir.

Tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden en yüksek yüzdeye sahip olan C18:1'in, keseli ve keseleri absorbe edilmiş yavrularda önemli ( $P>0.05$ ) bir değişim göstermediği belirlenmiştir. Ancak, kesenin absorbe edildiği safhada önemsizde olsa bir düşüş olduğu dikkati çekmektedir. C18:1, 43 günlük keseli yavruda en yüksek değerde ( $\% 25.70 \pm 1.23$ ) iken, en düşük değere ( $\% 24.57 \pm 0.29$ ) 15 günlük keseli yavruda rastlanmıştır. Tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden ikinci derecede yüksek yüzdeye sahip olan C16:1, keseli gelişim sürecinde farklı bir değişim göstermiştir. Bu yağ asidinin, 0. gün keseli yavru safhasından ( $\% 9.57$ ) diğer keseli gelişim safhalarında ve kesenin absorbe edildiği safhaya doğru önemli ( $P<0.05$ ) bir azalma ( $\% 7.81$ ) gösterdiği saptanmıştır. C18:1 ve C16:1'e göre daha düşük yüzdeye sahip olan C20:1, Tablo 6'da belirtilen bütün safhalarda önemli ( $P>0.05$ ) bir değişim göstermemiştir. Bu yağ asidi 15 ve 21 günlük keseli safhalarda önemsizde olsa bir artış gösterirken, 36 günlük keseli safhadan sonra önemsizde olsa azalma göstermiştir. En düşük yüzdeye ( $2.52 \pm 0.20$ ) kesenin absorbe edildiği safhada rastlanmıştır. Bulunma oranları düşük olan C14:1 ve C15:1 asitlerinde de embriyonik gelişim sonrasındaki prelarval safhada ve postlarval safhaya geçişte (kesenin absorbe edilmesi safhası) azalma meydana gelmiştir. Bununla beraber, aynı safhalarda C17:1 ve C22:1 asitlerinde önemsiz de olsa artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Temel yağ asitlerinden C18:2 ve C18:3, incelenen gelişim safhalarında farklı bir değişim göstermişlerdir. C18:2'nin yüzdesi en düşük, 43 günlük keseli yavruda ( $6.43 \pm 0.15$ ), en yüksek 36 günlük keseli yavruda ( $8.20 \pm 0.11$ ) tespit edilmiştir. Bu yağ asidinin, yumurtadan çıkış safhası (keseli yavru) ve kesenin absorbe edildiği safhadaki miktarları arasında bir fark ( $P>0.05$ ) bulunamamıştır. 43 günlük safha hariç diğer günlerde artış belirlenmiştir. C18:3, 0. gün keseli yavru, 15 ve 21 günlük keseli gelişim safhalarında bir fark göstermezken

( $P>0.05$ ), 36., 43. günler ve kesenin absorbe edildiği safhada önemli artış ( $P<0.05$ ) göstermiştir.

20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinden C20:2 ve C20:3, embriyonik gelişim sonrası ilk keseli safhada (0. gün) ve 15 günlük keseli safhada değişim göstermezken, bu safhadan sonra post larval safhaya doğru istatistiki açıdan önemli azalma göstermişlerdir ( $P<0.05$ ). Bu yağ asitlerinin aksine C20:4'de önemli bir artış ( $P<0.05$ ) meydana gelmiş ve kesenin absorbe edildiği safhada en yüksek yüzdeye ulaşmıştır ( $1.87\pm 0.10$ ). C20:5, kesenin absorbe edildiği safhaya kadar belirgin bir değişim göstermezken, kesenin absorbe edilmesiyle birlikte önemli bir azalma göstermiştir. Bu durumda, 20 karbonlu uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitlerinde, postlarval evreye doğru azalma meydana geldiği ortaya çıkmış olmaktadır.

22 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinden C22:2'nin yüzdesi, 0. gün keseli yavru safhasından, keselerin absorbe edilmesine kadarki safhalarda önemli bir artış göstermiştir ( $P<0.05$ ). En yüksek yüzdeye ( $1.30\pm 0.13$ ) keseleri absorbe edilmiş yavruda rastlanmıştır. C22:5, 21 günlük keseli yavru safhası hariç diğer gelişim safhalarında önemli bir değişim göstermemiştir ( $P>0.05$ ). 21 günlük safhada en yüksek yüzdeye (% 3.04) ulaşmıştır. C22:6 ise 15 günlük keseli safhada değişmezken, bu safhadan sonra 21, 36 ve 43 günlük safhalarda önemli artış göstermiştir ( $P<0.05$ ). Kesenin absorbe edilmesiyle birlikte % 7.69 değerle en yüksek seviyeye çıkmıştır.

43 günlük keseli yavru (prelarval safha sonu) ve keseleri absorbe edilmiş yavruların (postlarval safha başlangıcı) yağ asitleri karşılaştırıldığında (Tablo 6), keselerin absorbe edilmesiyle birlikte C15:0, C15:1, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, C20:1, C20:2, C20:3, C20:5, C22:0'ın yüzdelerinde düşüş, C14:0, C14:1, C16:2, C17:0, C17:1, C18:2, C18:3, C20:0, C20:4, C22:1, C22:2, C22:5, C22:6'nın yüzdelerinde ise artış olduğu görülmüştür.

Tablo 6'da belirtilen gelişim safhalarının tümünde total tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinin yüksek yüzdeye, total aşırı doymamış yağ asitlerinin ise

**Tablo 6.** 0, 15, 21, 36, 43 günlük keseli yavru ve keseleri absorbe edilmiş yavru balıkların yağ asit bileşimi (%)

Yağ Asitleri	0. Gün keseli yavru (Ort.*±S.H.)	15 Günlük keseli yavru (Ort.*±S.H.)	21 Günlük keseli yavru (Ort.*±S.H.)	36 Günlük keseli yavru (Ort.*±S.H.)	43 Günlük keseli yavru (Ort.*±S.H.)	Keseleri absorbe edilmiş yavru (Ort.*±S.H.)
12:0 <sup>t</sup>	0.08±0.02a	0.04±0.00bc	0.03±0.00c	0.07±0.01ab	0.08±0.00a	0.08±0.01a
14:0	4.46±0.07ab	4.06±0.09a	4.08±0.09a	4.77±0.04b	4.11±0.40a	4.70±0.10b
14:1	0.07±0.01ad	0.05±0.00ab	0.03±0.00b	0.07±0.01ac	0.04±0.00bc	0.05±0.01bcd
15:0	1.10±0.09a	0.89±0.08ab	0.69±0.02bc	0.93±0.06ad	0.72±0.05bde	0.62±0.09ce
15:1	0.09±0.00a	0.07±0.01ab	0.05±0.00bc	0.09±0.00a	0.09±0.01a	0.07±0.02ac
16:0	18.00±0.03a	19.66±0.26ab	20.09±0.13b	19.04±0.08ab	19.44±1.43ab	18.91±0.13ab
16:1	9.57±0.10a	8.31±0.23bd	8.21±0.14bcd	8.54±0.09b	8.07±0.07dc	7.81±0.12c
16:2	0.20±0.01a	0.17±0.02ab	0.14±0.01ab	0.13±0.01b	0.13±0.04ab	0.31±0.03c
17:0	0.91±0.04a	0.76±0.07ab	0.60±0.00b	0.86±0.03ac	0.67±0.01bcd	0.85±0.14ad
17:1	0.25±0.01ab	0.21±0.02a	0.17±0.00a	0.27±0.01ab	0.29±0.04ab	0.40±0.11b
18:0	9.48±0.06a	8.83±0.16ac	8.57±0.11ad	8.35±0.07bcd	8.76±0.54ac	7.61±0.45b
18:1	25.26±0.08a	24.57±0.29a	25.03±0.19a	25.09±0.15a	25.70±1.23a	24.89±0.09a
18:2	7.45±0.14a	8.09±0.10b	7.44±0.07a	8.20±0.11b	6.43±0.15c	7.65±0.06a
18:3	0.32±0.08ad	0.35±0.02ad	0.26±0.03a	0.55±0.15d	0.88±0.04b	1.57±0.06c
20:0	0.64±0.06a	0.66±0.13a	0.53±0.12a	0.31±0.05a	0.62±0.37a	0.90±0.29a
20:1	2.90±0.18a	3.17±0.28a	3.02±0.31a	2.74±0.06a	2.69±0.25a	2.52±0.20a
20:2	1.70±0.04a	1.64±0.15a	1.23±0.01b	1.22±0.06b	1.21±0.06b	0.92±0.05c
20:3	0.95±0.03a	0.94±0.06a	0.77±0.01b	0.55±0.05c	0.70±0.04b	0.68±0.06bc
20:4	1.10±0.10a	1.39±0.10b	1.48±0.02bc	1.14±0.08a	1.71±0.04cd	1.87±0.10d
20:5	4.41±0.12a	4.31±0.14a	4.11±0.06ab	4.07±0.05ab	4.24±0.17ab	3.93±0.11b
22:0	0.82±0.05a	0.78±0.04a	0.77±0.02a	0.49±0.01b	0.67±0.06ac	0.53±0.11bc
22:1	1.15±0.17a	1.88±0.09b	1.76±0.09b	1.52±0.00ab	1.67±0.21b	1.79±0.05b
22:2	0.80±0.10ab	0.78±0.14ab	0.73±0.15b	0.95±0.07ab	1.13±0.05ac	1.30±0.13c
22:5	2.87±0.19ab	2.61±0.16ab	3.04±0.35b	2.85±0.06ab	2.30±0.17a	2.34±0.16a
22:6	5.41±0.05a	5.75±0.15a	7.19±0.06b	7.23±0.06bc	7.67±0.30cd	7.69±0.07d
TDYA	35.50±0.02ab	35.70±0.25a	35.35±0.38ab	34.82±0.10bcd	35.07±0.41ac	34.21±0.26d
TTDmYA	39.30±0.30a	38.26±0.25ab	38.26±0.14ab	38.32±0.22ab	38.55±0.70ab	37.53±0.10b
TADmYA	25.20±0.30a	26.04±0.28ab	26.39±0.41ab	26.86±0.14bcd	26.39±1.01ac	28.26±0.22d

\*: Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. t: Her satırda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir. S.H.: Standart hata. TDYA: Total Doymuş Yağ Asidi. TTDmYA: Total Tek Çift Bağlı Doymamış Yağ Asidi. TADmYA: Total Aşırı Doymamış Yağ Asidi.

düşük yüzdeye sahip oldukları görülmektedir. 0. gün keseli yavru safhasından, keselerin absorbe edildiği safhaya doğru yani prelarval gelişim safhasında, total doymuş yağ asitleri ve tek çift bağlı doymamış yağ asitleri yüzdelerinde azalma meydana gelirken, total aşırı doymamış yağ asitleri yüzdesinde ise artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu tüm total yağ asitleri yüzdelerinde 15, 21, 36 ve 43 günlük gelişim safhalarında çok önemli oranda bir azalma ve artma meydana gelmediği saptanmıştır. Önemli değişimin, 43 günlük prelarval safhadan kesenin absorbe edildiği postlarval safhaya geçişte gerçekleştiği dikkati çekmektedir.

### 3.5. *O. mykiss*'in Gelişim Safhalarında Beslenmede Kullanılan Besinlerin (Besin 1 – Besin 5) Yağ Asit Bileşimi

*O. mykiss*'in beslenmesinde kullanılan besin 1, besin 2, besin 3, besin 4 ve besin 5'te bulunan yağ asitleri Tablo 7'de verilmiştir (Şekil 20 – 24).

Tablo 7'deki değerler incelendiğinde, gelişimi izlenen balıkların beslenmesinde kullanılan besinlerin yağ asit bileşimlerinin kalitatif olarak farklı olmadığı görülmektedir. Bu değerler ile balıkların çeşitli gelişim evrelerindeki yağ asitleri karşılaştırıldığında da kalitatif olarak bir farklılık olmadığı gözlenecektir. Ancak, besinlerin yağ asit bileşenlerinin yüzdeleri arasında bazı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Genel olarak en yüksek yüzdeye sahip olan yağ asitleri sırasıyla, C18:1, C16:0, C18:2, C14:0, C16:1, C18:0, C20:5, C22:6, C20:1, C22:1, C18:3'dir. C12:0, C14:1, C15:1, C17:1, C20:2, C20:3, C20:4 ve C22:0, besinlerde bulunan en düşük yüzdedeki (% 1.00'in altında) yağ asitlerini oluşturmaktadırlar.

C14:0'ın besinlerdeki değerleri arasında önemli bir fark ( $P>0.05$ ) görülmemesine rağmen besin 5'te en düşük (% 7.86), besin 3'te ise en yüksek olduğu kaydedilmiştir. C16:0'ın besinlerdeki yüzdelerinin farklı olduğu görülmektedir ( $P<0.05$ ). Bu aside en yüksek besin 1'de (% 20.93), en düşük besin 5'te (% 16.80) rastlanmıştır. C16:0, beslenmede kullanılan bu besinlerde en yüksek yüzdede bulunan doymuş yağ asididir. C18:0, besin 1 ve besin 2'de düşük

değerde (% 5.83, % 6.04), besin 4 ve besin 5'te daha yüksek değerde (% 7.96, % 7.54) bulunmuştur. C20:0'ın miktarı besin 1 ve besin 2'de önemli bir fark göstermemiştir ( $P>0.05$ ). Ancak, besin 3'ten besin 5'e kadar artan miktarları istatistiki açıdan önemli görülmüştür ( $P<0.05$ ). Besin 5'te en yüksek yüzdede (% 2.29) olan C20:0, besin 1 ve besin 2'de % 1.00'in altında (% 0.67, % 0.46) kalmıştır. C22:0, bütün besinlerde farklı yüzdelere sahiptir. C12:0'ın besinlerdeki dağılımı C22:0 ile benzerdir. C15:0'ın, bütün besinlerdeki yüzdeleri farklı bulunmuştur ( $P<0.05$ ). C17:0'ın, besin 1 ve besin 2'deki değerleri önemli bir fark göstermezken ( $P>0.05$ ), diğer besinlerdeki miktarları farklı bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

C16:1 besinlerde % 6 – 8 arasında bulunmuştur. Bu yağ asidinin besin 1, besin 3 ve besin 5'teki değerleri (sırasıyla % 8.19, % 8.68 ve % 8.64) önemli bir fark göstermezken ( $P>0.05$ ), besin 2 ve besin 4'teki (% 7.44 ve % 6.69) değerleri ile farklıdır ( $P<0.05$ ). C17:1'in miktarı, besin 1 ve besin 2 hariç diğer besinlerde farklı bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Besinlerde, tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden en yüksek yüzdeye sahip olan yağ asidinin C18:1 olduğu belirlenmiştir. C18:1 en yüksek (% 20.61) besin 3'te bulunmuştur. C20:1 ve C22:1'in besinlerde % 2 – 3 oranında yer almıştır.

C16:2, besin 1'deki % 1.01'lik değeri ile diğer besinlerden farklı bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Besin 5'te % 0.35'lik değerle düşük düzeydedir. Besin 3 ve besin 4'teki miktarı farklılık göstermemiştir ( $P>0.05$ ). Aşırı doymamış yağ asitleri arasında C18:2 bütün besinlerde en yüksek yüzdeye sahiptir. C18:3'ün bütün besinlerde farklı yüzdelere sahip olduğu görülmüştür ( $P<0.05$ ). Besin 3'teki miktarı en düşük (% 1.51), besin 2'deki miktarı (% 3.66) en yüksek değerdedir. C20:2, C20:3 ve C20:4 bütün besinlerde % 1.00'in altında kalmıştır. Ancak, C20:5, 20 karbonlu yağ asitleri içinde en yüksek değere sahip olmuştur. Bu asit en yüksek besin 4'te (% 5.40), en düşük besin 5'te (% 3.92) olduğu belirlenmiştir.

C22:2'nin besinlerde bulunma yüzdeleri arasında önemli fark bulunmuştur ( $P<0.05$ ). C22:5'in oranı, besin 1, besin 3 ve besin 5'de % 1.00'in altında kalmıştır. C22:6 ise en yüksek yüzdeye sahip 22 karbonlu yağ asidi olmuştur. Bu yağ asidinin besin 1, besin 2 ve besin 3'te bulunma yüzdeleri arasında fark

**Tablo 7.** *O. mykiss*'in gelişim safhalarında beslenme kullanılan besinlerin (Besin 1 – Besin 5) yağ asit bileşimi (%)

Yağ Asitleri	Besin 1 (Ort.*±S.H.)	Besin 2 (Ort.*±S.H.)	Besin 3 (Ort.*±S.H.)	Besin 4 (Ort.*±S.H.)	Besin 5 (Ort.*±S.H.)
12:0 <sup>t</sup>	0.17±0.00a	0.14±0.01b	0.15±0.01ab	0.14±0.00b	0.28±0.00c
14:0	8.30±0.15a	8.32±1.66a	8.05±0.31a	8.01±0.02a	7.86±0.20a
14:1	0.07±0.00a	0.05±0.01b	0.06±0.00ab	0.05±0.00b	0.08±0.01a
15:0	0.66±0.03a	0.49±0.03b	0.98±0.03c	1.34±0.08d	1.84±0.10e
15:1	0.02±0.00a	0.04±0.01ab	0.05±0.00b	0.05±0.01b	0.02±0.00a
16:0	20.93±2.53a	17.94±1.43bc	20.05±0.75ab	19.35±1.51ac	16.80±0.24c
16:1	8.19±0.07a	7.44±0.15b	8.68±0.03a	6.69±0.12c	8.64±0.09a
16:2	1.01±0.03a	0.88±0.03b	0.49±0.05c	0.51±0.01c	0.35±0.01d
17:0	0.57±0.04a	0.48±0.04a	0.84±0.02b	1.20±0.07c	1.34±0.05d
17:1	0.21±0.03a	0.22±0.02a	0.48±0.04b	0.33±0.03c	0.64±0.04d
18:0	5.83±0.37a	6.04±0.37a	7.23±0.03b	7.96±0.08c	7.54±0.23bc
18:1	19.01±0.11ab	18.19±0.85a	20.61±0.59c	19.20±0.12b	18.72±0.74ab
18:2	15.94±0.46ab	17.04±1.54a	15.11±0.07b	12.04±0.10c	10.44±0.65d
18:3	2.76±0.06a	3.66±0.22b	1.51±0.11c	2.02±0.10d	2.36±0.11e
20:0	0.67±0.09a	0.46±0.04a	1.15±0.03b	1.44±0.09c	2.29±0.08d
20:1	2.61±0.23ac	3.52±0.15b	2.79±0.16a	2.18±0.17c	3.50±0.29b
20:2	0.25±0.05a	0.49±0.03bc	0.54±0.05b	0.40±0.03c	0.49±0.01bc
20:3	0.14±0.02a	0.16±0.03ab	0.23±0.03b	0.37±0.03c	0.37±0.01c
20:4	0.49±0.05a	0.34±0.03b	0.15±0.02c	0.40±0.02ab	0.41±0.01ab
20:5	5.02±0.47ab	5.22±0.27ab	4.56±0.21bc	5.40±0.37a	3.92±0.57c
22:0	0.35±0.08a	0.48±0.07ab	0.54±0.05bc	0.60±0.07bc	0.64±0.01c
22:1	2.43±0.21a	3.61±0.27b	2.09±0.06c	2.24±0.04ac	3.53±0.03b
22:2	0.62±0.15a	1.19±0.08b	0.59±0.05a	1.32±0.14b	1.78±0.12c
22:5	0.99±0.09ab	1.18±0.32a	0.41±0.05c	1.06±0.09ab	0.80±0.03b
22:6	2.77±0.35a	2.41±0.17a	2.64±0.09a	5.72±0.43b	5.39±0.06b
TDYA	37.48±2.24a	34.34±0.86b	39.00±0.39ac	40.03±1.29c	38.58±0.35ac
TTDmYA	32.53±0.51a	33.07±0.42a	34.76±0.37b	30.74±0.18c	35.11±0.57b
TADmYA	29.99±1.73a	32.58±0.46b	26.24±0.69c	29.23±1.13a	26.30±0.87c

\*: Her veri üç tekrarin ortalamasıdır. t: Her satırda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir. S.H.: Standart hata. TDYA: Total Doymuş Yağ Asidi. TTDmYA: Total Tek Çift Bağlı Doymamış Yağ Asidi. TADmYA: Total Aşırı Doymamış Yağ Asidi.



bulunmazken ( $P>0.05$ ), en yüksek değerlere besin 4 (% 5.72) ve besin 5'te (% 5.39) rastlanmıştır.

Besinlerdeki total doymuş, tek çift bağlı doymamış ve aşırı doymamış yağ asit yüzdeleri farklı olmasına rağmen, birbirlerine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Besinlerde de total doymamış yağ asitleri toplamının, total doymuşlardan fazla olduğu saptanmıştır.

### 3.6. Postlarval Gelişim Safhasında Beslenen 0.5 – 1.5 g Ağırlığındaki Yavru *O. mykiss*'lerin Yağ Asit Bileşimindeki Değişim

Vitellus keselerinin absorbe edilmesiyle prelarval gelişim safhasını tamamlayarak postlarval gelişim safhasına geçen yavrular ortalama 0.5 g'lık ağırlığa ulaşıncaya kadar besin 1 ile, 0.5 g ağırlığındaki yavrular ortalama 1.5 g ağırlığa gelinceye kadar da besin 2 ile beslenmişlerdir. Besin 1 ve besin 2 ile beslenen bu yavru balıkların yağ asit bileşimi Tablo 8'de verilmiştir (şekil 25 - 27).

Bu safhalarda beslenmede kullanılan besinler ve yavru balıkların (0.5 – 1.5 g) yağ asit bileşimleri arasında kalitatif olarak bir fark gözlenememiştir. 0.5, 1.0 ve 1.5 g ağırlığa ulaşan yavru balıkların yağ asit bileşiminin büyük bir kısmını, daha önceki prelarval safhalarda olduğu gibi; doymuş yağ asitlerinden C14:0, C16:0, C18:0, tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden C16:1, C18:1, C20:1, C22:1 ve aşırı doymamış yağ asitlerinden C18:2, C18:3, C20:5, C22:2, C22:5 ve C22:6 oluşturmuştur.

Keseleri absorbe edilmiş yavrular, besin 1, 0.5 g'lık yavrular, besin 2, 1.0 g ve 1.5 g'lık yavru balıklarda C12:0, C14:1, C15:0, C15:1, C16:2, C17:0, C17:1, C20:0, C20:2, C20:3, C20:4 ve C22:0 en düşük yüzdelere sahip yağ asitleridir. Bu yağ asitlerinin yavru balıklarda bulunma değerleri % 1.00'in altında kalmıştır.

Besin 1 ile beslenerek 0.5 g ağırlığa ulaşan yavru balıklarda C14:0, C15:0 ve C16:0 asitlerde önemsiz de olsa artış meydana gelmiştir ( $P>0.05$ ). Bu asitlerdeki artışlar, besin 2 ile beslenerek 1.0 ve 1.5 g ağırlığa ulaşan yavrularda

da devam etmiştir. Bu yağ asitlerinin besin 1'deki bulunma yüzdesinin beslenen yavru balıklardan yüksek olduğu görülmüştür. Besin 2'de C16:0'nın miktarı düşük olmasına rağmen, bu besinle beslenen yavru balıklarda artış olduğu gözlenmiştir (1.0 ve 1.5 g'lık yavrular). C18:0'ın besinlerdeki miktarı arasında bir fark bulunamamıştır. Ancak bu yağ asidi, beslenen yavru balıklarda istatistiki açıdan önemli bir artış göstermiştir ( $P<0.05$ ).

Postlarval safhadaki yavruların yağ asit bileşenleri arasında en yüksek yüzdeye sahip olan C18:1'in, besin 1 ve besin 2'deki (% 19.01, % 18.19) miktarları arasında bir fark bulunamamıştır ( $P>0.05$ ). Bu asidin yavru balıklardaki miktarının daha yüksek olduğu ve kesesi absorbe edilmiş beslenmeye geçen 0.5, 1.0 ve 1.5 g'lık ağırlığa ulaşan yavru balıklardaki miktarları arasında önemli bir değişim meydana gelmemiştir ( $P>0.05$ ). Besin 1'de % 8.19, besin 2'de % 7.44'lük değere sahip olan C16:1, beslenen yavruların hepsinde, kesesi ilk absorbe edilmiş olan yavruya göre önemli bir artış ( $P<0.05$ ) göstermiştir. C20:1, beslenen 0.5, 1.0 ve 1.5 g'lık yavrularda bir değişim göstermemiştir. Bu yağ asidi besin 1'de % 2.61, besin 2'de % 3.52 oranında bulunmuştur.

Temel yağ asitlerinden C18:2'nin besin 1 (% 15.94) ve besin 2'deki (% 17.04) bulunma oranının çok yüksek olmasına rağmen beslenen yavru balıklara aynı şekilde yansımamıştır. Ancak, 0.5, 1.0 ve 1.5 g'lık yavrularda postlarval safha başlangıcına göre önemli artış göstermiştir ( $P<0.05$ ). C18:3'te ise önemli bir değişim meydana gelmemiştir ( $P>0.05$ ). Oysaki bu yağ asidinin besin 1 ve besin 2'deki yüzdesi yavru balıklara göre daha yüksektir. Prelarval safhadaki gelişimde bulunma yüzdesi düşük olan C18:3 (Tablo 5 ve 6), beslenmeye başlayan yavru balıklarda arttığı dikkati çekmektedir.

Besin 1 ve besin 2'de bulunma miktarları düşük olan 20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinden C20:2, C20:3 ve C20:4 beslenen yavrularda önemli ölçüde azalma göstermişlerdir ( $P<0.05$ ). Besinlerde % 5 civarında bulunan C20:5'in 0.5 g ve 1.0 g'lık yavrularda önemli oranda azaldığı, 1.5 g'lık safhada ise tekrar artış gösterdiği saptanmıştır.

C22:2, besin 1'de % 0.62 oranında bulunmasına rağmen, bu yemle beslenen ve 0.5 g ağırlığa ulaşan yavru balıklarda % 1.30'dan % 2.56'lık değere

**Tablo 8.** Postlarval gelişim safhasında beslenen 0.5 – 1.5 g ağırlığındaki yavru *O. mykiss*'lerin yağ asit bileşimindeki değişim (%)

Yağ Asitleri	Besin 1 (Ort.*±S.H.)	Keseleri absorbe edilmiş yavru (Ort.*±S.H.)	0.5 g'lık yavru (Ort.*±S.H.)	Besin 2 (Ort.*±S.H.)	1 g'lık yavru (Ort.*±S.H.)	1.5 g'lık yavru (Ort.*±S.H.)
12:0 <sup>t</sup>	0.17±0.00b	0.08±0.01a	0.07±0.00a	0.14±0.01c	0.15±0.00bc	0.09±0.01a
14:0	8.30±0.15b	4.70±0.10a	5.72±0.00ac	8.32±1.66b	6.58±0.07c	6.19±0.08c
14:1	0.07±0.00cd	0.05±0.01ac	0.05±0.00a	0.05±0.01a	0.07±0.00bd	0.04±0.00a
15:0	0.66±0.03ab	0.62±0.09ab	0.73±0.04b	0.49±0.03c	0.62±0.04abc	0.60±0.02ac
15:1	0.02±0.00b	0.07±0.02a	0.08±0.01ac	0.04±0.01b	0.09±0.01ac	0.11±0.01c
16:0	20.93±2.53a	18.91±0.13ab	19.70±0.41ab	17.94±1.43b	20.75±0.07a	20.98±0.05a
16:1	8.19±0.07ac	7.81±0.12ab	8.17±0.07ac	7.44±0.15b	8.21±0.09ac	8.42±0.13c
16:2	1.01±0.03b	0.31±0.03a	0.31±0.03a	0.88±0.03c	0.30±0.03a	0.40±0.01d
17:0	0.57±0.04bc	0.85±0.14a	0.64±0.04c	0.48±0.04b	0.51±0.04bc	0.51±0.03bc
17:1	0.21±0.03b	0.40±0.11a	0.27±0.01bc	0.22±0.02b	0.40±0.05a	0.34±0.05ac
18:0	5.83±0.37b	7.61±0.45ac	7.79±0.14c	6.04±0.37bd	7.23±0.07a	6.48±0.09d
18:1	19.01±0.11b	24.89±0.09a	24.85±0.41a	18.19±0.85b	24.27±0.20a	24.07±0.13a
18:2	15.94±0.46b	7.65±0.06a	8.89±0.09c	17.04±1.54b	9.08±0.16c	8.35±0.12ac
18:3	2.76±0.06b	1.57±0.06a	1.26±0.15d	3.66±0.22c	1.21±0.06d	1.41±0.03ad
20:0	0.67±0.09bc	0.90±0.29ac	0.29±0.01d	0.46±0.04bd	0.42±0.05d	0.42±0.01d
20:1	2.61±0.23b	2.52±0.20ab	2.48±0.33ab	3.52±0.15c	2.13±0.09a	2.11±0.02a
20:2	0.25±0.05b	0.92±0.05a	0.87±0.07a	0.49±0.03c	0.64±0.08d	0.60±0.04cd
20:3	0.14±0.02b	0.68±0.06a	0.54±0.05c	0.16±0.03b	0.34±0.04d	0.34±0.03d
20:4	0.49±0.05b	1.87±0.10a	1.03±0.09d	0.34±0.03c	0.57±0.06b	0.60±0.02b
20:5	5.02±0.47b	3.93±0.11a	3.05±0.24c	5.22±0.27b	3.09±0.02c	3.39±0.22ac
22:0	0.35±0.08bc	0.53±0.11a	0.32±0.02b	0.48±0.07ac	0.30±0.09b	0.31±0.03b
22:1	2.43±0.21b	1.79±0.05a	1.05±0.05d	3.61±0.27c	1.09±0.06d	1.11±0.05d
22:2	0.62±0.15b	1.30±0.13a	2.56±0.06c	1.19±0.08a	2.24±0.29c	2.46±0.12c
22:5	0.99±0.09b	2.34±0.16a	2.17±0.16a	1.18±0.32b	2.37±0.07a	2.25±0.09a
22:6	2.77±0.35b	7.69±0.07a	7.10±0.21c	2.41±0.17b	7.33±0.03ac	8.42±0.10d
TDYA	37.48±2.24b	34.21±0.26a	35.27±0.42ab	34.34±0.86ac	36.56±0.22bc	35.58±0.03ab
TTDmYA	32.53±0.51b	37.53±0.10a	36.95±0.14ac	33.07±0.42b	36.26±0.25c	36.20±0.23c
TADmYA	29.99±1.73b	28.26±0.22ab	29.14±0.09a	32.58±0.46c	27.19±0.26a	28.23±0.21ab

\*: Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. t: Her satırda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir. S.H.: Standart hata. TDYA: Total Doymuş Yağ Asidi. TTDmYA: Total Tek Çift Bağlı Doymamış Yağ Asidi. TADmYA: Total Aşırı Doymamış Yağ Asidi.

çıkıştır. Bu artış, besin 2 ile beslenen yavru balıklarda bir değişim göstermemiştir. Besin 1 ve besin 2'de bulunma oranı düşük olan C22:5'de, beslenen yavru balıklarda önemli bir farklılık görülmemiştir ( $P>0.05$ ). Her iki besindeki oranı arasında fark olmayan C22:6, yavru balıklarda daha yüksek yüzdede bulunmuştur. Ancak, bu asit 0.5 g ve 1.0 g'lık yavrularda önemli derecede azalırken ( $P<0.05$ ), 1.5 g'lık safhada da önemli oranda artış göstermiştir.

Keseleri absorbe edilmiş postlarval yavrudan itibaren beslenen yavru balıklarda total doymuş yağ asit miktarında önemsiz de olsa bir artış meydana gelmiştir. Bu gelişim sürecinde total tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinde, 1.5 g'lık safhaya doğru önemli azalma olmuş ( $P<0.05$ ), total aşırı doymamış yağ asitlerinde ise bir değişim olmamıştır.

### **3.7. Postlarval Gelişim Safhasında Beslenen 1.5 – 5 g ve 5 – 25 g Ağırlığındaki Yavru *O. mykiss*'lerin Yağ Asit Bileşimindeki Değişim**

Ortalama 1.5 g ağırlığındaki yavru balıklar besin 3 ile beslenerek gelişimleri gözlenmiş ve ortalama 2.5 g ve 5 g ağırlığa ulaştıklarında örneklenmişlerdir. 5 g ağırlığına ulaşan yavrularda 10 ve 25 g'lık (20 – 40 g ağırlığındaki yavru balıklara balıkçık denmektedir) ağırlığa ulaşincaya kadar besin 4 ile beslenmişlerdir. 1.5 – 25 g ağırlığındaki yavruların ve beslenmede kullanılan besin 3 ve besin 4'ün yağ asit içeriği Tablo 9'da görülmektedir (Şekil 27 – 31).

Yağ asit bileşenleri kalitatif olarak benzer olan besin 3 ve besin 4 kantitatif olarak farklılık göstermiştir. C12:0, C14:0, C14:1, C15:1, C16:0, C16:2, C18:3, C22:0 ve C22:1 asitlerinin besinlerdeki miktarları arasında bir farklılık görülmemiştir. Diğer yağ asitlerinde miktarsal açıdan farklılık olduğu saptanmıştır. Her iki besinde total doymuş yağ asitleri arasında fark gözlenmezken, total tek çift bağlı doymamış yağ asitleri yüzdesi besin 3'te ve total aşırı doymamış yağ asitleri yüzdesi besin 4'te oldukça yüksek çıkmıştır.

Besin 3 ile beslenen 1.5 g'lık yavruların 2.5 ve 5 g'lık safhaya, besin 4 ile beslenen 5 g'lık yavruların 10 ve 25 g'lık safhaya ulaşmaları sürecinde, yağ asitleri içeriğinde bazı yağ asitleri hariç (C15:1, C17:1, C18:2, C20:4, C20:5 ve C22:5) çok önemli bir değişim meydana gelmemiştir ( $P>0.05$ ).

C14:0, C15:0, C17:0, C18:0, C20:0 doymuş yağ asitlerinin besin 3 ve besin 4'deki miktarlarının yavru balıklardan fazla olmasına rağmen, yavru balıklardaki miktarında çok önemli bir değişim meydana gelmemiştir. En yüksek yüzdeye sahip doymuş yağ asidi olan C16:0'da, beslenen 1.5 – 25 g yavrularda istatistiki olarak bir fark göstermemiştir ( $P>0.05$ ). Bu yağ asidinin besin 3 ve besin 4'teki bulunma yüzdesi, yavru balıklardakinin benzeri olduğu saptanmıştır.

C15:1, besin 3 ve besin 4'te düşük yüzdede bulunmuştur. Ancak, beslenen yavrulardaki miktarı, 25 g'lık (balıkçık) yavrular hariç diğerlerinde önemli ( $P<0.05$ ) azalma göstermiştir. Benzer değişim C17:1'de de görülmüştür. C16:1, besin 3 ile beslenen 2.5 ve 5 g'lık yavrularda herhangi bir değişim göstermemesine rağmen, besin 4 ile beslenen 10 ve 25 g'lık safhaya ulaşan yavru balıklarda önemli denecek bir azalma göstermiştir ( $P<0.05$ ).

Besin 3 ve besin 4'teki miktarı yavru balıklara göre önemli derecede düşük ancak, yavrularda en yüksek yüzdeye sahip doymamış yağ asidi olan C18:1, 1.5 – 25 g'lık gelişim safhalarında hiçbir değişim göstermemiştir ( $P>0.05$ ). Diğer tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinde de (C20:1 ve C22:1) bir değişim meydana gelmemiştir.

Temel yağ asitlerinin (C18:2, C18:3) besin 3 ve besin 4'teki miktarı (sırasıyla % 15.11, % 12.04), yavru balıklarinkinden (1.5 – 25 g'lık yavrular) yüksektir. C18:2, 2.5 g ve 10 g'lık yavrularda oldukça artmış, 5 g ve 25 g'lık yavrularda ise bir değişim göstermemiştir. C18:3, 1.5 g'dan 10 g ağırlığa ulaşan yavrularda çok önemli bir değişim göstermezken ( $P>0.05$ ), balıkçıklarda (25 g) önemli oranda artmıştır ( $P<0.05$ ). Bu temel yağ asitlerinin, 0.5 – 1.5 g'lık yavrulardaki yüzdeleri ile (Tablo 8), 1.5 – 25 g'lık yavrulardaki yüzdeleri arasında çok önemli bir farklılık belirlenmemiştir (Tablo 9).

**Tablo 9.** Postlarval gelişim safhasında beslenen 1.5 – 5 g ve 5 – 25 g ağırlığındaki yavru *O. mykiss*'lerin yağ asit bileşimindeki değişim (%)

Yağ Asitleri	1.5 g'lık yavru (Ort. *±S.H.)	Besin 3 (Ort. *±S.H.)	2.5 g'lık yavru (Ort. *±S.H.)	5 g'lık yavru (Ort. *±S.H.)	Besin 4 (Ort. *±S.H.)	10 g'lık yavru (Ort. *±S.H.)	25 g'lık yavru balıkçık (Ort. *±S.H.)
12:0 <sup>l</sup>	0.09±0.01cd	0.15±0.01a	0.07±0.00c	0.11±0.02bd	0.14±0.00ab	0.09±0.00cd	0.16±0.00a
14:0	6.19±0.08b	8.05±0.31a	6.14±0.09b	6.08±0.03b	8.01±0.02a	6.79±0.06b	6.51±0.06b
14:1	0.04±0.00bc	0.06±0.00a	0.03±0.00b	0.04±0.02bc	0.05±0.00ab	0.03±0.00b	0.05±0.01ac
15:0	0.60±0.02cd	0.98±0.03a	0.52±0.01c	0.64±0.03cd	1.34±0.08b	0.56±0.02c	0.71±0.04d
15:1	0.11±0.01b	0.05±0.00a	0.08±0.01c	0.01±0.00d	0.05±0.01a	0.05±0.01ac	0.10±0.01b
16:0	20.98±0.05a	20.05±0.75a	20.11±0.05a	20.41±0.16a	19.35±1.51a	20.12±0.93a	20.23±0.10a
16:1	8.42±0.13ac	8.68±0.03a	8.01±0.03cd	8.14±0.17ce	6.69±0.12b	7.81±0.01de	7.08±0.06b
16:2	0.40±0.01b	0.49±0.05a	0.35±0.01bc	0.46±0.02a	0.51±0.01a	0.21±0.02d	0.30±0.01c
17:0	0.51±0.03c	0.84±0.02a	0.47±0.01cd	0.55±0.04c	1.20±0.07b	0.37±0.03d	0.58±0.02c
17:1	0.34±0.05b	0.48±0.04a	0.20±0.01de	0.14±0.01de	0.33±0.03bc	0.12±0.00d	0.23±0.02ce
18:0	6.48±0.09c	7.23±0.03a	6.34±0.01c	6.17±0.06c	7.96±0.08b	6.68±0.07c	6.26±0.21c
18:1	24.07±0.13c	20.61±0.59a	24.53±0.11cd	24.25±0.08cd	19.20±0.12b	24.53±0.17cd	25.15±0.17d
18:2	8.35±0.12c	15.11±0.07a	10.11±0.11d	8.83±0.16c	12.04±0.10b	9.37±0.06cd	8.52±0.04c
18:3	1.41±0.03a	1.51±0.11ac	1.38±0.05a	1.56±0.09ad	2.02±0.10bc	1.38±0.17a	1.79±0.09cd
20:0	0.42±0.01c	1.15±0.03a	0.37±0.02c	0.39±0.04c	1.44±0.09b	0.23±0.00c	0.37±0.01c
20:1	2.11±0.02bd	2.79±0.16a	2.61±0.01ac	2.54±0.07ab	2.18±0.17bcd	2.27±0.16bcd	2.09±0.03d
20:2	0.60±0.04a	0.54±0.05a	0.61±0.00a	0.58±0.04a	0.40±0.03b	0.36±0.02b	0.53±0.01a
20:3	0.34±0.03bc	0.23±0.03ad	0.31±0.01bc	0.27±0.04ac	0.37±0.03b	0.18±0.00d	0.26±0.01ac
20:4	0.60±0.02c	0.15±0.02a	0.47±0.00b	0.66±0.06c	0.40±0.02bd	0.27±0.01ad	0.45±0.03b
20:5	3.39±0.22c	4.56±0.21a	3.43±0.04c	3.46±0.13c	5.40±0.37b	3.43±0.04c	3.59±0.05c
22:0	0.31±0.03cd	0.54±0.05ab	0.23±0.02c	0.29±0.03cd	0.60±0.07a	0.43±0.05bd	0.28±0.00cd
22:1	1.11±0.05b	2.09±0.06a	1.14±0.05b	1.07±0.05b	2.24±0.04a	1.11±0.00b	1.18±0.05b
22:2	2.46±0.12c	0.59±0.05a	2.19±0.06cd	2.05±0.13de	1.32±0.14b	2.14±0.16ce	2.06±0.15de
22:5	2.25±0.09cd	0.41±0.05a	2.00±0.02c	2.49±0.05d	1.06±0.09b	2.26±0.16cd	2.32±0.02cd
22:6	8.42±0.10cd	2.64±0.09a	8.28±0.04c	8.79±0.05de	5.72±0.43b	9.31±0.30f	9.19±0.07ef
TDYA	35.58±0.03b	39.00±0.39a	34.26±0.03b	34.65±0.13b	40.03±1.29a	35.27±0.94b	35.11±0.27b
TTDmYA	36.20±0.23c	34.76±0.37a	36.61±0.12c	36.19±0.16c	30.74±0.18b	35.92±0.31c	35.88±0.04c
TADmYA	28.23±0.21b	26.24±0.69a	29.14±0.09b	29.16±0.17b	29.23±1.13b	28.82±0.64b	29.01±0.30b

\*: Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. t: Her satırda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir. S.H.: Standart hata. TDYA: Total Doymuş Yağ Asidi. TTDmYA: Total Tek Çift Bağlı Doymamış Yağ Asidi. TADmYA: Total Aşırı Doymamış Yağ Asidi.

20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinden C20:2, C20:3 ve C20:4, balıkçık safhasına doğru (25 g'lık yavru) önemsiz de olsa azalma göstermişlerdir. Ancak, 5 g'lık yavrularda C20:4 miktarında önemsiz bir artış olduğu belirlenmiştir. Besinlerde % 4.56 ve % 5.40 seviyesinde bulunan C20:5, beslenen yavrularda herhangi bir değişim göstermeyerek % 3.00 civarında kalmıştır.

C22:2, 1.5 g'lık yavrudan balıkçık safhasına doğru az da olsa azalma göstermiş ve % 2.00 civarındaki seviyesini korumuştur. Bu yağ asidinin besin 3 (% 0.59) ve besin 4'teki (% 1.32) yüzdeleri de düşüktür. Yine, besinlerde bulunma yüzdesi düşük olan (sırasıyla % 0.41 ve % 1.06) C22:5, balıkçık safhasına kadarki gelişim sürecinde önemli bir değişim göstermeyerek, % 2.00 civarında kalmıştır. 22 karbonlu uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitleri içerisinde en yüksek yüzdeye sahip olan C22:6'da, besinlerdeki miktarının düşük olmasına rağmen 1.5 g'lık safhadan 5 g'lık ve 10 g'lık, 25 g'lık safhaya doğru önemli artış olmuştur. En önemli artış, besin 4 ile beslenen yavrularda gerçekleşmiştir.

Doymuş, tek çift bağlı doymamış ve aşırı doymamış yağ asitlerinin total değerlerine bakıldığında, bunların besin 3 ve besin 4'teki bulunma değerleri hariç tutulacak olursa 1.5 g ağırlığa sahip yavrulardan balıkçık oluşuncaya kadar izlenen safhalarda, önemli bir değişimin olmadığı görülecektir (Tablo 9).

### 3.8. Balıkçık Safhasından Sonra Beslenen 25 – 240 g (♂) ve 250 g (♀)

#### Ağırlığındaki *O. mykiss*'lerin Yağ Asit Bileşimindeki Değişim

25 g ağırlığındaki balıkçıklar porsiyonluk (yemeklik) safhaya gelinceye kadar, besin 5 ile beslenmişlerdir. 240 g (♂) ve 250 g (♀) ağırlığa ulaşmaları sürecinde 85 g, 160 g, 175 g'lık safhalarda alınan örneklerin yağ asit bileşimi Tablo 10'da özetlenmiştir (Şekil 32 – 36).

Yağ asitleri bileşimleri yönünden, balık yavrularından bir farklılık göstermeyen besin 5'de, bazı önemli yağ asit yüzdelerinin daha yüksek olduğu görülmüştür (C14:0, C15:0, C17:0, C18:0, C18:2, C18:3, C20:0, C20:1, C22:1).

25 g ağırlığındaki balıkçıkların porsiyonluk safhaya ulaşınca kadar beslenmede kullanılan bu besinin, yağ asitleri yönünden balıkların gereksinimlerini karşılayabildiği görülmüştür. Hatta, besinde düşük yüzdede bulunan bazı yağ asitlerinin (örneğin, C16:0, C18:1, C22:2, C22:5 ve C22:6), 25 g'lık balıkçıkların ve diğer incelenen farklı ağırlıktaki balıklarda bir azalma göstermedikleri saptanmıştır.

Besin 5'de, yavru balıklara göre daha yüksek yüzdede bulunan C14:0, C18:0 ve C22:0 asitler, gelişim sürecinde çok önemli bir değişim ( $P>0.05$ ) göstermemişlerdir. Buna karşın C15:0, C17:0 ve C20:0 asitlerinde miktar düşüğe olsa önemli ( $P<0.05$ ) artışlar meydana gelmiştir.

C16:0 ve C18:1'in besindeki miktarının düşük oluşu, 25 – 240 ve 250 g ağırlık aralığındaki safhalarda, balıklardaki bulunma yüzdesini istatistiki açıdan etkilememiş ve çok az da olsa bir artışa neden olmuştur. C14:1 ve C17:1 asitlerde gelişim sürecinde değişim gözlenmezken, C15:1'de 25 g'lık balıkçıktan porsiyonluk büyüklüğe ulaşan balıklara doğru önemli bir azalma olmuştur. Bu süreçte, C16:1 miktarında da balıkçıktan itibaren bir artış meydana gelmiş ve bu artışta porsiyonluk safhaya doğru herhangi bir değişim olmamıştır. C16:1'de görülen durum, C20:1 ve C22:1 asitlerinde de saptanmıştır.

Temel yağ asitlerinden C18:2, besin 5'de yüksek seviyede olmasına (% 10.44) rağmen 85 g'lık safhadan itibaren azalmış ve bu görülen azalma 175 g'lık ve porsiyonluk erkek ve dişilerde sabitlenmiştir. Bu asitteki değişime benzer bir değişim C18:3'de de görülmüştür.

20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinden C20:2 ve C20:3 yüzdelерinde önemli bir değişim meydana gelmemiştir ( $P>0.05$ ). C20:4, 85 ve 160 g'lık safhalarda azalma göstermiş ancak, 175 g'lık safhadan sonra tekrar balıkçık safhasındaki değerine çıkmıştır. C20:5'de ise önemli bir değişim gözlenmemiştir ( $P>0.05$ ).

22 karbonlu yağ asitlerinden C22:2 ve C22:5'de, besinde az oranda bulunmalarına rağmen artış belirlenmiştir. Bu yağ asitlerinin % 2.06 – 2.75 seviyesinde buldukları tespit edilmiştir. Besinde % 5.39 seviyesinde bulunan C22:6, balıkçık safhasından itibaren (% 9.19) porsiyonluk erkek ve dişi safhasına



**Tablo 10.** Balıkçık safhasından sonra beslenen 25 – 240 g (♂) ve 250 g (♀) ağırlığındaki *O. mykiss*'lerin yağ asit bileşimindeki değişim (%)

Yağ Asitleri	Besin 5 (Ort.*±S.H.)	25 g'lık safha (Ort.*±S.H.)	85 g'lık safha (Ort.*±S.H.)	160 g'lık safha (Ort.*±S.H.)	175 g'lık safha (Ort.*±S.H.)	240 g (♂) porsiyonluk (Ort.*±S.H.)	250 g (♀) porsiyonluk (Ort.*±S.H.)
12:0 <sup>t</sup>	0.28±0.00a	0.16±0.00b	0.16±0.00b	0.11±0.00c	0.14±0.00bc	0.13±0.02c	0.13±0.00c
14:0	7.86±0.20a	6.51±0.06b	6.32±0.15b	6.19±0.02b	6.87±0.05ab	6.20±0.12b	6.04±0.04b
14:1	0.08±0.01a	0.05±0.01bc	0.06±0.01ab	0.04±0.00c	0.05±0.01bc	0.06±0.00bc	0.07±0.00ab
15:0	1.84±0.10a	0.71±0.04bd	0.96±0.01c	0.69±0.03d	0.97±0.01c	0.82±0.03b	0.83±0.02b
15:1	0.02±0.00a	0.10±0.01b	0.07±0.01c	0.03±0.00a	0.09±0.00bc	0.04±0.00a	0.03±0.00a
16:0	16.80±0.24a	20.23±0.10b	20.59±0.06b	20.29±0.04b	20.28±0.07b	20.55±1.59b	20.25±0.03b
16:1	8.64±0.09a	7.08±0.06b	8.35±0.06a	8.34±0.02a	8.45±0.07a	8.40±0.68a	8.58±0.04a
16:2	0.35±0.01a	0.30±0.01a	0.12±0.00b	0.16±0.00bc	0.19±0.00c	0.22±0.03c	0.22±0.00c
17:0	1.34±0.05a	0.58±0.02bc	0.71±0.00bd	0.50±0.01c	0.71±0.01bd	0.81±0.02d	0.73±0.00d
17:1	0.64±0.04a	0.23±0.02bc	0.33±0.00bd	0.22±0.01ce	0.26±0.00bef	0.27±0.03beg	0.35±0.00dfg
18:0	7.54±0.23a	6.26±0.21bc	6.42±0.06b	5.71±0.05cde	5.37±0.05e	6.15±0.21bd	6.05±0.02bd
18:1	18.72±0.74a	25.15±0.17b	25.75±0.06bc	25.60±0.06bc	26.17±0.09c	25.31±0.29bc	25.70±0.02bc
18:2	10.44±0.65a	8.52±0.04b	6.32±0.08c	7.55±0.02bd	6.44±0.03cd	6.57±0.13cd	6.19±0.05c
18:3	2.36±0.11a	1.79±0.09b	1.39±0.03c	1.17±0.02c	1.78±0.03b	1.22±0.10c	1.20±0.02c
20:0	2.29±0.08a	0.37±0.01b	0.69±0.02cd	0.52±0.00bd	0.67±0.00cd	0.79±0.03c	0.88±0.06c
20:1	3.50±0.29a	2.09±0.03b	2.78±0.07c	3.39±0.01ad	3.03±0.03cd	3.15±0.14ac	3.12±0.05ac
20:2	0.49±0.01a	0.53±0.01ab	0.64±0.03bc	0.44±0.01a	0.50±0.01a	0.56±0.07acd	0.64±0.02bd
20:3	0.37±0.01a	0.26±0.01b	0.24±0.00b	0.23±0.03b	0.22±0.00b	0.22±0.03b	0.29±0.00ab
20:4	0.41±0.01ab	0.45±0.03a	0.32±0.00bcd	0.23±0.01c	0.43±0.02ad	0.46±0.06a	0.52±0.04a
20:5	3.92±0.57a	3.59±0.05ab	3.06±0.01b	3.14±0.02b	3.16±0.01b	3.24±0.11ab	3.65±0.20ab
22:0	0.64±0.01a	0.28±0.00b	0.31±0.05bc	0.37±0.06bc	0.35±0.00bc	0.34±0.04bc	0.46±0.01c
22:1	3.53±0.03a	1.18±0.05b	1.64±0.03c	1.52±0.00c	1.45±0.01bc	1.62±0.13c	1.71±0.04c
22:2	1.78±0.12a	2.06±0.15ac	2.14±0.04ad	2.60±0.03be	2.42±0.02cde	2.44±0.23bcd	2.64±0.04be
22:5	0.80±0.03a	2.32±0.02bc	2.32±0.03bc	2.61±0.02bd	2.47±0.02bd	2.75±0.10d	2.11±0.04c
22:6	5.39±0.06a	9.19±0.07b	8.30±0.07c	8.39±0.02c	7.51±0.06d	7.69±0.09d	7.62±0.05d
TDYA	38.58±0.35a	35.11±0.27b	36.17±0.13b	34.36±0.09b	35.35±0.04b	35.79±1.57b	35.36±0.06b
TTDmYA	35.11±0.57a	35.88±0.04a	38.98±0.08b	39.14±0.06b	39.52±0.16b	38.84±0.66b	39.56±0.03b
TADmYA	26.30±0.87a	29.01±0.30b	24.84±0.17a	26.50±0.03a	25.13±0.20a	25.37±0.91a	25.08±0.09a

\*: Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. t: Her satırda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir. S.H.: Standart hata. TDYA: Total Doymuş Yağ Asidi. TTDmYA: Total Tek Çift Bağlı Doymamış Yağ Asidi. TADmYA: Total Aşırı Doymamış Yağ Asidi.

doğru % 7.00 seviyelerine dūşmüştür. C22:6'daki bu azalış istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

25 – 240 ve 250 g'lık gelişim süreçlerinde total doymuş yağ asitleri yüzdesinde bir değişim oluşmazken, total tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinde önemli bir artış olmuştur. Total aşırı doymamış yağ asitlerinde ise 25 g'lık safhaya göre görülen önemli azalma diğer safhalarda sabitlenmiştir.

### **3.9. *O. mykiss*'in Postlarval Gelişim Safhasında Beslenmeye Geçen Yavru Balıkların, Porsiyonluk Safhaya Ulaşımaya Kadarki (0.5 – 240 ve 250 g arası ağırlıklarda) Değişik Safhalarda Yağ Asit Bileşimindeki Değişim**

Embriyo gelişimi ve prelarval gelişim safhalarından sonra beslenmeye alınan *O. mykiss*'lerin, postlarval safha boyunca porsiyonluk büyüklüğüne erişinceye kadar belirli ağırlıklardaki (0.5 - 240 ve 250 g arası) örneklerin yağ asit içeriği ve bu süreçte yağ asitlerinde meydana gelen değişim Tablo 11'de özetlenmiştir.

Vitellus kesesinin absorbe edilmesiyle birlikte dışarıdan besin almaya başlayan yavrular değişik büyüklüğe sahip 5 tip besin ile porsiyonluk safhaya gelinceye kadar beslenmişlerdir. Bu besinlerin yağ asit içeriğinin (Tablo 7) gelişim sürecinde balıklara nasıl yansıdığı Tablo 8 - 10'da gösterilmişti. Tablo 11'deki veriler Tablo 8 - 10'daki verilerin bir bütün olarak karşılaştırılmasından elde edilmiştir.

Doymuş yağ asitleri tek tek ele alınıp incelendiğinde, ekstrem denecek derecede azalıp artış göstermemesine rağmen gelişim sürecinde bazı dalgalanmalar göstermişlerdir. Ancak, bu yağ asitlerinin total değerlerine (TDYA) bakıldığında önemli derecede bir değişim göstermediği görülmüştür. Bu nedenle total doymuş yağ asitleri yüzdesindeki değişim postlarval gelişim safhalarında en düşük % 34.26 (2.5 g'lık safha), en yüksek ise % 36.56 (1.0 g'lık safha) arasında kalmıştır. Doymuş yağ asitleri arasında C16:0, en yüksek yüzdedeki yağ asitini oluşturmuş ve gelişim sürecinde herhangi bir değişim göstermemiştir. İkinci derecede yüksek yüzdeye sahip olan C18:0, 0.5 ve 1.0 g'lık gelişim safhalarından

sonra azalma göstermiş ancak, görülen azalma sabitleşerek devam etmiş ve porsiyonluk safhada (240 g ♂, 250 g ♀) dengelenmiştir. C14:0, C16:0 gibi herhangi bir değişim göstermemiştir. Düşük yüzdeye sahip C12:0, C15:0, C17:0 ve C20:0 asitleri, azalıp artma yönünde bazı dalgalanmalar göstermeleriyle birlikte 240 - 250 g'lık safhaya doğru az da olsa artmışlardır.

Yavru balıkların beslenmeye geçmesi ve porsiyonluk safhaya erişmeleri safhalarında en fazla değişim gösteren yağ asitlerinin, tek çift bağlı doymamış ve aşırı doymamış yağ asitleri olduğu ortaya çıkmıştır. Total tek çift bağlı doymamış yağ asitleri (TTDmYA) yüzdesinde 0.5 g'lık safhadan 25 g'lık safhaya doğru azalma, bu safhadan sonra da % 2 - 3 oranında artış göstererek % 38 - 39'luk seviyeye ulaşmıştır. Total aşırı doymamış yağ asitlerinde (TADmYA) ise 25 g'lık safhaya kadar önemli bir değişim görülmezken, bu safhadan sonra % 4'e varan oranda azalma olmuştur.

Postlarval gelişim safhalarında ve safhanın sonuna doğru miktarında artış gözlenen tek çift bağlı doymamış yağ asitleri C22:1, C20:1, C14:1 ve C18:1'dir. C16:1, önemli bir değişim göstermemiştir ( $P>0.05$ ). C15:1 ve C17:1'de ise kararlı bir değişim olmamıştır. Bu yağ asitleri yüzdesi bazı safhalarda azalmış bazı safhalarda ise artmıştır.

C18:2, 25 g'lık safhaya kadar önemli bir değişim göstermezken, bu safhadan sonra önemli bir azalma göstermiştir ( $P<0.05$ ). C18:3, 175 g'lık safhaya doğru kısmen artmış, ancak porsiyonluk safhada (♂ve ♀'de) 0.5 g'lık safhadaki değere düşmüştür.

20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinden C20:5'de bir değişim gözlenmemiştir. Diğerlerinde ise (C20:2, C20:3 ve C20:4) azalma meydana gelmiştir.

C22:2 ve C22:5'in yüzdeleri gelişim boyunca % 2 - 2.5 dolaylarında kalmış ancak, artış ve azalışlar gözlenmiştir. C22:6 ise 1.5 ve 160 g'lık safhalar arasında önemli oranda artış göstermiş, 175 g'lık safhadan itibaren tekrar postlarval gelişim safhasının başlangıcındaki (0.5 ve 1.0 g'lık safhalar) değerlere inmiştir.

### 3.10. Ergin ♂ ve ♀ ile Porsiyonluk ♂ ve ♀'nin Kas Dokusu Yağ Asidi Bileşiminin Karşılaştırılması

Ergin *O. mykiss* ♂ ve ♀ balıklar ile porsiyonluk ♂ ve ♀ balıkların kas dokusu yağ asit içeriği Tablo 12'de görülmektedir.

Tablodan da izlendiği gibi en yüksek yüzdeye sahip olan yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerinden C16:0, C18:0 ve C14:0, tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden C18:1, C16:1 ve C20:1 ve aşırı doymamış yağ asitlerinden C18:2, C20:5, C22:2, C22:5 ve C22:6'nın olduğu görülmektedir. .

Miktarları % 1.00'in altında ve % 1.00 civarında bulunan C12:0, C14:1, C15:0, C15:1, C16:2, C17:0, C17:1, C18:3, C20:0, C20:2, C20:3, C20:4, C22:0 ve C22:1'in ergin ♂ ve ♀ balıklar ile porsiyonluk ♂ ve ♀ balıkların kas dokularında en düşük yüzdede bulunan yağ asitleri olduğu belirlenmiştir.

Doymuş yağ asitleri içerisinde en yüksek yüzdeye sahip olan C16:0'ın en yüksek değerine ( $22.65 \pm 1.13$ ) ergin erkeğin kasında rastlanmıştır. Ancak, bu asidin ergin ve porsiyonluk bütün balıklardaki değerleri önemli fark göstermemiştir ( $P > 0.05$ ). C18:0'ın, porsiyonluk ♂ ve ♀ balıklardaki bulunma yüzdeleri arasında önemli bir fark görülmezken ( $P > 0.05$ ), ergin ♂ ve ♀ balıklarda bulunan yüzdeleri, porsiyonluk ♂ ve ♀ balıklarda bulunan yüzdelerinden yüksek olmuştur. Bu yağ asidinin en yüksek değeri ergin dişide ( $\% 8.18 \pm 0.13$ ), en düşük değeri porsiyonluk dişide ( $\% 6.05 \pm 0.02$ ) tespit edilmiştir. C18:0'da olduğu gibi, C14:0'ın da ergin ♂ ve ♀ balıklarda daha yüksek değere sahip olduğu dikkati çekmektedir. Porsiyonluk ♂ ( $\% 6.20 \pm 0.12$ ) ve ♀ ( $\% 6.04 \pm 0.04$ ) balıklarda bulunan değerleri arasında istatistiki bir fark görülmemiştir ( $P > 0.05$ ). En yüksek değerine ergin ♀'de ( $\% 7.16 \pm 0.27$ ) rastlanmıştır.

Ergin *O. mykiss* ♂ ve ♀ balıkları ile porsiyonluk ♂ ve ♀ balıklarının incelenen kas dokuları arasında en yüksek yüzdeye sahip olan C18:1'in ergin ♂ ile porsiyonluk ♀ ve ♂'in kasında bulunan miktarları arasında bir fark bulunmamıştır ( $P > 0.05$ ). Bu yağ asidi ergin ♀'de en yüksek değere ( $\% 29.15 \pm 0.59$ ) ulaşmıştır. Tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden C16:1'in ergin ♂ ( $\% 9.70 \pm 0.29$ ) ve ♀'deki ( $\% 10.93 \pm 0.25$ ) yüzdeleri, porsiyonluk ♂ ( $\%$

8.40±0.68) ve ♀'deki (% 8.58±0.04) yüzdelerinden daha yüksektir. C20:1, C18:1 ve C16:1'in aksine, ergin ♀'de (% 2.54±0.05) en düşük değerde bulunmuştur. Ergin ♂, porsiyonluk ♀ ve ♂ balıkların kasında bulunan değerleri arasında bir fark tespit edilememiştir (P>0.05).

Temel yağ asitlerinden C18:2, porsiyonluk ♂ (% 6.57±0.13) ve ♀ (% 6.19±0.05) balıkta en yüksek değerlere ulaşmıştır. En düşük değerine ise (% 3.47±0.10) ergin ♂'te rastlanmıştır. Miktarı daha düşük olmasına rağmen C18:3, C18:2'deki dağılımın benzerini göstermiştir.

20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinden C20:2, C20:3 ve C 20:4 yüzdeleri % 1.00'in altında bulunmasına rağmen, C20:5 ergin ve porsiyonluk bütün balıklarda % 2.00 ve % 4.00 civarında bulunmuştur ve bütün balıklarda farklı bir dağılım göstermiştir. Ergin ♂ ile porsiyonluk ♀'de istatistiksel bir fark göstermezken (P>0.05), en düşük ergin ♀'de (% 2.01±0.02) ve en yüksek ergin ♂'te (% 3.91±0.06) rastlanmıştır.

22 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinden C22:2, C22:5 ve C22:6'nın porsiyonluk ♂ ve ♀'de bulunan değerlerinin, ergin ♂ ve ♀'de bulunan değerlerinden yüksek olduğu göze çarpmaktadır. C22:2, porsiyonluk ♂ ve ♀'de % 2.00 civarında bulunurken, aynı yağ asidi ergin ♂ ve ♀'de % 1.00 civarında kalmıştır. C22:5'in, ergin ve porsiyonluk balıkların kas dokusundaki miktarı % 2.00 – 3.00 arasındadır. En yüksek yüzdede porsiyonluk ♂ balıkta (% 2.75±0.10), en düşük ise ergin ♀ balıkta (% 2.03±0.13) tespit edilmiştir. C22:6, porsiyonluk ♂ ve ♀ balıklarda oldukça yüksek miktarlarda olduğu bulunmuştur. Bu balıklardaki değeri % 7 civarında iken, ergin ♂ ve ♀'de % 3.00 civarında kalmıştır.

Total doymuş, tek çift bağlı doymamış ve aşırı doymamış yağ asitlerine bakıldığında, ergin ♂ ve ♀ balıkların kas dokularında total doymuş ve total tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinin, porsiyonluk ♂ ve ♀'lerdekinden daha yüksek, total aşırı doymamış yağ asitlerinin de, porsiyonluk ♂ ve ♀ balıklarda daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

**Tablo 12.** Ergin ♂ ve ♀ ile porsiyonluk ♂ ve ♀'nin kas dokusu yağ asidi bileşiminin karşılaştırılması (%)

Yağ Asitleri	Ergin ♂ (Ort.*±S.H.)	Porsiyonluk ♂ (Ort.*±S.H.)	Ergin ♀ (Ort.*±S.H.)	Porsiyonluk ♀ (Ort.*±S.H.)
12:0 <sup>t</sup>	0.17±0.02b	0.13±0.02b	0.06±0.01a	0.13±0.00b
14:0	6.61±0.19ab	6.20±0.12b	7.16±0.27a	6.04±0.04b
14:1	0.13±0.03b	0.06±0.00a	0.05±0.00a	0.07±0.00a
15:0	1.72±0.02b	0.82±0.03c	1.19±0.02a	0.83±0.02c
15:1	0.11±0.00b	0.04±0.00b	0.23±0.06a	0.03±0.00b
16:0	22.65±1.13a	20.55±1.59a	20.14±0.71a	20.25±0.03a
16:1	9.70±0.29ab	8.40±0.68c	10.93±0.25a	8.58±0.04bc
16:2	0.26±0.05a	0.22±0.03a	0.20±0.01a	0.22±0.00a
17:0	1.39±0.07b	0.81±0.02ac	0.92±0.00a	0.73±0.00c
17:1	0.47±0.05b	0.27±0.03a	0.25±0.02a	0.35±0.00a
18:0	6.78±0.17b	6.15±0.21c	8.18±0.13a	6.05±0.02c
18:1	25.50±0.34b	25.31±0.29b	29.15±0.59a	25.70±0.02b
18:2	3.47±0.10b	6.57±0.13c	5.19±0.21a	6.19±0.05c
18:3	0.46±0.02b	1.22±0.10c	0.97±0.06a	1.20±0.02c
20:0	0.94±0.03a	0.79±0.03a	0.79±0.18a	0.88±0.06a
20:1	3.32±0.17b	3.15±0.14b	2.54±0.05a	3.12±0.05b
20:2	0.87±0.05b	0.56±0.07c	1.10±0.07a	0.64±0.02c
20:3	0.45±0.03b	0.22±0.03c	0.30±0.00a	0.29±0.00ac
20:4	0.85±0.04b	0.46±0.06c	0.63±0.04a	0.52±0.04ac
20:5	3.91±0.06b	3.24±0.11c	2.01±0.02a	3.65±0.20b
22:0	1.61±0.04b	0.34±0.04a	0.36±0.01a	0.46±0.01c
22:1	1.55±0.15b	1.62±0.13b	0.54±0.05a	1.71±0.04b
22:2	1.41±0.15a	2.44±0.23b	1.29±0.05a	2.64±0.04b
22:5	2.66±0.34bc	2.75±0.10c	2.03±0.13a	2.11±0.04ab
22:6	3.01±0.10b	7.69±0.09c	3.80±0.10a	7.62±0.05c
TDYA	41.87±0.63b	35.79±1.57c	38.80±0.19a	35.36±0.06c
TTDmYA	40.79±0.06b	38.84±0.66c	43.69±0.33a	39.56±0.03c
TADmYA	17.34±0.57a	25.37±0.91b	17.51±0.46a	25.08±0.09b

\*: Her veri üç tekrarın ortalamasıdır. t: Her satırda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir. S.H.: Standart hata. TDYA: Total Doymuş Yağ Asidi. TTDmYA: Total Tek Çift Bağlı Doymamış Yağ Asidi. TADmYA: Total Aşırı Doymamış Yağ Asidi.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada kullanılan kuluçka havuzu ve ana havuzdaki suyun sıcaklık değerlerinin Temmuz ayında (13.5 °C) en yüksek, Kasım ve Aralık aylarında (9.0 °C) en düşük değere sahip olduğu kaydedilmiştir. Ana havuzda O<sub>2</sub> değerlerinin kuluçka havuzuna göre düşük olduğu belirlenirken, her iki havuzdaki suyun pH değerlerinin 7 ile 7.5 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Denemeler süresince, havuzlardaki suyun O<sub>2</sub> ve sıcaklık değerlerinin değişken olmasının, balıkların metabolizması üzerine etkili olabileceği bilinmektedir. Balıklar, ortamın değişen sıcaklığına ve O<sub>2</sub> durumuna karşı yağ asit metabolizmalarını ayarlayarak yaşamlarını sürdürürler (Farkas ve Csengeri, 1976; Henderson ve Sargent, 1981; Akpınar ve Aksoylar, 1988; Kiessling ve ark., 1990; Saka, 1996). İncelememiz süresince gözlemlediğimiz örneklerde herhangi bir ölüm olayının meydana gelmemesi bu parametrelerde meydana gelen değişimin balıkların gelişimini etkilemediğini göstermektedir.

Balık soğuk kanlı hayvan (poikloterm) olduğu için bütün metabolizma faaliyeti su sıcaklığı ile yakından ilgilidir. Sabit vücut sıcaklığına sahip olmadıklarından devamlı değişen sıcaklıklara adapte olabilmeleri canlılıkları için çok önemlidir. Bu konuda yapılan araştırmalarla, balıkların uzun süre soğukta bırakılmaları halinde fosfolipidlerindeki uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitlerinin arttığı saptanmıştır (Reiser ve ark., 1963; Hazel ve Prosser, 1974; Miller ve ark., 1976; Farkas ve Csengeri, 1976; Akpınar ve Aksoylar, 1988; 1989). Balıkların uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitlerini biriktirerek soğuğa adapte olmalarında yağ asitlerinin doymamışlıkları yanında bazı membran enzimlerinin aktivitelerindeki artış da büyük önem taşımaktadır (Muto ve Gibson, 1970; Farkas ve Csengeri, 1976; Cossins ve ark., 1978; Hazel, 1979).

Membranlarda fosfolipidlerin, kolesterolün ve özellikle doymamış yağ asitlerinin bulunuşunun, membran akışkanlığının kontrol edilmesinde oldukça önemli olduğu kabul edilmiştir. Membran yapısına giren bu bileşiklerin miktarları ve yapıdaki yağ asitlerinin doymamışlık derecesi, membrana bağlı enzimlerin aktiviteleri ile permeabilededeki değişimlere uygun olarak düşük sıcaklıklarda artış gösterir (Giese, 1968; Wodtke, 1978; Van den Thillart ve Bruin, 1981). Ancak,

sıcaklık arttığında doymamış yağ asitleri miktarında azalma, doymuş yağ asitlerinde ise artma olur (Farkas, 1984; Akpınar ve Aksoylar, 1988).

Farkas ve Csengeri (1976), *Cyprinus carpio* L.'de çevresel sıcaklıkla ilişkili olarak total lipid ve fosfolipidlerdeki yağ asitleri bileşimlerini çalışmışlar ve uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitlerinin düşük sıcaklıklarda daha fazla sentezlendiğini saptamışlardır. Ayrıca balıkların ortamın sıcaklığına göre yağ asitlerinin biyosentezini çok çabuk ayarlayabildiklerini tespit etmişlerdir.

Shimizu ve ark. (1973), balıkların lipid içeriğinde görülen değişimin, ortamdaki besinin ve su sıcaklığında meydana gelen, mevsimsel değişimler sonucunda oluştuğunu belirtmiştir.

*Oncorhynchus mykiss*'in doğal yaşam ortamı, yazın yaklaşık 12 °C su sıcaklığına sahip olan tatlı sular olmakla birlikte, kaliteli bir su ortamında en iyi büyümeyi 15 – 20 °C arasında gösterdiği (Gall ve Crandell, 1992) ve yumurta içindeki embriyonik gelişim evresinde ihtiyaç duyduğu optimum sıcaklık aralığının 9 – 13 °C arasında olduğu (Kamler, 1992) rapor edilmiştir.

Sıcaklık, sindirim enzimlerinin salgılanma hızına ve etkinliğine, sindirilmiş besinin emilim hızına ve sindirim kanalının kas etkinliğine etki eder (Demir, 1992). Besin düzeyinde ve su sıcaklığında meydana gelen azalma, balıkların vücut ağırlığında azalma ile sonuçlanır. Balıklarda metabolik hız, büyüme, enerji harcanması ve besin alınımı su sıcaklığı ile oldukça etkilenmektedir. Su sıcaklığı 10 °C'den 18 °C'ye arttırıldığında *Oncorhynchus mykiss*'in besinleri sindirmesinde artış, 15 °C'den 7.5 °C'ye düşürüldüğünde ise azalış olduğu araştırmalarla belirlenmiştir (Choubert ve ark., 1982; Watanabe ve Ohta, 1995; Azevedo ve ark., 1998).

Çelikkale (1994)'ye göre, embriyonik gelişim evresi ve yavru çıkış döneminde istenilen ideal su sıcaklığı 7 – 12 °C, larva ve yavru büyütme evresi için 8 – 13 °C ve balıkçıkların büyütülmesi ve besi için arzu edilen optimum su sıcaklığı 12 – 18 °C arasındadır.

Denemelerde kullandığımız kuluçka havuzu ve ana havuzun sıcaklık değerlerinin (Tablo 1), embriyonik gelişim evresi ve yavru çıkış dönemi ile larva ve yavru büyütme evresinde ideal su sıcaklığı aralığında olduğu, balıkçık ve



yemeklik balık büyüklüğüne ulaştırmak için ise bu su sıcaklığının biraz düşük olduğunu göstermektedir.

Su, balığın ana yaşam ortamı olduğundan suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri uygun olmalıdır. Balıkların lipid bileşimlerini etkileyen önemli çevresel faktörlerden su sıcaklığının yanısıra, suyun oksijen içeriği, pH değeri, besin miktarı ve yem kalitesinin de etkili olduğu bilinmektedir. Suyun oksijen içeriği, yem alımı ve değerlendirmesinde direkt etkindir. Oksijen miktarının düşüşü yem alımı, alınan yemin değerlendirmesi ve büyümeyi olumsuz yönde etkiler. Araştırmacılar *Oncorhynchus mykiss*'in 3 mg/l<sup>-1</sup> çözülmüş oksijen düzeyinin biraz üzerinde canlılığını koruyabildiğini ancak, düşük oksijen düzeyinin beslenmesi üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, 3 mg/l<sup>-1</sup> yada altındaki çözülmüş oksijen miktarının, başta sıcaklık olmak üzere çevresel şartlara bağlı olarak, *Oncorhynchus mykiss*'in ergin ve parrucuk büyüklüğündeki yavruları için ölüm sınırı olduğunu bildirmişlerdir (Gutsell, 1929; Doudoroff ve Shumway, 1970; Davis, 1975; Raleigh ve ark., 1984; Matthews ve Berg, 1997). Alabalıklar için suyun O<sub>2</sub>'inin 5 mg/l<sup>-1</sup> olduğunda boğulma görüldüğü, 7 mg/l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>'in herhangi bir zarar vermemekte ise de, 10 - 11 mg/l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>'in uygun değer olduğu saptanmıştır (Özdemir, 1994).

Yumurtaların oksijen gereksinimleri suyun sıcaklığı ile değişir. Bir alabalık yumurtasının oksijen gereksinimi 10 °C'de, 0 °C'ye nazaran 30 katı daha fazladır. Yumurtaların oksijen tüketimi embriyonal gelişme evresinde de önemli derecede değişme gösterir. Embriyonun büyümesine paralel olarak oksijen tüketimi artar. Bu artış embriyonik gelişimin başlangıcına göre son döneminde 20 katı daha fazladır. Yumurtaların döllenenmesinden, açılmasına kadar bir alabalık yumurtası yaklaşık 3 mg oksijen harcar. Buna karşın, yumurtadan çıkmış bir larvanın oksijen gereksinimi, embriyonik gelişim evresindeki yumurtaya nazaran 10 kat daha yüksektir. Suda oksijenin az olması embriyonal gelişmeyi uzatır (Blaxter, 1969; Dabrowski ve ark., 1984; Çelikkale, 1994; Matschak ve ark., 1998).

Alabalık yetiştiriciliği yapılan sular nötr veya çok hafif alkali olmalıdır. Asidik sular balıkların iştahını azaltır ve toksik etkileri de vardır. Fazla asitli

sularda serbest H iyonlarının oluşumundan dolayı balıkların hücre zarlarına zarar verir. Suyun en uygun pH değerinin Çelikkale'ye göre (1994) 6.5 – 8.5, Özdemir'e göre (1994) 7.5 – 8.0. Billard (1986) ve Noel ve Le Bail'e göre (1997) 6.7 – 7.4, Wicks ve Randall'a göre (2002) 7.2 - 7.3 aralığında olması gerektiği belirtilmiştir.

Oksijen değerlerimizin ana havuzda, kuluçka havuzuna göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Suyun oksijen miktarında meydana gelen düşmenin, sıcaklığında meydana gelen düşme gibi yem alımı, alınan yemin değerlendirilmesi ve büyümeyi olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (Choubert ve ark., 1982; Demir, 1992; Watanabe ve Ohta, 1995; Azevedo ve ark., 1998; Matschak ve ark., 1998). Dolayısıyla, yemeklik balık büyüklüğüne ulaşma zamanı uzar ve bunun sonucu kârlılık azalır. Üretim tesisinde denemelerde kullandığımız beslemeye geçen yavru balıklarımızın, yemeklik balık büyüklüğüne ulaşmasının (200 - 250 g) 15 ayı bulması, ana havuzun sıcaklık ve oksijen değerlerinin balıkçık ve yemeklik balık büyüklüğüne ulaştırmak için düşük olmasına bağlanabilir. Zira Çelikkale (1994), alabalık yetiştirilecek suyun sıcaklığının balıkçık ve besi balığı devresinde 12 – 18 °C arasında olması gerektiğini, Gall ve Crandell (1992) *Oncorhynchus mykiss*'in, kaliteli bir su ortamında en iyi büyümeyi 15 – 20 °C arasında gösterdiğini bildirmektedir.

Denemelerde kullanılan havuzlarda kaydedilen pH değerlerinin, Billard (1986), Çelikkale (1994), Özdemir (1994), Noel ve Le Bail (1997), Wicks ve Randall (2002)'in değerleriyle uyumlu bulunmuştur.

Üretim tesisindeki havuzların sıcaklık ve oksijen değerlerinin düşük olması tesiste kullanılan suyun kaynak suyu oluşuna bağlanabilir. Kaynak ile işletme arasında, suyu yüksekte akıtacak yeterli kot farkının olmayışı, kaynak suyunun yeterince havalandırılıp oksijence zenginleştirilmeden işletmeye direkt akıtılması da değerlerin düşük olmasında etkili olabilir. Kaynak suları, soğuk ve çözünmüş oksijen miktarı açısından fakirdir. Ayrıca bu sularda CO<sub>2</sub> ve benzeri gazlar da bulunmaktadır. Çözünmüş oksijen miktarı; suyun sıcaklığı, basıncına ve derinliğine de bağlıdır (Todd, 1976; Matthews ve Berg, 1997).

Balıkların erken gelişim evrelerinde yumurtada bulunan vitellus, embriyonik gelişim evresi ve yumurtadan yeni çıkmış larvalar için en önemli besin ve enerji kaynağıdır. Yumurtalar sadece solunum gazları ve sıcaklığın değişimine izin veren yarı kapalı bir sistem gibi çalışır (Rønnestad ve ark., 1994). Gelişmekte olan embriyolar, başarılı bir gelişme için yumurta sarısında depolanan besinlere bağlıdır. Bu depolanan besinler bağımlı oldukları birkaç aylık periyotda alabalıklar için daha çok önemlidir ve vitellus miktarı oldukça fazladır. Vitellusta bulunan temel besinlerin kompozisyonundaki değişim, yumurtaların ve keseli yavruların hayatta kalmalarında etkili olur. Vitellusun absorbe edilme hızı, su sıcaklığına, başlangıçtaki yumurta büyüklüğüne ve vitellus miktarına bağlıdır (Springate ve Bromage, 1984; Knox ve ark., 1988; Jaworski ve Kamler, 2002).

Balıklarda, yumurta hücresinin döllenmesinden itibaren geçirilen embriyonik gelişim evrelerinin toplam süresi, türlere göre değiştiği gibi ortam koşullarına, özellikle sıcaklık, oksijen ve ışığa göre de çok değişmektedir. Örneğin, *Oncorhynchus mykiss* yumurtası, 7 °C'de 48 günde, 10 °C'de 31 günde, 13 °C'de 24 günde; *Salmo trutta* yumurtası, 7 °C'de 64 günde, 10 °C'de 41 günde ve *Cyprinus carpio* yumurtası, 20 – 25 °C'de 60 – 70 günde açılır (Akpınar, 1999a).

Desvilettes ve ark. (1997), 15 ± 1.1 °C su sıcaklığında, *Esox lucius* L. yumurtalarının döllendikten 7 gün sonra açıldığını ve kesenin döllendikten 13 gün sonra tamamen absorbe edildiğini tespit etmişlerdir.

Fraser ve ark. (1988), *Gadus morhua* yumurtalarının 6 – 8 °C sabit su sıcaklığında 20 – 21 günde açıldığını ve yaklaşık 6 gün sonra da keselerini absorbe ettiğini saptamışlardır.

Cowey ve ark. (1985), 4 - 9 °C arasında değişen su sıcaklığında *Salmo salar* yumurtalarının döllendikten 50 gün sonra gözlenme evresine geçtiğini, 98 gün sonra yumurtaların açıldığını ve 138 gün sonra serbest yüzme safhasına ulaştıklarını belirlemişlerdir.

Atchison (1975), 11 – 13 °C su sıcaklığında, *Salvelinus fontinalis* yumurtalarının, döllendikten 40 gün sonra açıldığını ve vitellusun yine

yumurtaların döllenesinden 72 gün sonra tamamen absorbe edildiğini gözlemiştir.

Knox ve ark. (1988),  $10 \pm 1$  °C su sıcaklığında, *Salmo gairdneri* yumurtalarının, döllendikten 24 gün sonra embriyoda göz oluşumunun başladığını, 35 gün sonra yumurtaların açılarak keseli yavruların çıktığını ve 58 gün sonra ise serbest yüzme aşamasına geldiğini gözlemiştir.

Bu çalışmada, 9 °C su sıcaklığında *Oncorhynchus mykiss*'de embriyonik gelişimin 30. gününde embriyoda göz oluşumunun başladığı (gözlü embriyo) ve 45. gelişim gününden sonraki 6 gün içinde yumurtaların açılarak keseli yavruların çıktığı gözlenmiştir. Keseli yavruların, 43. günden sonra keselerinin kaybolduğu belirlenmiştir. Embriyonik gelişim sürecinin uzaması ve keseli yavruların keselerini daha uzun sürede absorbe etmesi, kuluçkahanede kullanılan suyun soğuk olmasına ve oksijen miktarının düşük olmasına bağlanabilir. Birçok çalışma, su sıcaklığının düşük olmasının ve suda oksijen miktarının az olmasının embriyonal gelişmeyi uzattığını ve kesenin daha geç absorbe edilmesine neden olduğunu rapor etmiştir (Choubert ve ark., 1982; Springate ve Bromage, 1984; Knox ve ark., 1988; Çelikkale, 1994; Watanabe ve Ohta, 1995; Desvilettes ve ark., 1997; Azevedo ve ark., 1998; Jaworski ve Kamler, 2002).

Balıkların embriyonik gelişiminde gerek inkübasyon periyodu, gerekse onu izleyen gelişme periyodu türlere göre değiştiği gibi, aynı tür içinde ortam koşullarına göre de değişmektedir. Yumurtaların gelişiminde en önemli çevre faktörleri; su sıcaklığı, oksijen, ışık ve suyun temizliğidir. Su sıcaklığının yükselmesi embriyonal gelişmeyi hızlandırmakta ve çıkış süresini kısaltmaktadır. Buna karşın yavru büyüklüğü azalmaktadır. Optimum sıcaklık türlere göre değişmektedir. Sıcaklıkta meydana gelen çok fazla yükselme ve düşüşler yada ani değişimler yumurtaların ölümüne neden olmaktadır (Lagler ve ark., 1967; Demir, 1992; Çelikkale, 1994).

Wiegand ve ark. (1989), 22 °C sabit sıcaklıkta inkübe edilen *Carassius auratus* L. embriyo ve larvalarını 13 °C sıcaklıkta inkübe edilenlerle karşılaştırdıklarında, 13 °C sıcaklığa maruz kalan embriyo ve larvalarda, anormal gelişimler ve bazı durumlarda yumurtadan çıktıktan sonra yavruların yaşama

yeteneklerinde bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir. 22 °C den 13 °C ye geçirilen embriyolarda gelişimsel anormalliklerin önemli ve bir hayli sık oluştuğunu, yumurta döllendikten sonra 6., 24., 128. ve 175. saatlerde gözlemişlerdir.

*Sciaenops ocellata* yumurtalarının, yüksek inkübasyon sıcaklığında çok hızlı geliştiği ve bu esnada lipidleri katabolize ettikleri saptanmıştır (Lindroth, 1946; Lillelund, 1967; Hokanson ve ark., 1973; Vetter ve ark., 1983). Hokanson ve ark. (1973), 15 °C yada daha yüksek sıcaklıklarda inkübe edilen *Esox lucius* L. yumurtalarının embriyonik gelişiminin hızlanmasından dolayı daha erken gelişerek yumurtadan çıktığını tespit etmişlerdir.

Gelişme esnasında sıcaklığın optimumun üzerinde olmasının, embriyo tarafından proteinlerin yerine lipid kullanımını hızlandırdığı Ehrlich ve Muszyinski (1982) tarafından saptanmıştır. Ayrıca *Sciaenops ocellata*'nın kısa olan embriyonik safhasının yüksek sıcaklıkta gerçekleşmesi, polar lipidlerle beraber nötral lipidleri de tükettiği Vetter ve ark. (1983) tarafından belirlenmiştir.

Wiegand ve ark. (1991), iki farklı sıcaklıkta gelişmekte olan *Carassius auratus* L. larvalarının yumurta sarısı yağ asitlerinin kullanımını araştırmışlardır. Yağ asidi analiz sonuçlarından larvaların, yumurtada mevcut olandan daha yüksek oranlarda C16:0, C18:0, C20:4 $\omega$ 6 ve C22:6 $\omega$ 3'ü dokularında bulduklarını saptamışlardır. 13 °C de yumurtadan yeni çıkmış larvalarda aşırı doymamış yağ asitleri oranlarının, 22 °C deki larvalardan daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

*Oncorhynchus mykiss*'in ergin dişi ve erkek bireylerinin analizlenen dokularında (Aralık 2000, 9 °C su sıcaklığı) (karaciğer, kas, ovaryum, testis, yumurta ve sperm) yağ asitlerinin kalitatif yönden zengin olduğu belirlenmiştir. Örneklerin alındığı 9 °C su sıcaklığında bu dokularda doymuş yağ asitlerinden C16:0, C18:0 ve C14:0, tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden C18:1, C16:1 ve C20:1 ve aşırı doymamış yağ asitlerinden C18:2, C22:6, C22:5, C20:5'in yüksek yüzdede buldukları belirlenmiştir (Tablo 2 ve 3).

C16:0, C18:1 ve C20:1 asitleri temel yağ asidi özelliği taşımazlar ve direkt besin yoluyla alınabildiği gibi, dokularda, karbonhidrat ve amino asitlerin öncüllerinden sentezlenebilen yağ asitleridir. Bunların, depo lipidlerinin başlıca

yağ asidi bileşenleri olduğu belirtilmektedir (Hayashi ve Takagi, 1977; Lands, 1985; Gurr ve Harwood, 1991). Bu yağ asitlerine ait elde ettiğimiz veriler bu bilgileri desteklemektedir.

C18:2 ve C18:3 temel yağ asitleri olup balık dokularında sentezlenemediklerinden besin yoluyla alınırlar. Diğer aşırı doymamış yağ asitlerinden C20:5, C22:5 ve C22:6 gibi yağ asitleri eğer besinde bulunmazlarsa, C18:2 ve C18:3 asitlerden dokularda zincir uzama reaksiyonları sonucu sentezlenirler. Balık türleri bu yağ asitlerini, aynı zamanda besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fitoplanktonlardan sağlayabilirler (Neuhaus ve Halver, 1969; Ackman ve Eaton, 1976; Gurr ve Harwood, 1991; Konar ve ark., 1999). Bu aşırı doymamış yağ asitleri, depo lipidlerinde bulunan yağ asitlerinin aksine, vücudun en küçük yapıtaşı olan hücrelerin yapısal elemanları olarak bilinirler. Bu yağ asitleri balık türlerinin eşey hücrelerinin olgunlaşmaları esnasında karaciğer ve kas dokularından gonadlara mobilize edilirler (Tocher ve Sargent, 1984).

Reiser ve ark. (1963), Takeuchi ve Watanabe (1977), Watanabe ve ark. (1984 a), Sargent ve ark. (1995) ve Tocher ve Dick (2000) balıkların sentezleyemedikleri ancak, besin yoluyla alabildikleri C18:2 ve C18:3'e gereksinimlerinin büyük olduğunu ve miktarlarındaki farklılığın beslenmeden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ayrıca, bu yağ asitlerinin balıklarda birçok uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitlerinin (C20:3, C20:5, C22:5, C22:6 gibi) sentezinde öncü olarak görev yapmaları yanında, gonad gelişimi için de gerekli olduklarını saptamışlardır. Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler C18:2 ve C18:3'ün ergin dişi ve erkek bireylerin kas dokularında daha düşük yüzdelerde buldukları sonucunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 12). Ayrıca bu yağ asit miktarlarının, porsiyonluk dişi ve erkek balıkların kas dokularında daha yüksek yüzdede bulunması, bu balıkların gonad olgunlaşması ve gamet oluşumunda kullanmadıkları fikrini vermektedir.

Mevcut çalışmada ergin erkek ve dişi balıkların kas dokularında bulunan total doymuş ve total tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinin, porsiyonluk erkek ve dişide bulunma miktarlarından daha yüksek olduğu ancak, total aşırı doymamış yağ asitlerinin de, ergin dişi ve erkek balıklara göre, porsiyonluk erkek ve dişi

balıklarda daha yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 12). Benzer konularda yapılan araştırmalarla ergin dişi ve erkek balıklarda total aşırı doymamış yağ asitlerinin düşük oranda oluşu elde ettiğimiz sonuçları destekler niteliktedir (Jangaard ve ark., 1967; Hayashi ve Takagi, 1977; Akpınar, 1987 a; Yılmaz ve ark., 1995). Özellikle üreme periyodunda yumurta ve sperm hücrelerini bırakan bireylerin kas, karaciğer ve gonadlarında total lipid ve aşırı doymamış yağ asit miktarlarında azalmanın oluşu, balıkların bu periyotta gereksinim duydukları enerjiyi bu dokulardaki lipidlerden sağladıklarını göstermektedir

Newsome ve Leduc (1975), üreme dönemi boyunca balıkların gerekli olan enerji ihtiyaçlarını kas dokusundaki lipidlerden sağladıklarını ifade etmişlerdir. Ackman (1967), aynı gölde yaşayan üç farklı tür üzerinde yaptığı çalışmada, yumurtlama mevsimi öncesinde, kas dokusundaki lipid miktarının arttığı ve üreme mevsimi sonunda da azaldığını belirtmiştir. Aynı fizyolojik olay *Coregonus albula*'nın kas dokusunda da gözlenmiştir (Mute ve ark., 1989).

Balıklar lipidleri karaciğer ve kas dokularında depo ettiklerinden, burada depolanan lipidlerin fizyolojik olarak önemleri büyüktür. Çünkü, balık türleri, bir çok fizyolojik fonksiyonlarını yerine getirebilmek için, enerji kaynağı olarak depo ettikleri lipidleri kullanırlar. Beslenme mevsimi süresince eşey hücrelerinin gelişimi için kullanacakları biyomolekülleri kas ve karaciğer dokularında depo ederler (Neuhaus ve Halver, 1969; Ackman ve Eaton, 1976; Cho ve ark., 1985; Konar ve ark., 1999). Bundan dolayı, ergin dişi ve erkek bireylerin kas dokularındaki bazı yağ asit miktarlarının (C14:0, C16:1, C18:0, C18:1) porsiyonluk balıklarinkinden yüksek bulunması, üreme için gerekli olan bu enerji ve yapısal moleküllerin bu dokuda depolanmasından kaynaklanabilir. Ayrıca, bulgularımızda porsiyonluk dişi ve erkek balıkların kas dokusu C22:6, C22:5, C22:2, C22:1, C20:5, C20:1, C18:3 miktarlarının, ergin bireylerden daha yüksek olması, bu balıklarda henüz gamet oluşmasının başlamamış olması ile ilgili olabilir (Tablo 12). Zira, Jangaard ve ark. (1967), *Gadus morhua* L.'nin ergin olmayan ve ergin bireylerinin karaciğer ve kas dokularındaki yağ asitlerinin üreme evresinde eşeye bağlı olmadan azaldığını ve özellikle uzun zincirli aşırı

doymamış yağ asitlerindeki (C20:3, C20:5, C22:5, C22:6) azalmanın doymuş yağ asitlerine göre daha belirgin olduğunu bildirmişlerdir.

Akpınar (1987 a) da *Cyprinus carpio* L.'nin ergin olmayan ve ergin bireylerinin gonadlarındaki total lipid miktarının değişimini incelemiş, ergin olmayan balıkların gonad ağırlıkları arasında mevsimsel olarak belirgin bir farkın görülmemesinin, bu balıklarda gamet oluşturma çabalarının henüz başlamamış olmasına bağlamıştır. Ayrıca, olgunlaşmamış gonadların total lipid miktarındaki değişimin belirgin olmadığını tespit etmiştir. Ergin balıkların gonadlarında depolanan total lipid miktarının, ergin olmayan balıklardakine göre daha fazla olduğunu ve bu durumu, ergin erkek ve dişi balıkların gonadlarında, gonad gelişimi ve yumurta bırakma evrelerinde daha fazla total lipide gereksinme olması ile açıklamıştır.

Balıkların kimyasal bileşenlerindeki en belirgin değişim, özellikle üreme periyodunda lipid içeriğinin azalmasıyla görülmektedir. Üreme periyodundan önce, gonadların gelişimi için protein ve lipide olan gereksinim fazla olduğundan karaciğer, gonad gelişimi ve gamet oluşumu sırasında kullanılacak lipidin büyük bir kısmını depo eder. Bununla beraber, üreme için gerekli olan enerji daha çok kas dokusundaki lipidlerden sağlanır. Bu nedenlerle üreme evresinde, balıkların karaciğer ve kas dokusu lipidleri ve yağ asitleri miktarlarında önemli derecede azalmanın meydana geldiği bilinmektedir (Stansby, 1969; Kinsella ve ark., 1978; Medford ve Mackay, 1978; Vlaming ve ark., 1978; Dabrowski, 1982; Akpınar, 1986 a; b; 1987 a).

Salmonid'lerin eşeyssel olgunlaşması ile lipid metabolizmalarındaki değişimlerin aynı periyoda rastladığı ve eşeyssel olgunluğa erişmeyenlerde ise lipid metabolizmasının pek değişmediği yapılan araştırmalarla saptanmıştır. Eşeyssel olgunluğa erişmeyen balıklarda lipidlerin, büyüme ve enerji kaynağı için kullanıldığı belirtilmektedir. Bu araştırmalarda, yumurtlama öncesi periyotta balıklar tarafından alınan besinde bir azalma olduğu, depo yağlarının yumurta ve sperm olgunlaşması için kullanıldığı ve yumurta bırakma periyodu sonrasında vücut ağırlığında hissedilir derecede bir düşüşün meydana geldiği de vurgulanmıştır (Love, 1980; Dannevig ve Norum, 1983).



Bulgularımızda ergin *Oncorhynchus mykiss* dişilerinin karaciğer, kas ve ovaryumun yağ asit profillerinin kalitatif olarak hiçbir fark göstermediği ancak, kantitatif olarak bazı yağ asitlerinin bu dokularda bulunma yüzdeleri arasında farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, karaciğer ve kas dokusu yağ asit profiline, ovaryumlara aynen yansıdığı görülmüştür (Tablo 2). Akpınar (1986 a; 1987 a; b), *Cyprinus carpio* L.'nin kas, karaciğer ve gonadlarında yaptığı çalışmalarda, ergin bireylerin gonad yağ asidi bileşimleri ile karaciğer ve kasdaki yağ asidi bileşimleri arasında bir fark olmadığını, ancak yağ asitlerinin yüzde miktarları arasında fark bulunduğunu belirtmesi, bu çalışmada tespit edilen bulguları destekler niteliktedir.

Leray ve Pelletier (1985), *Oncorhynchus mykiss*'leri bir yıl boyunca % 1  $\omega$ 3 yağ asitlerini içeren besinle beslemeleri sonucunda bazı organ ve gametlerin fosfolipidlerdeki yağ asit kompozisyonu üzerine yaptıkları çalışmada, kas dokusu fosfolipidlerinde bulunan C18:2, C20:4, C20:5, C22:5 ve C22:6 değerlerinin sırasıyla % 9.53, % 4.24, % 2.17, % 1.85 ve % 20.65 olduğunu belirlemişlerdir. Karaciğer dokusunda ise aynı yağ asitlerini sırasıyla % 4.90, % 11.10, % 2.60, % 1.10 ve % 23.90 olduğunu bildirmişlerdir. Yumurtada bu yağ asitlerinin % 3.20, % 8.20, % 2.00, % 1.50 ve % 20.70, spermde ise % 4.65, % 8.40, % 3.90, % 2.40 ve % 19.20 olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, *Oncorhynchus mykiss*'lerin karaciğer ve kas dokusu ile yumurta ve sperminde bulunan C18:2 ve C20:5 değerleri, Leray ve Pelletier (1985)'in çalışmasıyla benzer görülürken, C22:5 değerleri biraz yüksek, C20:4 ve C22:6 değerleri ise oldukça düşük bulunmuştur (Tablo 2 ve 3).

Rodriguez ve ark. (1998) tarafından *Sparus aurata* L. anaçlarının  $\omega$ 3 aşırı doymamış yağ asitlerini içeren besinle beslenmesi sonucunda, dişilerin karaciğer, gonad ve yumurtaların total nötral lipidlerdeki yağ asidi miktarını incelemişlerdir. C14:0, C16:1, C18:1, C18:2, C22:5 ve C22:6'nın ovaryum ve yumurtalarda, C18:0'ın da karaciğerde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda, farklı tür olmasına rağmen C14:0 ve C16:1 dişinin ovaryumunda daha yüksek bulunmuştur. C18:1 ve C22:5, her üç dokuda da önemli bir fark

göstermezken, C18:2'nin yumurtada daha yüksek, C22:6'nın ise daha düşük değerde olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Bu araştırma sonuçları, dokularda bulunan yağ asit miktarlarının besinsel lipidler tarafından önemli derecede etkilendiğini göstermiştir. Balıkların yağ asidi bileşimini etkileyen besinin yağ asit bileşimi, balık dokularına yansırken balığın fizyolojik durumu ve ortam sıcaklığının da rol oynadığı bilinmektedir (Reiser ve ark., 1963; Farkas ve Csengeri, 1976; Akpınar ve Aksoylar, 1988; 1989). Ayrıca, balık yumurtalarının lipid içeriği ve kompozisyonları türler arasında değiştiği gibi çevre şartları, fizyolojik olaylar ve enerji gereksinimlerine göre, gelişimin farklı safhalarında da değişir (Tocher ve Sargent, 1984; Watanabe ve ark., 1984 a).

Yumurtada bulunan yağ asidi bileşimleri, bazı yağ asitlerinin bulunma yüzdeleri arasında fark ( $P < 0.05$ ) bulunmasına rağmen ovaryumdaki yağ asit bileşimlerini yansıtmıştır. Ovaryum ve yumurtada olduğu gibi (Tablo 2), testis ve sperm yağ asitleri profili arasında kalitatif açıdan bir fark gözlenmemiştir (Tablo 3). Yumurta ile sperma yağ asitleri kalitatif olarak karşılaştırıldığında bir fark olmadığı ancak, C16:1 ve C18:1'in yumurtada spermdekinden yüksek bulunmuştur. C14:0, C16:0 C22:5 ve C22:6'nın yumurta ve spermde bulunma yüzdeleri arasında fark görülmemiştir (Tablo 2).

Jangaard ve ark. (1967), *Gadus morhua* L.'nin yumurta ve sperm lipidlerinin yağ asit kompozisyonundaki mevsimsel değişimi araştırmışlar ve C18:1'in yüksek ve C16:1'in düşük yüzdeye sahip olması dışında sperm lipidlerinin yağ asit profilinin, yumurta ile oldukça benzer olduğunu bulmuşlardır. Spermde bulunan C16:1, yumurta lipidlerinde bulunan miktarın 1/3'ünü oluşturmuştur. C16:0 ve C22:6 gibi diğer önemli yağ asitleri hemen hemen benzer bulunmuştur. Nervonik asit (C24:1) ve C14:0 içeriği sperm lipidlerinde yumurtaya göre daha düşük çıkmıştır. Bizim çalışmamızda, C18:1 yumurtada spermdekinden daha yüksek bulunmuştur ve C14:0'ın yumurta ve spermde bulunma yüzdeleri arasında fark görülmemiştir. C16:1 yumurta lipidlerinde yüksek, C16:0 ve C22:6'nın ise yumurta ve spermde bulunma yüzdeleri arasında fark belirlenmemiştir. Yumurta ve spermde bulunan bu yağ asitlerinin

yüzdelerinde görülen farklılıklar, çalışmalarda kullanılan balıkların farklı tür olmasına bağlanabilir.

Bazı besinler, embriyoların normal gelişimi için gereklidir ve anaçların besinindeki optimum düzeyleri yumurtaların hayatta kalma ve açılma oranını etkiler. Hayatta kalabilen yumurtaların yüzdesinin, anaçların besinindeki  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asit düzeylerindeki artışla ve bu yağ asitlerinin yumurtalara verilmesiyle arttığı belirlenmiştir (Fernández-Palacios ve ark., 1995). Çalışmamızda, ovaryumlarda bulunan C20:1, C20:2, C20:4 ve C22:6'nın, testislerde bulunan değerlerinden daha yüksek olması bu yağ asitlerinin yumurtalar için önemli olduğu izlenimini vermektedir (Tablo 2, 3). Yumurta fosfolipidlerindeki C20:4 ve C22:6/C20:5 içeriğinin, yumurtaların hayatta kalmaları ile direkt bağlantılı olduğu Pickova ve ark. (1997) tarafından saptanmıştır. Bu yağ asitleri, balıkların biyomembranlarında fosfolipid bileşenleri olarak önemli yapısal role sahiptir. Ayrıca, membran akışkanlığı, membrana bağlı enzimlerin fizyolojik fonksiyonları ve hücre fonksiyonlarıyla da ilişkilidir (Bell ve ark., 1986). *Hippoglossus hippoglossus* gibi bazı türlerde,  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitlerinin, erken embriyonik gelişim evresinde önemli enerji kaynağı olduğu saptanmıştır (Falk-Petersen ve ark., 1989).

Besindeki  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitleri düzeyi ile yumurtaların C20:5 miktarı arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Yumurtaların C20:5 miktarı, C22:6 miktarından daha fazla besindeki  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitleri düzeyinden etkilenmektedir. Vitellogenesisin son üç ayında  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitlerinden yoksun besinler ile beslenen *O. mykiss* anaçlarının C22:6'yı yumurta lipidlerine birleştirirken az bir etkiye sahip olmuş ancak, C20:5 miktarında % 50 azalma göstermiştir. Yumurtalardaki diğer yağ asit düzeyleri, besinin yağ asit içeriği tarafından etkilenmemiştir (Frémont ve ark., 1984). C22:6'nın embriyogenesiz (Izquierdo, 1996) ve açlık (Tandler ve ark., 1989) esnasında da seçici olarak alıkonulması, embriyo ve larvaların gelişimi esnasında bu yağ asidinin önemini gösterir. Aşırı doymamış yağ asitleri, özellikle prostaglandinler olmak üzere eikosanoid üretimini de düzenleyebilirler. Bu

eikosanoidler, steroid hormonlarının üretimi ve ovulasyon gibi gonadal gelişimi içeren bir çok üreme işleminde rol oynarlar (Moore, 1995).

Bir çok araştırma, yumurta kalitesinin, anaçların besini ile artırılabilceğini göstermiştir. *Siganus guttatus* anaçlarının besinindeki lipid düzeyi % 12'den % 18'e arttırıldığında yumurtadan yeni çıkmış larvaların oldukça büyük ve yumurtadan çıktıktan sonra 14 gün hayatta kalmalarını arttırdığı belirlenmiştir (Duray ve ark., 1994). Anaç besinindeki  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitleri, özellikle C22:6 düzeyi arttırıldığında, larvaların ağırlığında ve osmotik şoka karşı dirençlerinde önemli artışların olduğu rapor edilmiştir (Aby-ayad ve ark., 1997). Aynı şekilde, *Sparus aurata* anaçlarının besinindeki  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asit düzeyleri arttırıldığında, yumurta kesesinin absorpsiyonundan sonra larvaların hayatta kalma yüzdelerinde de artış olduğu saptanmıştır (Tandler ve ark., 1995).

Anaçların besinindeki lipid ve yağ asit kompozisyonu, başarılı bir üreme ve yavruların hayatta kalmalarında en önemli besinsel faktörler olarak bilinmektedir. Bazı balık türleri, besindeki aşırı doymamış yağ asitlerini yumurtalara aktarmaktadır. 20 ya da daha fazla karbon atomuna sahip aşırı doymamış yağ asitleri balıklarda olgunlaşmayı ve steroidogenesizi direkt olarak veya metabolitleri aracılığı ile etkiler (Izquierdo ve ark., 2001).

Balıklarda yumurta lipidlerinin yağ asit kompozisyonları, sadece anaçların besini ile tanımlanamaz ayrıca, türlere ve stok farkına da bağlıdır (Pickova ve ark., 1997). Sparide anaçları için, besinde bulunan  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitlerinin % 1.5 – 2 arasında bulunması gerektiği bildirilmiştir (Watanabe ve ark., 1984 a; 1985; Fernández-Palacios ve ark., 1995). Bu değer, parmak büyüklüğündeki yavrular için verilen değerlerden (besindeki  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitlerinin % 0.5 – 0.8 arasında olması) oldukça yüksektir (Izquierdo, 1996). Alabalıklar için verilen değer, besinin yaklaşık % 1 kadar  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asidi içermesi gerektiği belirtilmektedir (Watanabe, 1990).

Yumurta sayısı, besin miktarı ve kalitesi ile etkilenir. Anaçlara verilen besindeki sınırlama, yumurtlama başarısını ciddi olarak etkiler. Besin oranındaki azalmanın, *Carassius auratus* (Sasayama ve Takahashi, 1972), *Dicentrarchus labrax* (Cerdá ve ark., 1994) ve *Salmo salar* erkekleri (Berglund, 1995) gibi bazı

balık türlerinde gonadal olgunlaşmayı önlediği rapor edilmiştir. *Dicentrarchus labrax*'da, yarım besin miktarı ile anaçların 6 ay beslenmesi sonucunda, büyüme oranında azalma, yumurtlama zamanında gecikme, yumurta ve yumurtadan yeni çıkmış larvaların, tam besin miktarı ile beslenen anaçlardan elde edilenlerden daha küçük oldukları saptanmıştır (Cerdá ve ark., 1994).

Besindeki bazı bileşenlerin, dölleme üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Besinde bulunan C20:5 ve C20:4 düzeylerinin, *Sparus aurata*'da dölleme oranı ile bağlantılı olduğu gösterilmiştir (Fernández-Palacios ve ark., 1995; 1997). *O. mykiss* (Watanabe ve ark., 1984 b; Labbe ve ark., 1993) ve *Dicentrarchus labrax* L. (Asturiano, 1999) gibi türlerde sperm yağ asit kompozisyonu, anaçların besininde bulunan temel yağ asidi içeriğine bağlı olduğu için, sperm hareketi ve dolayısıyla dölleme bundan etkilenir. *O. mykiss* spermi, memelilerin sperminden farklıdır. Plazma membranı oldukça zengin aşırı doymamış yağ asit profiline sahiptir ve akrozom bulunmaz. Ayrıca memelilerden daha düşük sıcaklıklarda yaşar. Spermin yağ asit kompozisyonu, spermin soğuktan korunması ve membranların birleşmesinde önemli bir faktördür (Ogier de Baulny ve ark., 1995; Labbe ve ark., 1997; Izquierdo ve ark., 2001). Bu araştırma sonuçlarına dayanarak çalışmamızda, spermde bulunan total aşırı doymamış yağ asit yüzdesinin yumurtadakinden yüksek olmasını (Tablo 4), bu yağ asit grubunun spermin dölleme işleminde önemli olduğu sonucuna bağlayabiliriz. Ayrıca, spermde bulunan C20:4 ve C20:5'in, yumurtada bulunandan daha yüksek değerde olması (Tablo 2), dölleme oranı ile bağlantılı olduğunu gösteren Fernández-Palacios ve ark. (1995; 1997)'nin bulguları ile uyusmaktadır.

Birçok balık türlerinde embriyogenez ve larval evredeki lipid katabolizması değişik derecelerde gerçekleşir (Suyama ve Ogino, 1958; Eldridge ve ark., 1982; Vetter ve ark., 1983; Cowey ve ark., 1985; Tocher ve ark., 1985 b). Balık yumurtalarının besin içeriği türlere özgü olmaktadır. Balık yumurtalarının lipid içeriği ve kompozisyonları türler arasında değiştiği gibi çevre şartları, fizyolojik olaylar ve enerji gereksinimlerine göre, gelişimin farklı safhalarında da değişmektedir. Balıkların erken gelişme dönemlerinde, polar ve nötral lipidleri

enerji kaynağı olarak tercihli şekilde kullanılması da türlere özgüdür (Vetter ve ark., 1983; Kimata, 1983 a; Cowey ve ark., 1985; Tocher ve ark., 1985 a; Rainuzzo, 1993; Sargent, 1995; Mourente ve Vazquez, 1996).

Balık yumurtasının başlıca bileşenleri protein, lipid, glikojen ve sudur. Ancak, türler arasında bu bileşenlerin oranlarında önemli farklılıkların bulunduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Medford ve Mackay, 1978; Vuorela ve ark., 1979). Balık yumurtasının kuru ağırlığının % 50 – 85'ini proteinler, % 8 – 32'sini lipidler, % 5 – 8'ini ise glikojen oluşturur (Kaitaranta ve ark., 1980).

Balık yumurtalarının temel amacı, türlerin devamlılığını sağlamaktır. Bu nedenle her balık yumurtası, hayatta kalabilmek ve yeni bir organizmayı oluşturabilmek için bütün biyokimyasal bileşenlere gereksinim duyar. *Clupea harengus*, *Rutilus rutilus*, *Perca fluviatilis*, *Lota lota* ve *Salmo gairdnerii*'nin yumurta lipidlerinin yağ asit kompozisyonlarında yapılan bir araştırmada, yağ asit profillerinin benzer olduğu ancak, miktarlarının farklı olduğu belirlenmiştir. *Salmo gairdnerii* yumurtalarında tespit edilen en önemli farklılıklar C18:1, C18:2, C20:1 ve C20:5 $\omega$ 3 yağ asitlerinde görülmüştür (Kaitaranta ve Linko, 1984). Yumurtaların yağ asit kompozisyonları aynı dişinin yumurtaları arasında, dişiler arasında, dişilerin ağırlığına, yaşına ve anaçların besinine bağlı olarak değişir (Tocher ve Sargent, 1984; Watanabe ve ark., 1984 b; Ulvund ve Grahl-Nielsen, 1988).

Çeşitli deniz balıkları yumurtalarındaki lipidler özellikle aşırı doymamış yağ asitlerince zengindir (Tocher ve Sargent, 1984; Tocher ve ark., 1985a; b). Petersen ve ark. (1986), *Hippoglossus hippoglossus*'un olgun yumurtalarındaki polar lipidlerde bulunan doymuş yağ asitlerinden C14:0, C16:0, C18:0'in yüzdelerini sırasıyla 1.6, 20.9 ve 4.6 olarak, tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinden C16:1, C18:1 C20:1'i sırasıyla 3.7, 11.1 ve 3.3 ve aşırı doymamış yağ asitlerinden C20:5, C22:5 ve C22:6 yüzdelerini ise sırasıyla 10.9, 1.4 ve 31.5 olarak bildirmişlerdir.

Cantoni ve ark. (1975), *Salmo gairdnerii* yumurtalarında C18:1, C18:2, C20:1 ve C20:5 $\omega$ 3 yüzdelerini sırasıyla, 27, 9.3, 2.0 ve 7.3, Kaitaranta ve Linko (1984) aynı balıkta C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, C18:2, C20:1, C20:5 $\omega$ 3,

C22:5 ve C22:6 yüzdelerini sırasıyla 2.1, 12.1, 6.6, 3.5, 29.1, 7.9, 2.6, 4.4, 1.4 ve 21.1 olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, C18:2, C20:1, C20:5, C22:5 ve C22:6 yüzdeleri sırasıyla 4.98, 21.85, 9.86, 10.39, 31.05, 5.54, 2.47, 1.60, 2.20 ve 2.08 olarak belirlenmiştir (Tablo 2). C18:1, C18:2 ve C20:1'in değerleri, Cantoni ve ark. (1975) ve Kaitaranta ve Linko (1984)'nin araştırma sonuçlarına yakın bulunmuştur. Ancak, C20:5 ve C22:6 miktarları bu araştırmalara ait sonuçlardan daha düşük bulunurken, diğer yağ asitlerine ilişkin değerlerimizin daha yüksek olduğu görülmektedir. Yağ asit miktarlarında görülen bu farklılıklar, balıkların yetiştirildiği kültür ortamı koşullarına, su sıcaklığına ve anaçların besinine bağlanabilir.

Yumurtaların yağ asit analizleri balıklardaki genel durumu göstermektedir. Fosfolipidler aşırı doymamış yağ asitlerince zenginken, nötral lipidler tek çift bağlı doymamış yağ asitlerince zengindir. Polar lipidler hücre zarlarında yapısal amaçlı olarak ayrılmasına rağmen, yumurta nötral lipidleri normalde embriyo için enerji kaynağı olarak kullanılır. Nötral lipidlerde yoğun olarak bulunan tek çift bağlı doymamış yağ asitleri katabolizma için tercih edilen substratlardır. Gelişme esnasında nötral lipid miktarı değişmezken, yağ asit profili değişmektedir. Tek çift bağlı doymamış yağ asitleri ve 18:2 $\omega$ 6 azalırken, nötral lipidlerdeki birkaç aşırı doymamış yağ asidi oranları özellikle 22:6 $\omega$ 3, 20:5 $\omega$ 3 ve 20:4 $\omega$ 6 artmaktadır. Bu durum larvalarda fosfolipid hidrolizinden açığa çıkan aşırı doymamış yağ asitlerini alıkoyan bir mekanizmanın olduğunu gösterir (Henderson ve Tocher, 1987; Wiegand ve ark., 1991; Sargent, 1995; Wiegand, 1996).

Yumurtanın dölleniyle birlikte aktivasyon başlar. Bu aktivasyon yumurtanın bütün metabolizmasında değişimlere neden olur. Bu değişimler fizyolojik mekanizmalarla gerçekleşir. Dölleni ve dölleniye yumurtalarda metabolizma ve diğer fizyolojik özelliklerin tümü farklı görünüm arz eder. Dölleni yumurtalarda oksijen tüketimi artar. Yumurtadaki oksidatif enzimlerin aktifleşmesiyle oksidasyon olayları hızlanır. Dolayısıyla yumurtada meydana gelen diğer değişimler için gerekli enerji sağlanmış olur. Ayrıca, yumurtanın aktive kazanmasından hemen sonra protein sentezi ve bölünme esnasında nuklear

materyal miktarındaki artış için gerekli olan DNA sentezi başlar (Balinsky, 1981; Akpınar, 1999 a).

Çalışmamızda, döllenenmemiş yumurtada bulunan yağ asitlerinden C12:0, C15:0, C16:2, C17:1, C18:2, C20:1, C20:2, C20:3, C20:4, C20:5, C22:0, C22:1, C22:5 ve C22:6'nın yüzdelerinin, döllenenmiş yumurtalarda önemli bir artış ( $P<0.05$ ), C16:0, C18:0 ve C18:1'in yüzdelerinin ise önemli bir azalış ( $P<0.05$ ) göstermesi (Tablo 5) yumurtaların döllenenmesiyle birlikte aktive olduğunu ve oksidasyon olaylarının başladığını gösterir. Aynı şekilde, Fraser ve ark. (1988), *Gadus morhua*'nın 0.5 günlük döllenenmiş yumurtalarından, 3 günlük döllenenmiş yumurtalara ulaşıldığında C16:0, C18:0, C18:1'in miktarında azalış, C20:5, C22:5, C22:6 miktarında ise artış olduğunu bildirmeleri, elde ettiğimiz sonuçlarla uygunluk göstermektedir. Ayrıca, total doymuş yağ asitleri ve total tek çift bağlı doymamış yağ asitleri yüzdelerinin döllenenmemiş yumurtalarda, döllenenmiş yumurtalardan yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu total değerlerde embriyonik gelişim safhalarında önemli ( $P<0.05$ ) azalma meydana gelirken, total aşırı doymamış yağ asitleri miktarının döllenmeyle birlikte keseli yavru safhasına (prelarval safha) kadar önemli derecede artış göstermiştir (Tablo 5). Hayes ve ark. (1973), Atchison (1975), Fraser ve ark., 1988; Knox ve ark. (1988) ve Wiegand ve ark. (1991)'nin çalışmaları, bu çalışmada tespit edilen bulguları destekler niteliktedir.

Fraser ve ark. (1988), *Gadus morhua* yumurtalarının döllenenmesinden itibaren yumurtaların açılması arasındaki periyotda total lipitte % 19'lük bir düşüş kaydetmişlerdir. Yeni döllenenmiş yumurtada, total lipidin % 67'sini oluşturan fosfatidilkolin, embriyogenesiz boyunca azalan tek lipid olmuştur. Bu periyot esnasında triaçilgliserol ve sterol miktarında önemli bir değişim görülmezken, fosfatidiletanolamin, fosfatidilserin, fosfatidilinozitol ve sterol ester miktarlarında, yumurtaların açılmasına doğru artış belirlemişlerdir. Embriyogenez esnasında, triaçilgliserollerde C22:6 $\omega$ 3 miktarının arttığı ve total fosfolipidlerin yağ asit içeriğinin oldukça korunduğunu belirlemişlerdir. Ancak, larval safhada C16:0 ve C20:5 $\omega$ 3 miktarı azalırken, C18:0 ve C22:6 $\omega$ 3 miktarında artış görülmüştür.



Cowey ve ark. (1985), *Salmo salar*'da dölleme, gözlü safha (50 günlük), keseli yavru (98 günlük) ve serbest yüzen yavruda (138 günlük) lipid sınıflarının ve yağ asitlerinin analizlerini yapmışlar ve fosfatidilkolinin döllemiş yumurtalarda baskın bulunan polar lipidler olduğunu, gelişme esnasında tercihli olarak kullandıklarını ve böylece serbest yüzen yavruda fosfatidilkolin / fosfatidiletanolamin oranının balık kasında bulunan orana yaklaştığını saptamışlardır. Polar lipidlerdeki C22:6 ve C20:4 miktarlarının serbest yüzen yavruda, döllemiş yumurtalarda bulunan miktarlarından daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Döllemiş yumurtalar, gözlü safhadaki yumurtalar, keseli yavrular ve serbest yüzen yavruların polar lipidlerindeki C22:6 miktarını sırasıyla % 25.50, % 29.50, % 28.73, % 31.60 olarak belirtmişlerdir.

Knox ve ark. (1988), *Salmo gairdnerii*'nin gözlü safhadaki yumurtaları ve keseli yavru balıklarında  $\omega 3$  aşırı doymamış yağ asitlerinin oldukça sabit kaldığını ancak, serbest yüzen yavrularda ise diğer yağ asitlerine göre artış gösterdiğini saptamışlardır. Bu artışın daha çok C22:6 miktarında olduğunu, buna karşın, C16:0 ve bazı tek çift bağlı doymamış yağ asitleri miktarında ise azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Serbest yüzen yavruların C20:4 $\omega 6$  miktarında artış, C18:2 $\omega 6$  ve C18:3 $\omega 6$  miktarında ise azalış tespit etmişlerdir. Bu değişimler sonucunda,  $\omega 3/\omega 6$  oranının gözlü safhadaki yumurtalar ve keseli yavru balıklardaki 3.5 olan değerinin, serbest yüzen yavrularda yaklaşık 4.5'e yükseldiğini bulmuşlardır.

Çalışmamızda 15, 30 ve 45 günlük embriyonik safhalarda bazı yağ asitlerinin oldukça sabit kaldığı (C14:0, C14:1, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, C20:1, C20:3, C20:4) ancak, yumurtaların döllemesinden itibaren yumurtaların açılması arasındaki periyotta C20:5 ve C22:6 (Tablo 5) miktarında artış kaydedilmesi Cowey ve ark. (1985) ve Fraser ve ark. (1988)'nin bulguları ile uyushmaktadır. Embriyonik safhadan larval safhaya geçiş sürecinde ise C18:3, C22:1 asitlerinde önemli bir azalma ( $P<0.05$ ), C20:0, C20:3, C20:5 ve C22:0'da ise önemli derecede artış ( $P<0.05$ ) meydana gelmiş olması bu geçiş evresinde yağ asit metabolizmasında önemli değişimlerin olduğunu göstergesidir. Total doymuş ve total aşırı doymamış yağ asit yüzdelерinin keseli yavruda, total tek çift

bağlı doymamış yağ asit yüzdesinin ise 45 günlük embriyolarda yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 5). Bu veriler yumurtadaki yağ asitlerinin, gelişmekte olan balık embriyolarında ve larvalarında hem enerji kaynağı hem de yapısal bileşenler olarak kullanıldığı fikrini desteklemektedir (Ando, 1962; Turner ve ark., 1968; Wiegand ve ark., 1991; Wiegand, 1996). Polar lipidler hücre zarlarında yapısal amaçlı olarak ayrılmasına rağmen, yumurta nötral lipidleri normalde embriyo için enerji kaynağı olarak görülür. Nötral lipidlerde yoğun olarak bulunan tek çift bağlı doymamış yağ asitleri katabolizma için tercih edilen substratlardır. Tek çift bağlı doymamış yağ asitleri ve 18:2 $\omega$ 6 azalırken, nötral lipidlerdeki birkaç aşırı doymamış yağ asidi oranları özellikle 22:6 $\omega$ 3, 20:5 $\omega$ 3 ve 20:4 $\omega$ 6 artmaktadır (Wiegand,1996; Wiegand ve ark., 1991; Henderson ve Tocher, 1987; Sargent, 1995).

*Carassius auratus* L.'de gelişme esnasında, tek çift bağlı doymamış yağ asitleri oranları azalırken, doymuş yağ asitleri, C20:4 $\omega$ 6 ve C22:6 $\omega$ 3 oranları karkas dokulara depolanmaları nedeniyle artmaktadır. *Carassius auratus* L. embriyoları ve larvalarında nötral lipidlerin yağ asit profilindeki değişimler, yumurta sarısı fosfolipidlerinin katabolizması sonucu oluşan yağ asitlerinin tüketimini önlemektedir. Fosfolipidlerin yıkılması esnasında serbest kalan C20:4, C20:5 ve C22:6 gibi yağ asitleri, tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinin yerini alarak nötral lipidlerde toplanmaktadır. Gelişmekte olan embriyo ve larvalar tarafından bu yağ asitlerinin nötral lipidlere transferi, bunların geçici olarak depolanmasını sağlamaktadır. Bu yağ asitleri daha sonra yapısal ve diğer amaçlar için harekete geçirilmektedir (Wiegand ve ark., 1991; Wiegand, 1996).

Atchison (1975), *Salvelinus fontinalis* ile yaptığı bir çalışmada keseli yavruların yağ asit bileşenlerinin gelişim esnasında önemli değişimlere uğradığını belirlemiştir. Yavruda doymuş yağ asitleri yüzdesinin (C14:0, C16:0 ve C18:0) yumurtadan çıktıktan sonra arttığını gözlemiştir. Diğer önemli artışın C22:6'nın yüzdesinde olduğunu, C18:1 ve C18:2'nin yavruda belirgin bir azalış gösterdiğini saptamıştır. Hayes ve ark. (1973), *Salmo gairdnerii*'nin keseli yavrularında,

gelişimle beraber C16:0 ile C22:6'nın yavru balıkta daha fazla bulunduğunu göstermiştir.

Verilerimize göre, 15, 21, 36 ve 43 günlük keseli safhalar boyunca C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, C20:1, C20:5 miktarlarında önemli bir değişim görülmemiş ancak, C18:2 miktarı azalırken, C22:6 miktarında önemli bir artış belirlenmiştir. Bu çalışmada, keseli yavrularda bulunan C22:6'nın miktarında artış, C18:2'de ise azalış olması Atchison (1975) ve Hayes ve ark. (1973)'nin çalışmaları ile benzer bulunurken, C14:0, C16:0, C18:0 ve C18:1 miktarlarında önemli bir değişim görülmemesi bu çalışma sonuçlarından farklı bulunmuştur.

0. gün keseli yavru safhasından, keselerin absorbe edildiği safhaya doğru yani prelarval gelişim safhasında, total doymuş yağ asitleri ve tek çift bağlı doymamış yağ asitleri yüzdelerinde azalma meydana gelirken, total aşırı doymamış yağ asitleri yüzdesinde ise artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Önemli değişimin, 43 günlük prelarval safhadan kesenin absorbe edildiği postlarval safhaya geçişte gerçekleştiği belirlenmiştir (Tablo 6). 43 günlük keseli yavru (prelarval safha sonu) ve keseleri absorbe edilmiş yavruların (postlarval safha başlangıcı) yağ asitleri karşılaştırıldığında, keselerin absorbe edilmesiyle birlikte C15:0, C15:1, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, C20:1, C20:2, C20:3, C20:5, C22:0'ın yüzdelerinde düşüş, C14:0, C14:1, C16:2, C17:0, C17:1, C18:2, C18:3, C20:0, C20:4, C22:1, C22:2, C22:5, C22:6'nın yüzdelerinde ise artış olduğu belirlenmiştir. Bu artış daha çok C22:6 miktarında görülmüştür. Elde ettiğimiz bu sonuçlar doymuş yağ asitleri ve tek çift bağlı doymamış yağ asitlerinin, aşırı doymamış yağ asitlerinden daha hızlı okside edildiğini ve bu yağ asitlerinin serbest yüzen yavrularda daha etkin olduğu görüşünü (Cowey ve ark., 1985; Tocher ve ark., 1985 a; Knox ve ark., 1988; Fraser ve ark., 1988; Koven ve ark., 1989; Mourente ve Odriozola, 1990) doğrular niteliktedir.

$\omega$ 3 yağ asitleri balıkların gelişiminde ve büyümesinde önemli bir rol oynamaktadır. C22:6'nın özellikle fosfolipidler için anahtar bir bileşik olduğu ve fosfolipidlerdeki yüzdesinin (% 32.2), triaçilgliserollerde bulunan yüzdesinden (% 16.5) daha yüksek olduğu saptanmıştır (Ando, 1962; Lee ve ark., 1967). C22:6

miktarsal olarak en önemli yağ asidi grubudur ve hücre zarlarında, özellikle sinir dokuda önemli yapısal role sahiptir. C20:4 balıklarda en önemli eikosanoidlerin ön maddesidir ve doğal tatlısu balıklarının doku fosfolipidlerinde ve mitokondri zarlarındaki önemi büyüktür. C20:5 yapısal lipidlerde göze çarpmaktadır. C20:4'ten elde edilen eikosanoidlerin üretimi duruma göre değiştirebilmektedir ve C22:5 $\omega$ 6 ve C22:5 $\omega$ 3 ile birlikte soğuğa karşı membranların adaptasyonunda önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca C20:5 ve C22:5 $\omega$ 3, C22:6'ya dönüştürülebilmektedir (Wodtke, 1978; Hazel, 1979; Sellner ve Hazel, 1982; Ackman ve Takeuchi, 1986; Schwalm ve ark., 1993; Sargent, 1995).

$\omega$ 3 yağ asitleri *Oncorhynchus mykiss*'in de sağlıklı ve hızlı büyümesinde gerekli olan besinlerdir (Watanabe ve ark., 1974). Aşırı doymamış yağ asitleri membran akışkanlığının korunmasında rol oynar. *Oncorhynchus mykiss* yumurtalarının polar lipidleri aşırı doymamış yağ asitlerinin % 30'unu içermektedir (Knox ve ark., 1988). Aynı değer *Salmo salar* için de belirlenmiştir (Cowe ve ark., 1985). Erken gelişim esnasında yağ asitlerinin oksidasyonu farklı oranlarda gerçekleşir. Doymuş yağ asitleri ve tek çift bağlı doymamış yağ asitleri, aşırı doymamış yağ asitlerinden (C20:4 $\omega$ 6 ve C22:6 $\omega$ 3) daha hızlı okside edilirler. Bu durum, bu yağ asitlerinin serbest yüzen yavrulara aktarılmasından kaynaklanabilir (Knox ve ark., 1988).

Çalışmamızda keselerini absorbe ederek serbest yüzme safhasına ulaşmış ve besin 1 - 4 ile beslenen 0.5 g'lık yavrudan 10 g ağırlığa ulaşmış yavruların C22:6 miktarına bakıldığında, besin 5 ile beslenen 25 g balıkçıklardan, 240 g (♂) ve 250 g (♀) ağırlığındaki balıklara kadar (Tablo 8 - 10) kas dokularında bulunan C22:6 miktarına ulaşması, C22:6'nın anahtar bir bileşik olduğu görüşünü desteklemektedir (Ando, 1962; Lee ve ark., 1967).

Deniz ve tatlısu balıklarının erken larval safhalarda beslenmesine yönelik çalışmalar, larval beslenmenin iki ayrı safhada düşünülmesi gerektiğini göstermiştir. Bunlardan birincisi, yumurtadan gelen beslenme ile bağlantılıdır. Kalitatif ve kantitatif olarak yetersiz olan besinler annenin verimliliğini ve yumurtaların yaşama oranını olumsuz yönde etkiler. Ayrıca yumurtadan gelen

besinin kalitesi, endojen enerji kaynaklarına bağılı olan larvaları, larval gelişim periyodu boyunca direkt olarak etkiler (Watanabe, 1982; Castell ve Kean, 1986; Luquet ve Watanabe, 1986).

Yemlemenin başlaması balık larvalarında en hassas safha olarak kabul edilmektedir ve vücut ölçüleri büyük olan larvalar tarafından daha iyi tolere edilmektedir. Balık larvalarının vücut ölçüsü vitellus miktarına ve embriyonik gelişim esnasında endojen besinlerin kullanım oranına bağılıdır. Yumurta sarısının embriyonun gereksinimlerini karşılamada uygun olduğu ve lipid bileşikleri, aşırı doymamış yağ asidi depolarının embriyo gelişiminde ve sonraki larval yaşamda en önemli faktör olduğu bilinmektedir (Ryland,1963; Eldridg ve ark., 1983; Drost, 1987; Fraser ve ark., 1987; Desvillettes ve ark., 1997). *Stizostedion vitreum* yumurtalarındaki aşırı doymamış yağ asitleri düzeyinin, vücut ölçüsünde ve larvaların hayatta kalmalarında önemli bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır (Moodie ve ark., 1989).

Knox ve ark. (1988), *Salmo gairdnerii* dişilerini, yumurtlama periyodundan önce bir yıl boyunca, ticari yemle, yarım (günlük, balığın vücut ağırlığının % 0.35'i) ve tam (günlük, balığın vücut ağırlığının % 0.7'si) besin olarak beslemişlerdir. Gözlü yada keseli safhada her iki grup arasında önemli farklar tespit edememişlerdir. Ancak serbest yüzme safhasında, hem protein hem de lipid düzeylerinin, günlük tam besin verilen anaç balıklardan elde edilen yavrularda önemli ölçüde fazla olduğunu bulmuşlardır. Bu sonuçlardan, yumurta kesesinin absorpsiyonu ile yemlemenin başlaması arasındaki periyodun, yarım besinle beslenen dişilerden elde edilen yavrular için kritik bir safha olduğu ortaya çıkmıştır.

Mevcut çalışmada, yumurtaların döllenişle embriyonik gelişimin değişik evrelerinde, yumurtaların açılması ile elde edilen keseli larvalar ve keselerin absorbe edilmesiyle birlikte beslemeye geçen yavrularda ölüm olayının görülmemesi, anaçların beslenmesinde kullanılan besindeki lipid, yağ asid kompozisyonunun ve özellikle besinin temel yağ asidi içeriğinin ve aşırı doymamış yağ asit düzeylerinin yavruların gelişiminde yeterli olduğu sonucunu vermektedir. Bilindiği gibi vitellus, embriyoların gereksinimlerini karşılamada en

iyi şekilde düzenlenmiştir. Vitellustaki lipid içeriği ve aşırı doymamış yağ asitleri, embriyo gelişimi ve larvaların hayatta kalmalarında en önemli faktördür (Eldridg ve ark., 1983; Craik ve Harvey, 1984; Fraser ve ark., 1987; Rodriguez ve ark., 1998). Balıklarda üreme yeteneğini ve yumurta kalitesini etkileyen en önemli besinsel faktörlerden C20:5 ve C22:6 miktarlarının da, embriyo ve larvaların gelişimi esnasında yeterli derecede seçici olarak alınulduğu ve bu yağ asitlerinin daha sonra yapısal ve diğer amaçlar için harekete geçirildiği gösterilmiştir (Hayes ve ark., 1973; Atchison, 1975; Cowey ve ark., 1985).

Larval beslenmenin ikinci yönü, endojen beslenmeden eksojen beslenmeye geçişi izleyen larvaların gereksinimleriyle ilişkilidir. Balıklar, hayat döngülerinin larval safhasında açlığa oldukça hassas olmaktadır. Bu, özellikle endojen enerjinin küçük bir kaynağını (keseyi) taşıyan larvalar için daha da önemlidir. Genelde larval balıklar başlangıçta canlı yemle beslenmektedirler. Daha sonra bunun yerini yapay besinler almaktadır. Canlı yemin hazır bulunması ve kalitesi, larval büyümede ciddi sınırlamalar getirmektedir. Günümüzde bir çok araştırma, ilk yemleme ve sonraki yemlemelerde optimum larval büyümeyi destekleyebilen yapay besinlerin gelişimine yönelmektedir (Kanazawa ve ark., 1985; Munk ve Kjørboe, 1985; Teshima ve ark., 1986 a; b; Fraser ve ark., 1987; 1988).

Balık larvalarının iyi bir büyüme göstermesi ve hayatta kalmaları, besinsel gereksinimlerinin anlaşılmasına bağlıdır. Bu gereksinimlerin tahmin edilmesi, yemlemenin başlamasından önceki erken gelişimsel safhalara bağlıdır. Verilen ilk yemin besinsel kompozisyonu, larvaların daha sonraki büyümesi ve hayatta kalmalarında önemli bir faktördür (Ostrowski ve Divakaran, 1991). Birçok araştırmacı (Petersen ve ark., 1986; Fyhn ve Serigstad, 1987; Fraser ve ark., 1988; Heming ve Buddington, 1988; Tandler ve ark., 1989), embriyonik gelişim esnasında ve yemlemeden önceki keseli larvaların kimyasal bileşenlerindeki değişimlerin, ilk kez beslenecek olan larvaların besinsel gereksinimlerine örnek olabileceğini önermektedir. Eldridge ve ark. (1982), yemlenen *Morone saxatilis* larvalarının, yağ damlalarını, besinden aldığı düzeyle aynı oranda absorbe ettiğini ve endojen ve eksojen besin metabolizması arasında yakın bir ilişkinin olduğunu belirlemiştir.

Bu çalışmada, embriyonik gelişim esnasında (Tablo 5) ve yemlemeden önceki keseli larvaların (Tablo 6) kimyasal kompozisyonlarındaki değişimlerin, vitellus keselerinin absorbe edilmesiyle prelarval gelişim safhasını tamamlayarak postlarval gelişim safhasında beslemeye geçen yavruların çeşitli gelişim evrelerindeki yağ asitleri karşılaştırıldığında kalitatif olarak bir farklılık olmadığı gözlenmiştir (Tablo 8 - 10). Aynı şekilde beslenmede kullanılan besinlerin yağ asit bileşimlerinin de kalitatif olarak farklı olmadığı belirlenmiştir (Tablo 7). Ancak, yağ asit bileşenlerinin yüzdeleri arasında bazı farklılıklar olmuştur. Embriyonik gelişim esnasında ve yemlemeden önceki keseli larvaların kimyasal bileşenlerindeki değişimlerin, ilk kez beslenecek olan larvaların besinsel gereksinimlerine örnek olabileceğini öneren birçok araştırma (Kanazawa ve ark., 1985; Munk ve Kiørboe, 1985; Petersen ve ark., 1986; Fyhn ve Serigstad, 1987; Ostrowski ve Divakaran, 1991) sonuçlarına dayanarak, beslemede kullanılan besinlerin, larvaların büyümesi ve hayatta kalmalarını desteklediği, endojen ve eksojen besin metabolizması arasında yakın bir ilişkinin bulunduğu sonucuna ulaşabiliriz.

Balık larvalarında bazal kapasite ve barsakların besinleri hidrolize etme ve taşıma hızı, kalitatif ve kantitatif olarak doğal besine cevap veren genetik hafızada kuruludur. İlk yemlemede bir çok balık türünde sindirim sistemi, protein, lipid ve glikojen gibi moleküllerin metabolizmasıyla ilgili (sindirim, absorpsiyon, asimilasyon) enzimleri içerir ancak, tam olarak işlev yapamaz. Enzimlerin aktivitesi, ergin balıklar ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Her enzim, balık türüne ve sıcaklığa bağlı olarak gelişir. Larva tarafından tüketilen canlı yemler, larvaların endojen sindirim enzimlerini aktive ederek, sindirim işlemine yardım ederler. Canlı yemler ayrıca, barsak nöropeptidlerini ve sindirimi artıran besinsel büyüme faktörleri içerirler. Bu maddeler yapay yemlerde çoğunlukla içerilmez. Ayrıca, larvalar için hazırlanan bu yemlerin sindirimi zordur. Çünkü, bu yemler % 60 - 90 kuru madde içerirken, zooplankton sadece % 10 kuru maddeye sahiptir. Canlı yemlerin, balıkların larval-juvenil metamorfozunda, sindirim sisteminin yaşa bağlı anatomik ve fizyolojik değişimi esnasında verilmesi, daha sonra yapay yemlere geçilmesi önerilir (Rosenlund ve ark., 1997; Cahu ve ark., 1998;

Kolkovski, 2001). Ancak, *Aristichthys nobilis* (Carlos, 1988), *Chanos chanos* (Santiago ve ark., 1983), *Colossoma macropomum* (Eckman, 1987) ve alabalık türleri (Dabrowski, 1984) gibi bazı tatlısu balıklarında canlı yem verilmeksizin, mikrobeyinler ile beslemenin, yumurtadan yeni çıkmış larvaların ölçüsü ve gelişiminden dolayı, oldukça başarılı olduğu bildirilmektedir (Luczynski ve ark., 1986; Appelbaum ve Van Damme, 1988). Bu çalışmada gelişimi izlenen balıkların beslenmesinde kullanılan yapay besinlerin (besin 1 - 5) (Tablo 7) yağ asit bileşimleri ile balıkların çeşitli gelişim evrelerindeki yağ asit bileşimleri karşılaştırıldığında kalitatif olarak bir farklılığın olmaması, bu besinlerin sindirilmesi, emilmesi ve taşınmasında başarılı olduğunu ve kültürü yapılan bu türün beslenmesinde kullanılabileceğini gösterir.

Hayvansal organizmalarda enerji, alınan besinlerden sağlanır. Besinin yetersiz olduğu durumlarda daha önce depolanan lipidler enerji kaynağı olarak kullanılır. Lipidle birlikte besinde bulunan protein ve karbonhidratlar da gerek büyüme gerekse üreme evrelerinde gereksinim duyulan maddelerdir. Vücut lipidlerinin kompozisyonu besinsel lipidler tarafından önemli derecede etkilenir. Balıkların yağ asidi bileşimini etkileyen çevresel faktörlerden besinin yağ asit bileşimi, balık dokularına yansırken balığın fizyolojik durumu ve ortam sıcaklığı önemli rol oynamaktadır (Reiser ve ark., 1963; Farkas ve Csengeri, 1976; Farkas ve ark., 1978; Akpınar ve Aksoylar, 1988; 1989; Çelikkale, 1994; Zengin ve Akpınar, 1998).

Besinsel lipidlerin vücut lipidlerinin yağ asidi kompozisyonuna etkisi, triaçilgliserol ve fosfolipidler arasında farklılık gösterir. Fosfolipidlerin yağ asit bileşiminin triaçilgliserollerden daha büyük derecede etkilendiği belirlenmiştir. Tatlısu balıklarında besinle alınan linoleik asit ve linolenik asit zincir uzamasına uğratarak doymamışlık dereceleri artırılır. Bu şekilde bu asitler, C20:4, C22:5 ve C22:6'ya dönüştürülerek fosfolipidlerin yapısına girdiği belirlenmiştir. Bununla beraber bu yağ asitlerinin (C18:2, C18:3) triaçilgliserollerde değişime uğramadan depolandığı saptanmıştır (Takeuchi ve Watanabe, 1977; Farkas ve ark., 1980; Akpınar ve Metin, 1999).



Mevcut çalışmada, C14:0 ve C16:0'ın besin 1'deki bulunma yüzdesinin beslenen yavru balıklardan (0.5 g ağırlığa ulaşan yavru balıklar) yüksek olduğu görülmüştür. Buna karşın, besin 2'de C16:0'nın miktarı düşük olmasına rağmen, bu besinle beslenen yavru balıklardaki bu asitte artış olduğu gözlenmiştir (1.0 ve 1.5 g'lık yavrular). Aynı şekilde, C18:0'ın besin 1 ve besin 2'deki miktarı düşük bulunmuş ancak, bu yağ asidi beslenen yavru balıklarda istatistiki açıdan önemli bir artış göstermiştir ( $P < 0.05$ ). Postlarval safhadaki yavruların yağ asit bileşenleri arasında en yüksek yüzdeye sahip olan C18:1'in, besin 1 ve besin 2'deki (% 19.01, % 18.19) miktarları düşük bulunurken, bu asidin yavru balıklardaki miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 8). C14:0, C15:0, C17:0, C18:0, C20:0 doymuş yağ asitlerinin besin 3 ve besin 4'deki miktarlarının yavru balıklardan fazla olmasına rağmen, yavru balıklardaki miktarında çok önemli bir değişim meydana gelmemiştir. En yüksek yüzdeye sahip doymuş yağ asidi olan C16:0'da beslenen 1.5 – 25 g yavrularda istatistiki olarak bir fark göstermemiştir ( $P > 0.05$ ). Bu yağ asidinin besin 3 ve besin 4'teki bulunma yüzdesi, yavru balıklardakinin benzeri olduğu saptanmıştır. Besin 3 ve besin 4'teki miktarı yavru balıklara göre önemli derecede düşük olan ancak yavrularda en yüksek yüzdeye sahip doymamış yağ asidi olan C18:1, 1.5 – 25 g'lık gelişim safhalarında hiçbir değişim göstermemiştir ( $P > 0.05$ ) (Tablo 9). Besin 5'de bulunan C14:0 ve C18:0, yavru balıklara göre daha yüksek yüzdede bulunmuştur. C16:0 ve C18:1'in besindeki miktarının düşük oluşu, 25 – 140 ve 250 g ağırlık aralığındaki safhalarda, balıklardaki bulunma yüzdesini istatistiki açıdan etkilememiştir (Tablo 10). Besinlerde ve gelişmekte olan yavrularda görülen bu durum (Tablo 8 - 10), ortamda bol besin bulunsun veya bulunmasın, bu balıkların C16:0'dan zincir uzaması yoluyla oluşturdukları C18:0'ı, tek çift bağlı doymamış yağ asidi olan C18:1'e dönüştürebildiklerini göstermektedir (Farkas ve ark., 1977; Akpınar ve Aksoylar, 1988).

Birçok uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitlerinin sentezinde öncü olarak görev yapan (Sargent ve ark., 1995; Tocher ve Dick, 2000) ve balıklar tarafından sentezlenemeyen ancak besin yoluyla alınabilen temel yağ asitleri (C18:2, C18:3, C20:4) çeşitli tatlısu balıklarında farklı miktarlarda bulunmaktadır (Ackman,

1967; Farkas ve Csengeri, 1976; Kaitaranta ve Linko, 1984; Leray ve Pelletier, 1985; Tocher ve Dick, 2000). Bu çalışmamızda, temel yağ asitlerinden C18:2, besin 1'de % 15.94 ve besin 2'de % 17.04 değeri ile çok yüksek olmasına rağmen beslenen yavru balıklara aynı şekilde yansımamıştır. Ancak, 0.5 (% 8.89), 1.0 (% 9.08) ve 1.5 g'lık (% 8.35) yavrularda postlarval safha başlangıcına göre önemli artış göstermiştir (Tablo 8). C18:3'ün besin 1 ve besin 2'deki yüzdesi yavru balıklara göre daha yüksektir. Prelarval safhadaki gelişimde bulunma yüzdesi düşük olan C18:3'ün yüzdesinin (Tablo 5 ve 6), beslenmeye başlayan yavru balıklarda arttığı belirlenmiştir (Tablo 8). C18:2 ve C18:3'ün besin 3, besin 4 ve besin 5'deki miktarlarının da (Tablo 9 ve 10) beslenen yavru balıklardan yüksek olmasına rağmen, besin 1 ve besin 2 ile beslenen yavru balıklarda olduğu gibi, aynı şekilde yansımadağı görülmektedir. Bu durumda, balıkların sentezleyemediği ancak besin yoluyla alabildiği bu yağ asitlerini kendi gereksinimleri kadarıyla depoladıkları sonucu çıkmaktadır.

Balıklar, besinsel kaynaklardan veya biyosentez yoluyla elde ettikleri yağ asitlerini doymuş veya uzun zincirli doymamış yağ asitlerine dönüştürebilmektedirler (Halver, 1972; Worthington ve Lovell, 1973; Akpınar, 1999 b). Balıkların sentezleyemedikleri ancak besinle alabildikleri temel yağ asitleri (C18:2, C18:3 ve C20:4) diğer besinsel yağ asitleri gibi (C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1 vb.) balık dokularında direkt olarak depolanmaktadırlar. Besinde uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitleri (C20:3, C20:5, C22:4, C22:5, C22:6) bulunmadığında temel yağ asitleri kullanılarak bu yağ asitleri sentezlenebilmektedir (Takeuchi ve Watanabe, 1977; Farkas ve ark., 1980; Sargent ve ark., 1995; Akpınar, 1999 b; Tocher ve Dick, 2000).

Doymuş yağ asitleri (C16:0 ve C18:0) ve tek çift bağlı doymamış yağ asitleri (C18:1 $\omega$ 9 ve C16:1 $\omega$ 7)'nin aksine aşırı doymamış yağ asitleri balıklar tarafından sentez edilememektedir ve besin ile sağlanmak zorundadır. Bu yağ asidi sınıfı birçok türün larvaları için temel besin olarak düşünülen uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitleri olan C22:6 $\omega$ 3 ve C20:5 $\omega$ 3 asitleri içermektedir (Owen

ve ark., 1972; Kanazawa, 1985; Sargent ve ark., 1989; Izquiredo ve ark., 1989; Koven ve ark., 1990, 1992).

Koven ve ark. (1993), *Sparus aurata* larvalarında C20:5'in C22:6'ya dönüştürülmesi ve bunların larval büyüme ile birleştirilmesi arasında yaşa bağlı bir ilişkinin olduğunu belirtmişlerdir. 5 - 36 günlük *S. aurata* larvalarında C22:6'nın, C20:5'den daha fazla biyolojik değere sahip olduğu ve fosfatidiletanolaminlerde C22:6'nın yüksek oranda birleştirilmesinin, larvaların ağırlıkça artışı ile bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda, prelarval gelişim safhasında C20:5 kesenin absorbe edildiği safhaya kadar belirgin bir değişim göstermezken, kesenin absorbe edilmesiyle birlikte önemli bir azalma göstermiştir. C22:6 ise 15 günlük keseli safhada değişmezken, bu safhadan sonra 21, 36 ve 43 günlük safhalarda önemli artış göstermiş ( $P < 0.05$ ) (Tablo 6) olması C22:6'nın *O.mykiss* larvalarında da yaşa bağlı olarak arttığını ve C20:5'den daha fazla biyolojik değere sahip olduğunu gösterir.

Bu çalışmamızda embriyo gelişimi ve prelarval gelişim safhalarından sonra beslenmeye alınan *O.mykiss*'lerin, postlarval safha boyunca porsiyonluk büyüklüğüne erişinceye kadar (0.5 - 240 ve 250 g arası), beslenmelerinde kullanılan besin 1, besin 2, besin 3, besin 4 ve besin 5'in C20:5 miktarı, beslenen balıklarda bulunan miktarından yüksek bulunurken, C22:5 ve C22:6'nın besinlerde bulunan miktarının, beslenmeye alınan balıklarda bulunan miktarından oldukça düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 8 - 10). Bu durum, *O.mykiss*'lerin su sıcaklığına da bağlı olarak gereksinim duyduğu ve besinlerde düşük yüzdede bulunan aşırı doymamış yağ asitlerini temel yağ asitlerinden (C18:2, C18:3) biyosentez yoluyla sentezleyebildiklerini göstermektedir. C18:2 ve C18:3'ün besinlerde bulunan miktarlarının hem balık dokularında depolanması hem de aşırı doymamış yağ asitlerinin sentezine yetecek miktarda olduğu görülmektedir (Tablo 8 - 10). Besinde uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitleri (C20:3, C20:5, C22:4, C22:5, C22:6) bulunmadığında temel yağ asitleri kullanılarak bu yağ asitlerinin sentezlenebildiğini belirten birçok araştırma, elde ettiğimiz bu sonucu desteklemektedir (Takeuchi ve Watanabe, 1977; Farkas ve ark., 1980; Leray ve Pelletier, 1985; Sargent ve ark., 1995; Akpınar, 1999 b; Tocher ve Dick, 2000).

Ayrıca, balıkların C20:5 ve C22:5ω3'ü, C22:6'ya dönüştürülebildiğini ifade eden araştırma sonuçlarına dayanarak (Wodtke, 1978; Hazel, 1979; Sellner ve Hazel, 1982; Ackman ve Takeuchi, 1986; Schwalme ve ark., 1993; Koven ve ark., 1993; Sargent, 1995), besinlerde (besin 1 - 5) yüksek miktarlarda bulunan C20:5'in gelişmekte olan balık dokularında C22:5 ve C22:6'ya dönüştürülebildiğini de söyleyebiliriz. Besinin az olması durumunda, balıklarda yağ asit metabolizmasının hızlandığı anlaşılmaktadır. Nitekim, besinde bulunma yüzdeleri düşük olan C22:5 ve C22:6'nın, beslenmeye alınan balıklarda bulunan miktarının oldukça yüksek olması, bu duruma bir kanıt oluşturmaktadır.

Verilerimizde, *O. mykiss*'in tüm gelişim evrelerinde (ergin dişi ve erkekler, olgunlaşmamış ve olgun yumurtalar, sperm, döllenmiş yumurta (zigot), embriyonik safha, keseli yavru ve keselerin absorbe edilmesiyle beslemeye geçen yavru balıklar, erkek ve dişi ayırımı safhalarından yemeklik balık büyüklüğüne ulaşmış 200 - 250 g balıklar) total tek çift bağlı doymamış ve total aşırı doymamış yağ asitleri yüzdesinin toplamının, total doymuş yağ asitleri yüzdesinden yüksek olması, balıkların poikloterm olmalarına bağlanabilir. Balıkların soğuğa veya sığağa adapte olmaları, dolayısıyla sıcaklık değişimleri, hücrelerin lipid metabolizması üzerine direkt olarak etkili olmaktadır. Bu etkileşimde enzimlerin önemli bir rolü vardır (Reiser ve ark., 1963; Russel ve Yonge, 1972; Farkas ve Csengeri, 1976). Sıcaklığın azalmasıyla aşırı doymamış yağ asitleri (C20:3, C20:4, C20:5, C22:5 ve C22:6) artmaktadır. Sıcaklığın artması durumunda ise bu yağ asitlerinin yüzdesinde azalma görülür (Reiser ve ark., 1963; Farkas ve Csengeri, 1976; Farkas, 1984). Ancak, balıklarda hiçbir zaman toplam doymuş yağ asitleri yüzdesi, toplam doymamış yağ asitlerinin yüzdesini geçemez (Akpınar, 1987 b).

Elde edilen sonuçlar, *O. mykiss*'in tüm gelişim evrelerinde lipidlere gereksinim duyduğunu ve bu gereksinimin balıkların erginlik dönemleri, yumurtaların embriyonik evreleri ve yavruların gelişme dönemlerine bağlı olduğunu göstermektedir. *O. mykiss*'in tüm gelişim evrelerinde, yağ asit miktarlarındaki en belirgin değişimler, üreme periyodunda ergin balıkların kas, karaciğer ve gonadlarında, yumurtaların döllenmesiyle beraber aktivasyonunda,

embriyonik safhadan larval safhaya geçiş sürecinde (45 günlük embriyo ile keseli yavru balık arasında), 43 günlük prelarval safhadan kesenin absorbe edildiği postlarval safhaya geçişte meydana geldiği görülmüştür.

C18:2, C18:3, C22:2, C22:5 ve C22:6'nın porsiyonluk ♂ ve ♀'de bulunan değerlerinin, ergin ♂ ve ♀'de bulunan değerlerinden yüksek, C16:1, C18:0 ve C18:1'in ise düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 12). Döllenenmemiş yumurtada bulunan yağ asitlerinden C12:0, C15:0, C16:2, C17:1, C18:2, C20:1, C20:2, C20:3, C20:4, C20:5, C22:0, C22:1, C22:5 ve C22:6'nın yüzdeleri döllenmiş yumurtalarda önemli bir artış ( $P<0.05$ ), C16:0, C18:0 ve C18:1'in yüzdeleri önemli bir azalış ( $P<0.05$ ) göstermiştir. 45 günlük embriyo ile keseli yavru balık arasında (yani embriyonik safhadan larval safhaya geçiş sürecinde) C18:3, C22:1 asitlerinde önemli bir azalma ( $P<0.05$ ), C20:0, C20:3, C20:5 ve C22:0'da ise önemli derecede artış ( $P<0.05$ ) meydana gelmiştir (Tablo 5). 43 günlük keseli yavru (prelarval safha sonu) ve keseleri absorbe edilmiş yavruların (postlarval safha başlangıcı) (Tablo 6), keselerin absorbe edilmesiyle birlikte C15:0, C15:1, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, C20:1, C20:2, C20:3, C20:5, C22:0'ın yüzdelerinde düşüş, C14:0, C14:1, C16:2, C17:0, C17:1, C18:2, C18:3, C20:0, C20:4, C22:1, C22:2, C22:5, C22:6'nın yüzdelerinde ise artış olduğu görülmüştür.

Yağ asitlerinde gözlenen değişimler daha çok ergin dişi ve erkek balıkta belirlenmiştir. Uzun zincirli aşırı doymamış yağ asit yüzdeleri üreme periyotlarına bağlı olarak önemli derecede azalmıştır. Embriyonik safhadan, keselerin absorbe edilmesi sürecine kadar azalış ve artış yönünde önemli değişim gösteren yağ asitlerinin 18, 20 ve 22 karbonlu olduğu belirlenmiştir.

Balıkların değişen sıcaklık ve ortamdaki besin durumuna göre yağ asit metabolizmalarını düzenleyebildikleri söylenebilir. Temel yağ asitlerinin (C18:2 ve C18:3) balıklar için büyük önem taşıdığı ve bu yağ asitlerini kullanarak besinde bulunmayan uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitlerini (C22:5, C22:6) sentezleyebildiği anlaşılmaktadır (Farkas ve ark., 1977; Henderson ve Sargent, 1981; Akpınar ve Aksoylar, 1988; Sargent ve ark., 1995; Akpınar, 1999 b; Tocher ve Dick, 2000)

## 5. KAYNAKLAR

- Aby-ayad, S.M.E.A., Melard, C. and Kestemont, P. 1997. Effects of fatty acids in Eurasian perch broodstock diet on egg fatty acid composition and larvae stress resistance. **Aquacult. Int.** 5, 161-168.
- Ackman, R.G. 1967. Characteristics of the fatty composition and biochemistry of some fresh-water fish oils and lipids in comparison with marine oils and lipids. **Comp. Biochem. Phys.** 22, 907-922.
- Ackman, R.G. and Burgher, R.D. 1964. Cod roe: Component fatty acids as determined by gas-liquid chromatography. **J. Fish. Res. Bd. Can.** 21, 3, 469-476.
- Ackman, R.G. and Eaton, C.A. 1976. Fatty acid composition of the decapod shrimp, *Pandulus borealis*, in relation to that of the euphasid, *Meganyctiphanes noruegica*. **J. Fish. Res. Bd. Can.** 33, 1634-1638.
- Ackman, R.G. and Takeuchi, T. 1986. Comparison of fatty acids and lipids of smolting hatchery-fed and wild Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Lipids.** 21, 117-120.
- Ahlgren, G., Gustafsson, I.-B and Boberg, M. 1994. Fatty acid and chemical composition of freshwater microalgae. **J. Phycol.** 28, 37-50.
- Akpınar, M.A ve Aksoylar, M.Y. 1988. *Garra rufa* Heckel, 1943'nın yağ asidi bileşimine sıcaklığın, besinsel yağ asitlerinin ve açlığın etkileri. **Doğa Tu. Biol.** 12, 1, 1-8.
- Akpınar, M.A ve Aksoylar, M.Y. 1989. *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843'un kas dokusu yağ asidi bileşiminin sıcaklıkla ilişkisi. **Doğa Tu. Biol.** 13, 2, 57-62.
- Akpınar, M.A. 1986a. *Cyprinus carpio* L. (Osteichthyes: Cyprinidae)'nin karaciğer yağ asitlerinin mevsimsel değişimi. **Doğa Tu. Bio.** 10, 3, 232-239.
- Akpınar, M.A. 1986b. *Cyprinus carpio* L. (Osteichthyes: Cyprinidae)'nin karaciğer ve kasındaki total lipid ve total yağ asidinin mevsimsel değişimi. **C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi. Fen Bil. Derg.** 4, 33-42.

- Akpınar, M.A. 1987a. Ergin olmayan ve ergin sazanların (*Cyprinus carpio* L.) gonadlarında total lipid değişimi. **C. Ü. Fen Edebiyat Fakültesi. Fen Bil. Derg.** 5, 173-184.
- Akpınar, M.A. 1987b. *Cyprinus carpio* L. (Osteichthyes: Cyprinidae)'nin kas dokusu yağ asitlerinin mevsimsel değişimi. **Doğa. Tu. Bio.** 11, 1, 1-9.
- Akpınar, M.A. 1999a. Genel hayvan embriyolojisi ders kitabı. **Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü. Özemek matbaa-Sivas.** Birinci baskı. 1-191.
- Akpınar, M.A. 1999b. Besinsel yağ asitlerinin ve açlığın *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843'un kas dokusu yağ asidi bileşimine etkisi. **Tr. J. of Biology.** 23, 309-317.
- Akpınar, M.A. ve Metin, K. 1999. Aç bırakılan ve beslenen *Oncorhynchus mykiss*'in karaciğer ve kas dokusu glikojen miktarı. **Tr. J. of Biology.** 23, 107-113.
- Alderdice, D.F. 1988. Osmotic and ionic regulation in teleost eggs and larvae. In: Fish physiology. The physiology of developing fish. Eggs and larvae. Edited by W.S. Hoar and D.J. Randall. Academic press. London. 11A, 163-251.
- Ando, K. 1962. Changes of the lipid during development of rainbow trout eggs. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 28, 73-76.
- Ando, K. 1968. Biochemical studies on the lipids of cultured fishes. **J. Tokyo Univ. Fish.** 54, 61-98.
- Appelbaum, S. and Van Damme, P. 1988. The feasibility of using exclusively dry diet for rearing of Israeli *Clarias gariepinus* (Burchell) larvae and fry. **J. Appl. Ichthyol.** 4, 105-110.
- Asturiano, J.F. 1999. El proceso reproductivo de la lubina europea (*Dicentrarchus labrax* L.). Efectos de los ácidos grasos de la dieta: estudios in vivo e in vitro. **PhD Thesis, Valencia University, Spain.** 251p.

- Atchison, G.J.** 1975. Fatty acid levels in developing brook trout, (*Salvelinus fontinalis*) eggs and fry. **J. Fish. Res. Bd. Can.** 32, 2513- 2515.
- Avrova, N.F.** 1984. The effect of natural adaptations of fishes to environmental temperature on brain ganglioside fatty acid and long chain base composition. **Comp. Biochem. Phys.** 72B, 4, 903-909.
- Azevedo, P.A., Cho, C.Y., Leeson, S. and Bureau, D.P.** 1998. Effects of feeding level and water temperature on growth, nutrient and energy utilization and waste outputs of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquat. Living Resour.** 11, 4, 227-238.
- Balinsky, B.I.** 1981. An introduction to embryology. **Fifth Edition. Hold-Saunders. Japan. Ltd.**
- Bell, J.G., Tocher, D.R., Farndale, B.M., Cox, D.I., McKinney, R.W. and Sargent, J.R.** 1997. The effect of dietary lipid on polyunsaturated fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing parr-smolt transformation. **Lipids.** 32, 515-525.
- Bell, M.V., Henderson, R.J. and Sargent, J.R.** 1986. The role of polyunsaturated fatty acids in fish. **Comp. Biochem. Phys.** 83B, 711-719.
- Benau, J. and Terner, C.** 1980. Initiation, prolongation and reactivation of the motility of salmonid spermatozoa. **Gamete Res.** 3, 247-257.
- Bencic, D.C., Krisfalusi, M., Cloud, J.G. and Ingermann, R.L.** 1999a. ATP levels of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) sperm following in vitro exposure to various oxygen tensions. **Fish. Physiol. Biochem.** 20, 389-397.
- Bencic, D.C., Krisfalusi, M., Cloud, J.G. and Ingermann, R.L.** 1999b. Maintenance of steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) sperm at different in vitro oxygen tensions alters ATP levels and cell functional characteristics. **Fish. Physiol. Biochem.** 21, 193-200.
- Berglund, I.** 1995. Effects of spring temperature and feeding regime on sexual maturation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) male parr. **In.**



- Goetz, F.W., Thomas, P. (eds.). **Reproductive Physiology of Fish. Fish Symp. 95, Austin, 1995.** 170-172.
- Billard, R. 1981. Short-term preservation of sperm under oxygen atmosphere in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Aquaculture.** 23, 287-293.
- Billard, R. 1986. Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species. **Reprod. Nutr. Dev.** 26, 877-920.
- Billard, R. 1992. Reproduction in rainbow trout: sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes. **Aquaculture.** 100, 263-298.
- Billard, R. and Takashima, F. 1983. Resorption of spermatozoa in the sperm duct during post-spawning season. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 43, 387-392.
- Blaxter, J.H.S. 1969. Development: eggs and larvae. In **Fish Physiology** (Hoar, W.S., Randell, D.J. and Brett, J.R. (eds). New York, London: Academic Press. 3, 177-252.
- Blaxter, J.H.S. 1988. Patterns and variety in development. In: **Hoar, W.S., Randall, D.J. (eds) Fish Physiology XIA.** Academic Press, New York. 1-58.
- Blight, E.G. and Dyer, J.W. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.** 37, 911-917.
- Buddington, R.K., Hazel, J.R., Doroshov, S.I. and van Ednennaam. J. 1993. Ontogeny of the capacity for homeoviscous adaptation in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). **J. Exp. Zool.** 265, 18-28.
- Cahu, C., Zambonino-Infante, J.L., Escaffre, A.M., Bergot, P. and Kaushik, S. 1998. Preliminary results on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae rearing with compound diet from first feeding, comparison with carp (*Cyprinus carpio*) larvae. **Aquaculture.** 169, 1-7.
- Campbell, C.M. and Idler, D.R. 1980. Characterisation of an estradiol-induced protein from rainbow trout serum as vitellogenin by the

- composition and radioimmunological cross-reactivity to ovarian yolk fractions. **Biol. Reprod.** 22, 605-617.
- Cantoni, C., Bianchi, M.A., Renon, P. and Beretta, G.** 1975. Caviale, suoi succedanei e gonadi di Salmonidi. **Arch. Vet. Ital.** 26, 181-187.
- Carlos, M.H.** 1988. Growth and survival of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fry fed at different intake levels and feeding frequencies. **Aquaculture.** 68, 267-276.
- Castell, J.R. and Kean, J.C.** 1986. Evaluation of the role of nutrition in lobster recruitment. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 43, 2320-2327.
- Castell, J.R., Sinnhuber, R.O., Wales, J.H. and Lee, D.J.** 1972. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. **J. Nutr.** 102, 77-86.
- Cerdá, J., Carrillo, M., Zanuy, S. and Ramos, J.** 1994. Effect of food ration on estrogen and vitellogenin plasma levels, fecundity and larval survival in captive sea bass (*Dicentrarchus labrax*): preliminary observation. **Aquat. Living Resour.** 7, 255-256.
- Cho, C.Y., Cowey, C.B. and Watanabe, T.** 1985. Finfish nutrition in Asia. Methodological approaches to research and development. **Int. Develop. Res. Cent.** 1, 26-33.
- Choubert, G., Fauconneau, B. and Luquet, P.** 1982. Influence d'une élévation de la température de l'eau sur la digestibilité de la matière sèche, de l'azote et de l'énergie de l'aliment distribué à la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* Rich.). **Reprod. Nutr. Dev.** 22, 941-949.
- Christen, R., Gatti, J.L. and Billard, R.** 1987. Trout sperm motility. The transient movement of trout sperm is related to changes in the concentration of ATP following the activation of the flagellar movement. **Eur. J. Biochem.** 166, 667-671.
- Ciereszko, A., Liu, L. and Dabrowski, K.** 1996. Effects of season and dietary ascorbic acid on some biochemical characteristics of rainbow

- trout (*Oncorhynchus mykiss*) semen. **Fish. Physiol. Biochem.** 15, 1, 1-10.
- Cossins, A.R., Christiansen, J. and Prosser, C.L. 1978. Adaptation of biological membranes to temperature, the lack of homeoviscous adaptation in the sarcoplasmic reticulum. **Biochem. Biophys. Acta.** 511, 442-454.
- Cowey, C.B., Bell, J.G., Knox, D., Fraser, A. and Youngson, A. 1985. Lipids and lipid antioxidant systems in developing eggs of salmon (*Salmo salar*). **Lipids** 20, 567-572.
- Craik, J.C.A. and Harvey, S.M. 1984. Egg quality in rainbow trout: The relation between egg viability, selected aspects of egg composition and time of stripping. **Aquaculture.** 40, 115-134.
- Çelikkale, M.S. 1994. İçsu Balıkları ve Yetiştiriciliği. 1. Cilt. 2. Baskı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi.
- Dabrowski, K. 1984. The feeding of fish larvae: present 'state of the art' and perspectives. **Reprod. Nutr. Dev.** 24, 807-833.
- Dabrowski, K., Kaushik, S.J. and Luquet, P. 1984. Metabolic utilisation of body stores during the early life of whitefish (*Coregonus lavaretus*). **J. Fish Biol.** 24, 721-729.
- Dabrowski, K.R. 1982. Reproductive cycle of vendace (*Coregonus albula* L.) in relation to some chemical and biochemical changes in the body. **Hydrobiologia.** 94, 3-15.
- Dannevig, B.H. and Norum, K.R. 1983. Effects of fasting on plasma lipids and cholesterol esterification in plasma, liver and a intestinal mucosa in the car (*Salmo alpinus* L.). **Comp. Biochem. Phys.** 74B, 2, 243-250.
- Davis, J.C. 1975. Minimum dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species: a review. **J. Fish. Res. Bd. Can.** 32, 2295-2332.
- Davis, M.W. and Olla, B.L. 1992. Comparison of growth, behavior and lipid concentrations of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) larvae

- fed lipid-enriched, lipid-deficient and field collected prey. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 90, 23-30.
- Dembitsky, V.M., Renzanka, T. and Kashin, A.G.** 1992. Comparative study of the endemic freshwater fauna of Lake Baikal - III. Phospholipid and fatty acid compositions of the amphipod Crustacean of the genus *Eulimnogammarus*. **Comp. Biochem. Phys.** 107B, 317-323.
- Demir, N.** 1992. İhtiyoloji. **İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Basımevi.**
- Deng, J.C., Orthoefer, F.T., Dennison, et al.** 1976. Lipids and fatty acids in mullet (*Mugil cephalus*) : Seasonal and locational variations. **J. Food Sci.** 41, 1479-1483.
- Desvilettes, C., Bourdier, G. and Breton, J.C.** 1997. Changes in lipid class and fatty acid composition during development in pike (*Esox lucius* L) eggs and larvae. **Fish. Physiol. Biochem.** 16, 381-393.
- Doudoroff, P. and Shumway, D.L.** 1970. Dissolved oxygen requirements of freshwater fishes. **United Nations FAO Fisheries Technical Paper FIRI/T86. Rome: FAO.**
- Drost, M.R.** 1987. Relation between aiming and catch success in larval pike. **Can. J. Fish Aquat. Sci.** 44, 304-315.
- Duncan, D.B.** 1955. Multiple range and multiple F-tests. **Biometrics.** 11, 1-41.
- Duray, M., Kohno, H. and Pascual, F.** 1994. The effect of lipid enriched broodstock diets on spawning and on egg and larval quality of hatchery-bred rabbitfish (*Siganus guttatus*). **Philipp. Sci.** 31, 42-57.
- Eckman, R.** 1987. Growth and body composition of juvenile *Colossoma macropomum* feeding on artificial diets. **Aquaculture.** 64, 293-303.
- Ehrlich, K.F. and Muszynski, G.** 1982. Effect of temperature on interactions of physiological and behavioral capacities of larval California grunion. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 60, 223-224.
- Eldridge, M.B., Whipple, J.A. and Bowers, M.J.** 1982. Bioenergetics and growth of striped bass (*Morone saxatilis*) embryos and larvae. **Fish. Bull.** 80, 461-474.

- Eldridge, N.B., Joseph, J.D., Tabersky, K.M. and Seaborn, G.T. 1983. Lipid and fatty acid composition of the endogenous energy sources of striped bass (*Morone saxatilis*). **Lipids**. 18, 150-513.
- Falk-Petersen, S., Sargent, J.R., Fox, C., Falk-Petersen, I.B., Haug, T. and Kjorsvik, E. 1989. Lipids in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) eggs from planktonic samples in Northern Norway. **Mar. Biol.** 101, 553-556.
- Farkas, T. 1984. Adaptation of fatty acid composition to temperature. A study of carp (*Cyprinus carpio* L.) liver slices. **Comp. Biochem. Phys.** 79B: 4: 531-535.
- Farkas, T. and Csengeri, I. 1976. Biosynthesis of fatty acids by the carp (*Cyprinus carpio* L.) in relation to environmental temperature. **Lipids**. 11, 401-407.
- Farkas, T., Csengeri, I. and Majoros, F. et al. 1977. Metabolism of fatty acids in fish. I. Development of essential fatty acid deficiency in the carp (*Cyprinus carpio* L.). **Aquaculture**. 11, 147-157.
- Farkas, T., Csengeri, I. and Majoros, F. et al. 1978. Metabolism of fatty acids in fish. II. Biosynthesis of fatty acids in relation to diet in the carp (*Cyprinus carpio* L.). **Aquaculture**. 14, 57-65.
- Farkas, T., Csengeri, I., Majoros, F. and Olah, J. 1980. Metabolism of fatty acids in fish III. Combined effect of environmental temperature and diet on formation and deposition of fatty acids in the carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus 1758). **Aquaculture**. 20, 29-40.
- Fernández-Palacios, H., Izquierdo, M., Robaina, L., Valencia, A., Salhi, M. and Vergara, J.M. 1995. Effect of n-3 HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). **Aquaculture**. 132, 325-337.
- Fernández-Palacios, H., Izquierdo, M., Robaina, L., Valencia, A., Salhi, M. and Montero, D. 1997. The effect of dietary protein and lipid from squid and fish meals on egg quality of broodstock for Gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**. 148, 233-246.

- Folch, J., Lees, M. and Sldane-Stanley, G.U. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **J. Biol. Chem.** 226, 497-509.
- Follett, B.K. and Redshaw, M.R. 1974. The physiology of vitellogenesis. In physiology of the amphibia (edited by Lofts, B.). **Academic Press, New York.** 2, 219-299.
- Fraser, A.J., Gamble, J.C. and Sargent, J.R. 1988. Changes in lipid content lipid class composition and fatty acid composition in developing eggs and unfed larvae of cod (*Gadus morhua*). **Mar. Biol.** 99, 307-313.
- Fraser, A.J., Sargent, J.R., Gamble, J.C. and McLachlan, P. 1987. Lipid class and fatty acid composition as indicators of the nutritional condition of larval Atlantic herring . **Am. Fish. Symp.** 2, 129-143.
- Frémont, L. and Marion, D. 1982. A comparison of the lipoprotein profiles in male trout (*Salmo gairdnerii*) before maturity and during spermiation. **Comp. Biochem. Phys.** 73B, 4, 849-855.
- Frémont, L. and Riazi, A. 1988. Biochemical analysis of vitellogenin from rainbow trout (*Salmo gairdneri*): fatty acid composition of phospholipids. **Reprod. Nutr. Dev.** 28, 4A, 939-952.
- Frémont, L., Léger, C., Petridou, B. and Gozzelino, M.T. 1984. Effects of a polyunsaturated fatty acid deficient diet on profiles of serum vitellogenin and lipoprotein in vitellogenic trout (*Salmo gairdneri*). **Lipids.** 19, 7, 522-528.
- Fyhn, H.J. 1989. First feeding of marine fish larvae. Are free amino acids the source of energy ? **Aquaculture.** 88, 111-120.
- Fyhn, H.J. 1990. Energy production in marine fish larvae with emphasis on free amino acids as a potential fuel. In: Mellinger, J. (ed). **Nutrition in Wild and Domestic Animals.** 5. Karger, Basel. 176-192.
- Fyhn, H.J. and Serigstad, B. 1987. Free amino acids as energy substrate in developing eggs and larvae of the cod (*Gadus morhua*). **Mar. Biol.** 96, 335-341.

- Gall, G.A.E. and Crandell, P.A. 1992. The rainbow trout. **Aquaculture**. 100, 1-10.
- Giese, A.C. 1968. Cell physiology. **Saunders Co. London**.
- Guraya, S.S. 1986. The cell and molecular biology of fish oogenesis. **Karger, München. Paris**.
- Gurr, M.I. and Harwood, J.L. 1991. Lipid biochemistry and introduction. **Chapman and Hall. London**. 15-87.
- Gutsell, J.S. 1929. Influence of certain water conditions, especially dissolved gasses, on trout. **Ecology**. 10, 77-96.
- Halver, J.E. 1972. The vitamins. **In Fish Nutrition. Academic Press. New York, London**. 29-103.
- Hara, A. and Hirai, H. 1978. Comparative studies on immunochemical properties of female-specific serum protein and egg yolk proteins in rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). **Comp. Biochem. Phys.** 59B, 334-339.
- Hayashi, K. and Takagi, T. 1977. Seasonal variations in lipids and fatty acid of sardine (*Sardinops melanosticta*). **Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.** 28, 2, 83-84.
- Hayes, L.W., Tinsley, I.J. and Lowry, R.R. 1973. Utilization of fatty acids by the developing steelhead sac-fry, *Salmo gairdnerii*. **Comp. Biochem. Phys.** 45B, 695-707.
- Hazel, J.R. 1979. Influence of thermal acclimation on membrane lipid composition of rainbow trout liver. **Am. J. Phys.** 236, 91-101.
- Hazel, J.R. 1989. Cold adaptation in ectotherms: regulation of membrane function and cellular metabolism. **In: Advances in Comparative and Environmental Physiology. Animal Adaptation to Cold.** Edited by L.C.H. Wang. Springer-Verlag. Berlin. 4, 1-50.
- Hazel, J.R. and Prosser, C.L. 1974. Molecular mechanisms of temperature compensation in poikilotherms. **Phys. Rev.** 54, 3, 620-677.

- Hazel, J.R. and Villiams, E.E. 1990. The role of alterations in membrane lipid composition in enabling physiological adaptation of organisms to their physical environment. **Prog. Lipid Res.** 29, 167-227.
- Heming, T.A. and Buddington, R.K. 1988. Yolk absorption in embryonic and larval fishes. In: Hoar, W.S., Randall, D.J. and Brett, J.R. (eds.). **Fish Physiology. Academic Press. New York.** 11A, 407-446.
- Henderson, R.J. and Sargent, J.R. 1981. Lipid biosynthesis in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed diets of differing lipid content. **Comp. Biochem. Phys.** 69C, 31-37.
- Henderson, R.J. and Tocher, D.R. 1987. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. **Prog. Lipid Res.** 36, 281-347.
- Higashi, H., Kaneko, T., Ishii, S. and Sugihashi, T. 1966. Effect of ethyl linoleate, ethyl linolenate and ethyl esters of highly unsaturated fatty acids on essential fatty acid deficiency in rainbow trout. **J. Vitam.** 12, 74-79.
- Hirao, S., Yamada, J. and Kikuchi, R. 1955. Relation between chemical constituents of rainbow trout eggs and the hatching rate. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 21, 240-243.
- Hirose, K., Machida, Y. and Donaldson, E.M. 1979. Induced ovulation of Japanese flounder (*Limanda yokohamae*) with human chorionic gonadotropin and salmon gonadotropin, with special reference to changes in quality of eggs retained in the ovarian cavity after ovulation. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 45, 31-36.
- Hochachka, P.W. and Somero, G.N. 1973. Strategies of biochemical adaptation. **W.B. Saunders Company. Philadelphia.**
- Hokanson, K.E.F., McCormick, J.H. and Jones, B.R. 1973. Temperature requirements for embryos and larvae of the northern pike (*Esox lucius*). **Trans. Am. Fish. Soc.** 102, 89-100.



- Holman, R.T. and Hofstetter, H.H. 1965. The fatty acid composition of the lipids from bovine and porcine reproductive tissues. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 42, 540-544.
- Ibeas, C., Cejas, J., Gomez, T., Jerez, S. and Lorenzo, A. 1996. Influence of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids levels on juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*) growth and tissue fatty acid composition. **Aquaculture** 142, 221-235.
- Izquierdo, M.S. 1996. Essential fatty acid requirements of cultured marine fish larvae. **Aquacult. Nutr.** 2, 183-191.
- Izquierdo, M.S., Fernández-Palacios, H. and Tacon, A.G.J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. **Aquaculture**. 197, 25-42.
- Izquierdo, M.S., Watanabe, T., Takeuchi, T., Arakawa, T. and Kitajima, C. 1989. Optimal EFA levels in *Artemia* to meet the EFA requirements of red seabream (*Pagrus major*). In: **Proceedings Third International Symposium on Feeding and Nutrition in Fish, Toba, Aug. 28-Sept. 1, 1989, Japan.** 221-232.
- Jaffe, L.F. 1985. The role of calcium explosions, waves and pulses in activating eggs. In: **Biology of Fertilization. Edited by C.B. Metz and A. Monroy. Academic Press, Orlando.** 3, 127-165.
- Jangaard, P.M., Ackman, R.G. and Sipos, J.C. 1967. Seasonal changes in fatty acid composition of cod liver, flesh roe and milt lipids. **J. Fish. Res. Bd. Can.** 24, 3, 613-627.
- Jaworski, A. and Kamler, E. 2002. Development of a bioenergetics model for fish embryos and larvae during the yolk feeding period. **J. Fish Biol.** 60, 785-809.
- Kaitaranta, J.K. 1980. Lipids and fatty acids of a whitefish (*Coregonus albula*) flesh and roe. **J. Sci. Food Agr.** 31, 1303-1308.
- Kaitaranta, J.K. and Ackman, R.G. 1981. Total lipids and lipids classes of fish roe. **Comp. Biochem. Phys.** 69B, 725-729.

- Kaitaranta, J.K. and Linko, R.R. 1984. Fatty acids in the roe lipids of common food fishes. **Comp. Biochem. Phys.** 79B, 3, 331-334.
- Kaitaranta, J.K., Lamppu, R. and Linko, R.R. 1980. Amino acid content of Baltic herring and rainbow trout roe. **J. Agric. Food Chem.** 28, 908-911.
- Kamler, E. 1992. Early life history of fish. **An Energetics Approach.** London: Chapman and Hall.
- Kanazawa, A., Teshima, S. and Sakamoto, M. 1985. Effects of dietary lipids, fatty acids and phospholipids on growth and survival of prawn (*Penaeus japonicus*) larvae. **Aquaculture.** 50, 39-49.
- Kanazawa, A. 1985. Essential fatty acid and lipid requirements of fish. In: Cowey, C.B., Mackie, A.M. ve Bell, J.G. (Editors), **Nutrition and Feeding in Fish.** Academic Press, London. 281-298.
- Kiessling, A., Johansson, L. and Kiessling, K.H. 1990. Effects of starvation on rainbow trout muscle. **Acta Agric. Scand. A-AN.** 40, 309-324.
- Kimata, M. 1983a. Changes of chemical composition during development in the red sea bream, *Chrysophrys major* (Temminck and Schlegel) egg and larvae. **J. Fac. Mar. Sci. Tech. Tokai Univ.** 16, 213-223.
- Kimata, M. 1983b. Changes of fatty acid composition during early development in the red sea bream, *Chrysophrys major* (Temminck and Schlegel) egg and larvae. **J. Fac. Mar. Sci. Tech. Tokai Univ.** 16, 225-233.
- Kinsella, J.E., Shimp, J.C. and Mai, J. 1978. The proximate and lipid composition of several species of fresh water fishes. **Food Sci.** 69, 1-20.
- Kjorsvik, E. 1994. Egg quality in wild and broodstock cod *Gadus morhua* L. **J. World . Aquacult. Soc.** 25, 22-29.
- Knox, D., Bromage, N.R., Cowey, C.B. and Springate, J.R.C. 1988. The effect of broodstock ration size on the composition of rainbow trout eggs (*Salmo gairdneri*). **Aquaculture.** 69, 93-104.

- Kolkovski, S.** 2001. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles-implications and applications to formulated diets. **Aquaculture**. 200, 181-201.
- Konar, V., Canpolat, A. ve Yılmaz, Ö.** 1999. *Capoeta trutta* ve *Barbus rajanorum mystaceus*' un kas dokularındaki total lipid ve yağ asidi miktar ve bileşimlerinin üreme periyodu süresince değişimi. **Tr. J. of Biology**. 23, 319-330.
- Koven, W.M., Kissil, G.W. and Tandler, A.** 1989. Lipid and n-3 requirement of *Sparus aurata* larvae during starvation and feeding. **Aquaculture**. 79, 185-191.
- Koven, W.M., Tandler, A., Kissil, G.W. and Sklan, D.** 1992. The importance of n-3 highly unsaturated fatty acids for growth in larval *Sparus aurata* and their effect on survival, lipid composition and population structure. **Aquaculture**. 104, 91-104.
- Koven, W.M., Tandler, A., Kissil, G.W., Sklan, D., Friezlander, O. and Harel, M.** 1990. The effect of dietary (n-3) polyunsaturated fatty acids on growth, survival and swim bladder development in *Sparus aurata* larvae. **Aquaculture**. 91, 131-141.
- Koven, W.M., Tandler, A., Sklan, D. and Kissil, G.W.** 1993. The association of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in the main phospholipids of different-age *Sparus aurata* larvae with growth. **Aquaculture**. 116, 71-82.
- Kreps, E.M.** 1981. Lipids of cell membranes. **Nauka. Leningrad (Russian)**.
- Krieger, J. and Fleig, R.** 1999. Yolk mobilization in perch, *Perca fluviatilis* L., embryos. **Fish. Physiol. Biochem.** 21, 157-165.
- Labbe, C., Crowe, L.M. and Crowe, J.H.** 1997. Stability of the lipid component of trout sperm plasma membrane during freeze-thawing. **Cryobiology**. 34, 176-182.
- Labbe, C., Loir, M., Kaushik, S. and Maisse, G.** 1993. The influence of both rearing and dietary lipid origin on fatty acid composition of spermatozoan polar lipids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

- Effect on sperm cryopreservation tolerance. **Fish Nutrition in Practice, Biarritz (France), June 24-27, 1991.** ed. INRA, Paris 1993 (Les Colloques, no. 61). 49-59.
- Lagler, K.F., Bardach, J.E. and Miller, R.R.** 1967. Ichthyology. **John Wiley and Sons, Inc., New York. London. Sydney.**
- Lahnsteiner, F., Patzner, R.A. and Weismann, T.** 1993. The spermatid ducts of salmonid fishes (Salmonidae, Teleostei). Morphology, histochemistry and composition of the secretion. **J. Fish Biol.** 42, 72-93.
- Lahnsteiner, F., Berger, B., Weismann, T. and Patzner, R.A.** 1998. Determination of semen quality of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by sperm motility, seminal plasma parameters and spermatozoal metabolism. **Aquaculture.** 163, 163-181.
- Lahnsteiner, F., Weismann, T. and Patzner, R.A.** 1999. Physiological and biochemical parameters for egg quality determination in lake trout, *Salmo trutta lacustris*. **Fish. Physiol. Biochem.** 20, 375-388.
- Lands, W.E.M.** 1985. Fish and Human Health. **Academic Press. New York.** 34-48.
- Lasker, R.** 1962. Efficiency and rate of yolk utilization by developing embryos and larvae of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*) (Girard). **J. Fish. Res. Bd. Can.** 19, 867-875.
- Lasker, R. and Theilacker, G.H.** 1962. The fatty acid composition of lipids of some Pacific sardine tissues in relation to ovarian maturation and diet. **J. Lipid Res.** 3, 60-64.
- Lee, D.J., Roehm, J.N., Yu, T.C. and Sinnhuber, R.O.** 1967. Effect of  $\omega$ 3 fatty acids on the growth rate of rainbow trout, *Salmo gairdnerii*. **J. Nutr.** 92, 93-98.
- Leray, C. and Pelletier, X.** 1985. Fatty acid composition of trout phospholipids: effect of (n-3) essential fatty acid deficiency. **Aquaculture.** 50, 51-59.

- Lillelund, K.** 1967. Versuche zur erbrütung der eier vom hecht (*Esox lucius*) in abhängigkeit von temperatur und licht. **Archiv. Fisherereiwiss.** 17, 95-113.
- Lindroth, A.** 1946. Zur biologie der befruchtung und entwicklung beim hecht. **Annu. Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm.** 24, 173p.
- Loir, M., Labbe, C., Maise, G., Pinson, A., Boulard, G., Mouret, B. and Chambeyron, F.** 1990. Proteins of seminal fluid and spermatozoa in the trout (*Oncorhynchus mykiss*): partial characterization and variations. **Fish. Physiol. Biochem.** 8, 485-495.
- Love, R.M.** 1980. The chemical biology of fishes. **Academic Press. Inc. London.** 51p.
- Luczynski, M., Zaprowski, R.R. and Golonka, J.S.** 1986. Rearing of European grayling (*Thymallus thymallus* L.) larvae using dry and live food. **Aquacult. Fish. Manag.** 17, 275-280.
- Luquet, P. and Watanabe, T.** 1986. Interaction 'nutrition-reproduction' in fish. **Fish. Physiol. Biochem.** 2, 121-129.
- Manning, N.J. and Kime, D.E.** 1984. Temperature regulation of ovarian steroid production in the common carp (*Cyprinus carpio* L.) in vivo and in vitro. **Gen. Comp. Endocr.** 56, 376-388.
- Matschak, T.W., Tyler, D.D. and Stickland, N.C.** 1998. Metabolic enzyme activities in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) embryos respond more to chronic changes in oxygen availability than to environmental temperature. **Fish. Physiol. Biochem.** 18, 115-123.
- Matthews, K.R. and Berg, N.H.** 1997. Rainbow trout responses to water temperature and dissolved oxygen stress in two southern California stream pools. **J. Fish Biol.** 50, 50-67.
- Mead, J.F., Kayama, M. and Reiser, R.** 1960. Biogenesis of polyunsaturated acids in fish. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 37, 438-440.
- Medford, B.A. and Mackay, W.C.** 1978. Protein and lipid content of gonads, liver and muscle of northern pike (*Esox lucius* L.) in relation to gonad growth. **J. Fish. Res. Bd. Can.** 35, 213-219.

- Metin, K.** 1992. Topardıç deresindeki (Kangal-Sivas) *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843 ( Osteichthyes: Cyprinidae)'ların gonadal total lipid, total yağ asidi ve glikojen içeriğinin mevsimsel değişimi. **Yüksek Lisans Tezi. C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Sivas.**
- Metin, K. and Akpınar, M.A.** 2000. *Cyprinion macrostomus* (Heckel, 1843)'un gonadlarında total lipid ve yağ asidi miktarının mevsimsel değişimi. **Turk J. Biol.** 24, 627-634.
- Miller, N.G.A., Hill, M.W. and Smith, M.N.** 1976. Positional and species analysis of membrane phospholipids extracted from goldfish adapted to different environmental temperatures. **Biochem. Biophys. Acta.** 455, 644-654.
- Mollah, M.F.A. and Tan, E.S.P.** 1983. Viability of catfish (*Clarias macrocephalus*, Gunther) eggs fertilized at varying post-ovulation times. **J. Fish Biol.** 22, 563-566.
- Moodie, G.E.E., Loadman, N.L. and Wiegand, M.D.** 1989. Influence of egg characteristics on survival, growth and feeding in larval walleye (*Stizostedion vitreum*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 46, 516-521.
- Moore, P.K.** 1995. Prostanoids: Pharmacological, Physiological and Clinical Relevance. **Cambridge Univ. Press. Cambridge.**
- Moss, C.W., Lambert, M.A. and Merwin, W.H.** 1974. Comparison of rapid methods for analysis of bacterial fatty acids. **Appl. Microbiol.** 28, 80-85.
- Mourente, G. and Odriozola, J.M.** 1990. Effect of broodstock diet on total lipids and fatty acid composition of larvae of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) during yolk-sac stage. **Fish. Physiol. Biochem.** 8, 103-110.
- Mourente, G. and Tocher, D.R.** 1993. The effects of weaning on to a dry pellet diet on brain lipid and fatty acid compositions in post-larval gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). **Comp. Biochem. Phys.** 104A, 605-611.

- Mourente, G. and Vazquez, R.** 1996. Changes in the content of total lipid, lipid classes and their fatty acids of developing eggs and unfed larvae of the Senegal sole, *Solea senegalensis* Kaup. **Fish. Physiol. Biochem.** 15, 3, 221-235.
- Munk, P. and Kiørboe, T.** 1985. Feeding behavior and swimming activity of larval herring (*Clupea harengus*) in relation to density of copepod nauplii. **Mar. Eco. Prog. Ser.** 24, 15-21.
- Mute, P., Agren, J.J., Lindovist, O.V. and Hanninen, O.** 1989. Fatty acid composition of vendace (*Coregonus albula* L.) muscle and its plankton feed. **Comp. Biochem. Phys.** 92B, 75-79.
- Muto, Y. and Gibson, D.M.** 1970. Selective dapening of lipogenic enzymes of liver by exogenous polyunsaturated fatty acids. **Biochem. Biophys. Res. Commun.** 38, 9-15.
- Nath, P. and Sundararaj, B.I.** 1981. Isolation and identification of female-specific lipophosphoprotein (vitellogenin) in the catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). **Gen. Comp. Endocr.** 43, 184-190.
- Neuhaus, O.W. and Halver, J.C.** 1969. Fish in research. **Academic Press.** New York. 135p.
- Newsome, E.G. and Leduc, G.** 1975. Seasonal changes of fat content in the yellow perch (*Perca flavescens*) of two laurention lakes. **J. Fish. Res. Bd. Can.** 32, 11, 2214-2221.
- Nikolsky, G.V.** 1963. The ecology of fishes. **Academic Press New York.** 352.
- Noel, O. and Le Bail, P.Y.** 1997. Does cyclicality of growth rate in rainbow trout exist? **J. Fish Biol.** 51, 634-642.
- Norberg, B. and Haux, C.** 1985. Induction, isolation and a characterization of the lipid content of plasma vitellogenin from two salmo species: rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) and sea trout (*Salmo trutta*). **Comp. Biochem. Phys.** 81B, 4, 869-876.
- Ogier de Baulny, B., Le Vern, Y., Kerboeuf, D. and Maise, G.** 1995. ATP content and flow cytometric evaluation of mitochondrial activity and

- membrane integrity in fresh and cryopreserved trout spermatozoa. **Cryobiology**. 32, 581p.
- Ostrowski, A.C. and Divakaran, S.** 1991. Energy substrates for eggs and prefeeding larvae of the dolphin (*Coryphaena hippurus*). **Mar. Biol.** 109, 149-155.
- Owen, J.M. Adron, J.W., Sargent, J.R. and Cowey, C.B.** 1972. Studies on the marine flatfish: The effect of dietary fatty acids on the tissue fatty acids of the plaice, *Pleuronectes platessa*. **Mar. Biol.** 13, 166-169.
- Özdemir, N.** 1994. Tatlı ve tuzlu sularda alabalık üretimi. **Fırat Üniversitesi, Elazığ. Sayı: 35.**
- Peter, R.E.** 1982. Neuroendocrine control of reproduction in teleosts. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 39, 48-55.
- Petersen, S.F., Petersen, I.B.F., Sargent, J.R. and Haug, T.** 1986. Lipid class and fatty acid composition of eggs from the Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). **Aquaculture**. 52, 207-211.
- Pickova, J., Dutta, P.C., Larsson, P.O. and Kiessling, A.** 1997. Early embryonic cleavage pattern, hatching success and egg-lipid fatty acid composition: Comparison between two cod stocks (*Gadus morhua*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 54, 2410-2416.
- Pickova, J., Kiessling, A., Pettersson, A. and Dutta, P.C.** 1998. Comparison of fatty acid composition and astaxanthin content in healthy and by M74 affected salmon eggs from three Swedish river stocks. **Comp. Biochem. Phys.** 120B, 265-271.
- Pickova, J., Kiessling, A., Pettersson, A. and Dutta, P.C.** 1999. Fatty acid and carotenoid composition of eggs from two nonanadromous Atlantic salmon stocks of cultured and wild origin. **Fish. Physiol. Biochem.** 21, 147-156.
- Plack, P.A., Pritchard, D.J. and Fraser, N.W.** 1971. Egg proteins in cod serum. **Biochem. J.** 121, 847-856.
- Quessada, J.** 1987. Aspects lipidiques des développements embryonnaires et larvaires du loup (*Dicentrarchus labrax*), du sar (*Diplodus sargus*),



- et de la daurade (*Sparus auratus*), en relation avec les réserves endogènes. **PhD Thesis Univ. S.T. Langue-doc.**
- Rainuzzo, J.R.** 1993. Lipids in early stages of marine fish. Dr. Scient. Thesis. University of Trondheim. Norway.
- Raleigh, R.F., Hickman, T., Soloman, R.C. and Nelson, P.C.** 1984. Habitat suitability information: Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **U.S. Fish and Wildlife Service FWS/OBS-82/10.** 60, 64p.
- Reiser, R., Stevenson, B. and Kayama, M., et al.** 1963. The influence of dietary fatty acids and environmental temperature on the fatty acid composition of teleost fish. **J. Ame. Oil Chem. Soc.** 40, 507-513.
- Rodriguez, C., Cejas, J.R., Martin, M.V., Badia, P., Samper, M. and Lorenzo, A.** 1998. Influence of n-3 highly unsaturated fatty acid deficiency on the lipid composition of broodstock gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) and on egg quality. **Fish. Physiol. Biochem.** 18, 177-187.
- Rønnestad, I.** 1993. No efflux of free amino acids from yolk-sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 167, 39-45.
- Rønnestad, I. and Fyhn, H.J.** 1993. Metabolic aspects of free amino acids in developing marine fish eggs and larvae. **Rev. Fisher Sci.** 1, 3, 239-259.
- Rønnestad, I., Finn, R.N., Groot, E.P. and Fyhn, H.J.** 1992b. Utilization of free amino acids related to energy metabolism of developing eggs and larvae of lemon sole (*Microstomus kitt*) reared in the laboratory. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 88, 195-205.
- Rønnestad, I., Fyhn, H.J. and Gravningen, K.** 1992a. The importance of free amino acids to the energy metabolism of eggs and larvae of turbot (*Scophthalmus maximus*). **Mar. Biol.** 114, 517-525.
- Rønnestad, I., Groot, E.P. and Fyhn, H.J.** 1993. Compartmental distribution of free amino acids and protein in developing yolk-sac larvae of

- Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). **Mar. Biol.** 116, 349-354.
- Rønnestad, I., Koven, W.M., Tandler, A., Harel, M. and Fuhn, H.J.** 1994. Energy metabolism during development of eggs and larvae of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Mar. Biol.** 120, 187-196.
- Rosenlund, G., Stoss, J. and Talbot, C.** 1997. Co-feeding marine fish larvae with inert and live diets. **Aquaculture.** 155, 183-191.
- Russel, S.F.S. and Yonge, S.M.** 1972. Advances in marine biology. **Academic Press London and New York.** 10, 410-437.
- Ryland, J.S.** 1963. The swimming speeds of plaice larvae. **J. Exp. Biol.** 4, 285-289.
- Saka, H.** 1996. Beslenen ve aç bırakılan *Salmo gairdnerii* R. (Osteichthyes: Salmonidae)'nin karaciğer ve kas dokusu total lipid ve total yağ asidi içeriğinin araştırılması. **Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Sivas.**
- Sakai, K., Nomura, M., Takashima, F. and Oto, H.** 1975. The over-ripening phenomenon of rainbow trout. II. Changes in the percentage of eyed eggs, hatching rate and incidence of abnormal alevins during the process of over-ripening. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 41, 855-860.
- Santiago, C.B., Banes-Aldaba, M. and Songalia, E.T.** 1983. Effect of artificial diets on growth and survival of milkfish fry in fresh water. **Aquaculture.** 34, 247-252.
- Sargent, J.R.** 1976. The structure, metabolism and function of lipids in marine organism. In biochemical and biophysical perspectives in marine biology. **Academic Press. London.** 3, 149-212.
- Sargent, J.R.** 1995. Origins and functions of egg lipids: nutritional implications. In brood stock management and egg and larval quality. **Edited by N.R. Bromage and R.J. Roberts. Blackwell Science, Oxford.** 353-372.

- Sargent, J.R., Bell, J.G., Bell, M.V., Henderson, R.J. and Tocher, D.R. 1995. Requirement criteria for essential fatty acids. **J. Appl. Ichthyol.** 11, 183-198.
- Sargent, J.R., Henderson, R.J. and Tocher, D.R. 1989. The lipids. In Fish Nutrition. Edited by J.E. Halver Academic Press, San Diego. 153-218.
- Sasayama, Y. and Takahashi, H. 1972. Effect of starvation and unilateral astration in male goldfish (*Carassius auratus*) and a design of bioassay for fish gonadotropin using starved goldfish. **Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.** 22, 267-283.
- Scenedor, G.W. and Cochran, W.G. 1967. Statistical methods. 6<sup>th</sup> ed. Ames. Iowa U.S.A. Iowa State University Press.
- Schwalme, K. 1994. Reproductive and overwintering adaptations in northern pike (*Esox lucius* L.): Balancing essential fatty acid requirements with dietary supply. **Physiol. Zool.** 67, 1507-1522.
- Schwalme, K., Mackay, W.C and Clandinin, M.T. 1993. Seasonal dynamics of fatty acid camposition in female northern pike (*Esox lucius*). **J. Comp. Physiol.** 163B, 277-287.
- Segrest, J.P., Jackson, R.L., Morrisett, J.D., Gotto, A.M. 1974. A molecular theory of lipid-protein interactions in the plasma lipoproteins. **FEBS Letters.** 38, 247-253.
- Sellner, P.A. and Hazel, J.R. 1982. Desaturation and elongation of unsaturated fatty acids in hepatocytes from thermally acclimated rainbow trout. **Arch. Biochem. Biophys.** 213, 58-66.
- Shimizu, Y., Tada, M. and Endo, K. 1973. Seasonal variations in chemical constituents of yellowtail muscle I. Water, lipid and crude protein. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 39, 993-999.
- Springate, J.R.C. and Bromage, N.R. 1984. Broodstock management. **Fish Farmer.** 7, 30-31.
- Stansby, M.E. 1969. Nutritional properties of fish oils. **World Rew. of Nutrition and Dietetics.** New York. 11, 46-105.

- Suyama, M. and Ogino, C. 1958. Changes in chemicals composition during development of rainbow trout eggs. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 23, 785-788.
- Takeuchi, T. and Watanabe, T. 1977. Requirement of carp for essential fatty acids. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 43, 541-551.
- Takeuchi, T. and Watanabe, T. 1982. Effects of various polyunsaturated fatty acids on growth and fatty acid compositions of rainbow trout *Salmo gairdneri*, coho salmon *Oncorhynchus kisutch*, and chum salmon *Oncorhynchus keta*. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 48, 1745-1752.
- Tandler, A., Harel, M., Koven, W.M. and Kolkovsky, S. 1995. Broodstock and larvae nutrition in gilthead seabream (*Sparus aurata*) new findings on its involvement in improving growth, survival and swim bladder inflation. **Isr. J. Aquacult. Bamid.** 47, 95-111.
- Tandler, A., Watanabe, T., Satoh, S. and Fukusho, K. 1989. The effect of food deprivation on the fatty acid and lipid profile of red seabream (*Pagrus major*) larvae. **Brit. J. Nutr.** 62, 349-361.
- Terner, C., Kumar, L.A. and Choe, T.S. 1968. Studies of metabolism in embriyonic development.-II. Biosynthesis of lipids in embriyonated trout ova. **Comp. Biochem. Phys.** 24, 941-950.
- Teshima, S., Kanazawa, A. and Kakuta, Y. 1986 a. Effects of dietary phospholipids on growth and body composition of the juvenile prawn. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 52, 155-158.
- Teshima, S., Kanazawa, A. and Kakuta, Y. 1986 b. Growth, survival and body lipid composition of the prawn larvae receiving several dietary phospholipids. **Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.** 35, 17-27.
- Tocher, D.R. and Dick, J.R. 2000. Essential fatty acid deficiency in freshwater fish: the effects of linoleic,  $\alpha$ -linolenic,  $\gamma$ -linolenic and stearidonic acids on the metabolism of (1- $^{14}$ C) 18:3n-3 in a carp cell culture model. **Fish. Physiol. Biochem.** 22, 67-75.

- Tocher, D.R. and Sargent, J.R. 1984. Analyses of lipids and fatty acids in ripe roes of some northwest European marine fish. **Lipids**. 19, 69-74.
- Tocher, D.R., Fraser, A.J., Sargent, J.R. and Gamble, J.C. 1985a. Fatty acid composition of phospholipids and neutral lipids during embryonic and early larval development in Atlantic herring (*Clupea harengus* L.). **Lipids**. 20, 69-74.
- Tocher, D.R., Fraser, A.J., Sargent, J.R. and Gamble, J.C. 1985b. Lipid class composition during embryonic and early larval development in Atlantic herring (*Clupea harengus* L.). **Lipids**. 20, 84-89.
- Todd, D.K. 1976. Groundwater Hydrology. New York: John Wiley.
- Tsukamoto, K. and Kajihara, T. 1984. On the relation between yolk absorption and swimming activity in the ayu larvae (*Plecoglossus altivelis*). **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 50, 59-61.
- Ulvund, K.A. and Grahl-Nielsen, O. 1988. Fatty acid composition in eggs of Atlantic cod (*Gadus morhua*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 45, 898-901.
- Van den Thillart, G. and Bruin, G. 1981. Influence of environmental temperature on mitochondrial membranes. **Biochem. Biophys. Acta**. 640, 439-497.
- Vetter, R.D., Hodson, R.E. and Arnold, C. 1983. Energy metabolism in a rapidly developing marine fish egg, the red drum (*Sciaenops ocellata*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 40, 627-634.
- Vlaming, V.L.D., Kuris, A. and Parker, F.R. 1978. Seasonal variations of reproduction and lipid reserves in some subtropical cyprinodontids. **Trans. Am. Fish. Soc.** 107, 3, 464-472.
- Vlaming, V.L.D., Wiley, H.S., Delahunty, G. and Wallace, R.A. 1980. Goldfish (*Carassius auratus*) vitellogenin: induction, isolation, properties and relationship to yolk proteins. **Comp. Biochem. Phys.** 67B, 613-623.

- Viola, S. and Amidan, G. 1978. The effects of different dietary oil supplements on the composition of carp's body fat. **Bamidgeh.** 30, 4, 104-109.
- Vuorela, R., Kaitaranta, J. and Linko, R.R. 1979. Proximate composition of fish roe in relation to maturity. **Can. Inst. Food Sci. Technol. J.** 12, 186-188.
- Wallace, R.A. 1978. Oocyte growth in non-mammalian vertebrates. In the vertebrate ovary. Edited by Jones, R.E. Plenum Press. New York. 469-502.
- Watanabe, T. 1982. Lipid nutrition in fish. **Comp. Biochem. Phys.** 73B, 1, 3-15.
- Watanabe, T. 1990. Effect of broodstock diets on reproduction of fish. **Actes Colloq.-IFREMER.** 9, 542-543.
- Watanabe, T. and Kiron, V. 1994. Broodstock management and nutritional approaches for quality offsprings in the red seabream. In: Proceeding, Broodstock Management and Egg and Larvae Quality. Stirling University. 23-27 June 1992.
- Watanabe, T. and Ohta, M. 1995. Endogenous nitrogen excretion and non-fecal energy losses in carp and rainbow trout. **Fish. Sci.** 61, 53-60.
- Watanabe, T., Kobayashi, I., Utsue, O. and Ogino, C. 1974. Effect of dietary methyl linolenate on fatty acid composition of lipids in rainbow trout. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 40, 387-392.
- Watanabe, T., Koizumi, T., Suzuki, H., Satoh, S., Takeuchi, T., Yoshida, N., Kitada, T. and Tsukashima, Y. 1985. Improvement of quality of red sea bream eggs by feeding broodstock on a diet containing cuttlefish meal or raw krill shortly before spawning. **Nippon Suisan Gakk.** 51, 9, 1511-1521.
- Watanabe, T., Lee, M., Mizutani, J., Yamada, T., Satoh, S., Takeuchi, T., Yoshida, N., Kitada, T. and Arakawa, T. 1991. Effective components in cuttlefish meal and raw krill for improvement of

- quality of red seabream (*Pagrus major*) eggs. **Nippon Suisan Gakk.** 57, 681-694.
- Watanabe, T., Ohhashi, S., Itoh, A., Kitajima, C. and Fujita, S.** 1984 a. Effect of nutritional composition of diets on chemical components of red sea bream broodstock and eggs produced. **Nippon Suisan Gakk.** 50, 3, 503-515.
- Watanabe, T., Takeuchi, T., Saito, M. and Nishimura, K.** 1984 b. Effect of low protein-high calory or essential fatty acid deficiency diet on reproduction of rainbow trout. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.** 50, 7, 1207-1215.
- Wicks, B.J. and Randall, D.J.** 2002. The effect of feeding and fasting on ammonia toxicity in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquatic Toxicol.** 59, 71-82.
- Wiegand, M.D.** 1996. Utilization of yolk fatty acids by goldfish embryos and larvae. **Fish. Physiol. Biochem.** 15, 1, 21-27.
- Wiegand, M.D., Hataley, J.M., Kitchen, C.L. and Buchanan, L.G.** 1989. Induction of developmental abnormalities in larval goldfish, *Carassius auratus* L., under cool incubation conditions. **J. Fish. Biol.** 35, 85-95.
- Wiegand, M.D., Kitchen, C.L. and Hataley, J.M.** 1991. Incorporation of yolk fatty acids into body lipids of goldfish (*Carassius auratus* L.) larvae raised at two different temperatures. **Fish. Physiol. Biochem.** 9, 199-213.
- Wodtke, E.** 1978. Lipid adaptation in liver mitochondrial membranes of carp acclimated to different environmental temperatures. **Biochim. Biophys. Acta.** 529, 280-291.
- Wodtke, E.** 1981. Temperature adaptation of biological membranes. The effects of acclimation temperature on the unsaturation of the main neutral and charged phospholipids in mitochondrial membranes of the carp (*Cyprinus carpio* L.). **Biochim. Biophys. Acta.** 640, 698-709.

- Worthington, R.E. and Lovell, R.T.** 1973. Fatty acids of Channel catfish (*Ictalurus punctatus*): Variance component related to diet, replications within diets and variability among fish. **J. Fish. Res. Bd. Can.** 30, 1604-1608.
- Yılmaz, Ö., Konar, V. ve Çelik, S.** 1995. Elazığ Hazar gölündeki *Capoeta capoeta* umbla'nın dişi ve erkek bireylerinde bazı dokularının total lipid ve yağ asidi bileşimleri. **Biyokimya Derg.** 20, 31-42.
- Yu, T.C., Sinnhuber, R.O. and Hendricks, J. D.** 1979. **Lipids.** 14, 572-575.
- Zengin, H. ve Akpınar, M.A.** 1998. Farklı iki yemle beslenen *Oncorhynchus mykiss*'in kas dokusu total lipid ve total yağ asidi içeriği. **S.D.Ü.Eğirdir Su Ürünleri Fak. Dergisi.** 6, 78-89.



## 6. ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Hatayi ZENGİN

**Doğum Yeri** : Sivas

**Doğum Tarihi** : 06 / 01 / 1968

**Medeni Hali** : Evli

### Eğitim ve Akademik Durumu

**Lise** : 1984-1987 Keçiören Fatih Sultan Mehmet Lisesi

**Lisans** : 1987-1993 Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat  
Fakültesi, Biyoloji Bölümü

**Yüksek Lisans** : 1994-1996 Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri  
Enstitüsü, Biyoloji ABD.

**Yabancı Dili** : İngilizce

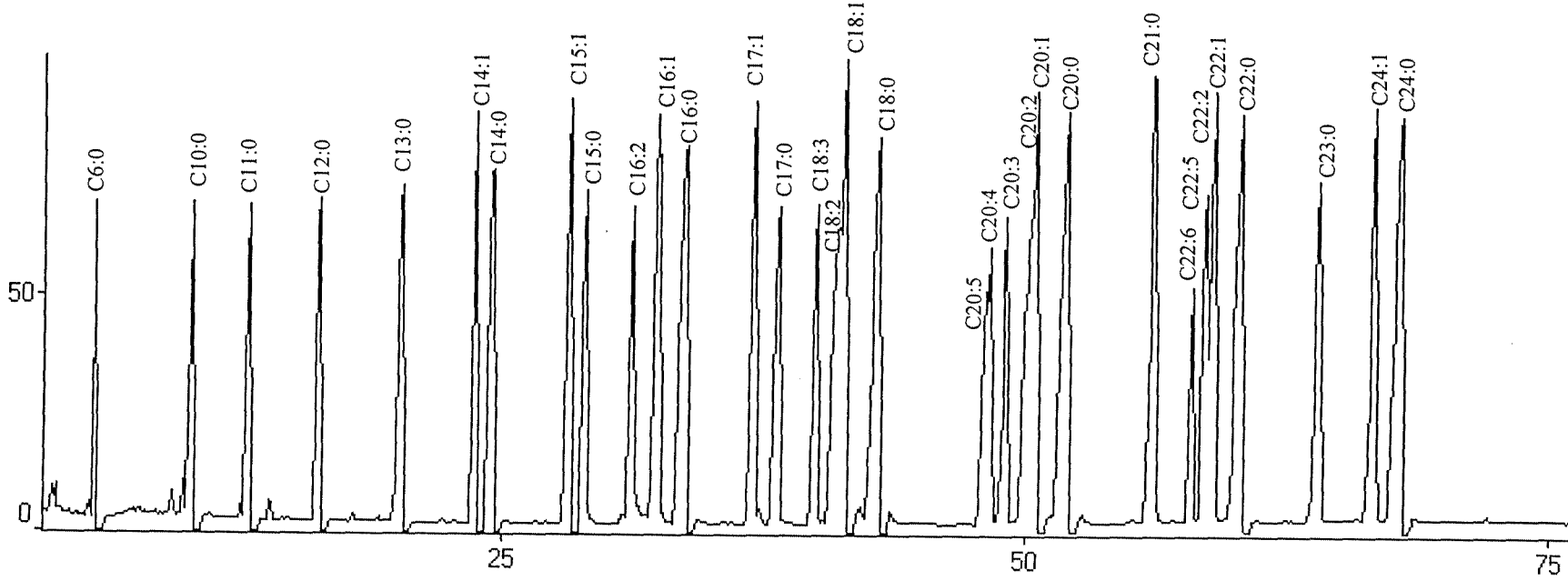
### İş Tecrübesi

**Mayıs 1995** : C.Ü. Gürün Meslek Yüksekokulu (Öğr. Görevlisi)

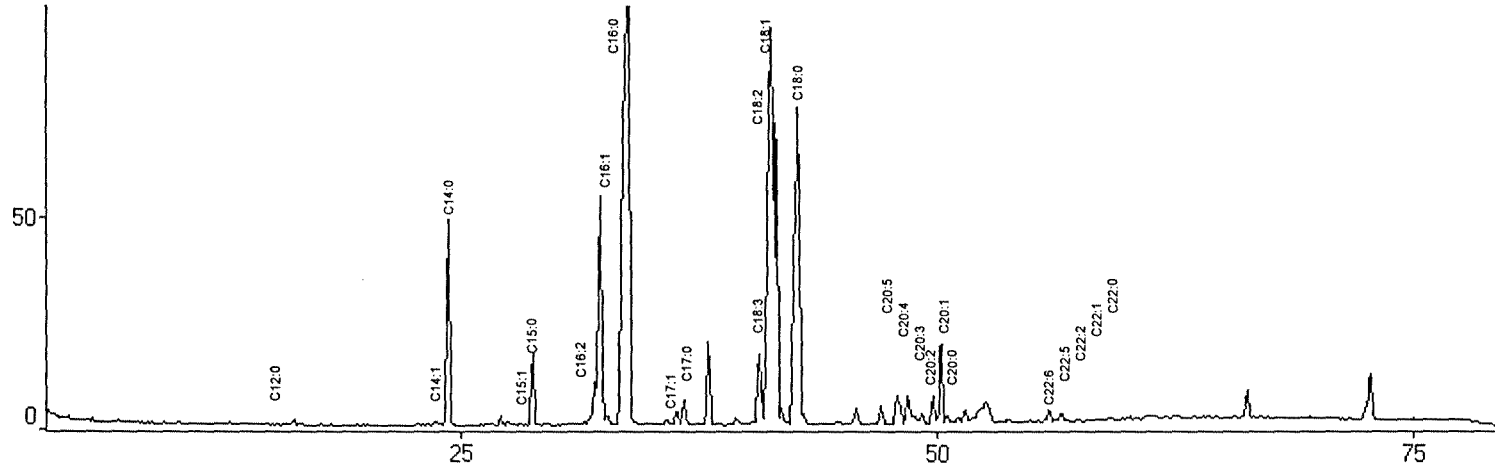
**Kasım 2000** : C.Ü. Zara Meslek Yüksekokulu.

Halen öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.

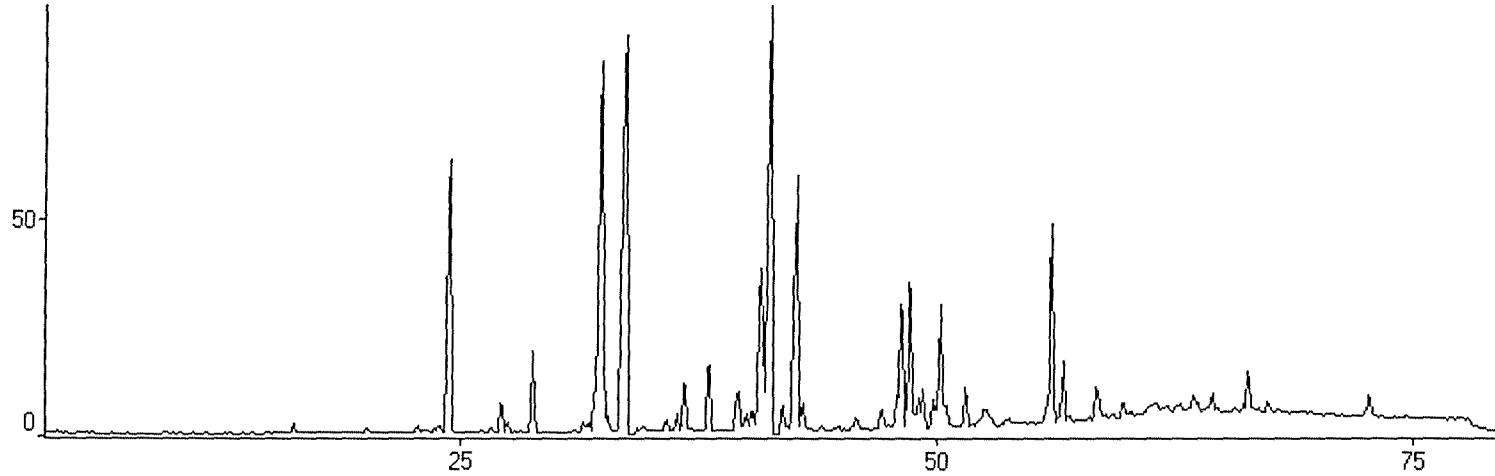
7. İNCELENEN ÖRNEKLERİN GAZ KROMATOĞRAFİSİ KÜTLE SPEKTROMETRESİ  
YAĞ ASİDİ METİL ESTERLERİ KROMATOGRAMLARI



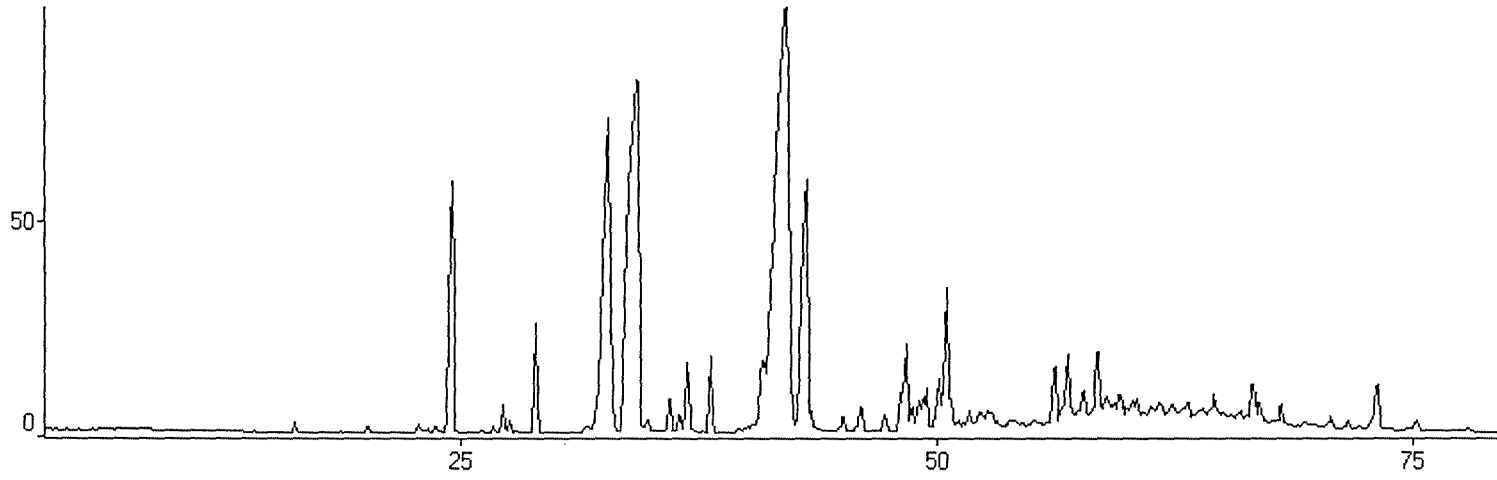
Şekil 1. Gaz kromatografisi kütle spektrometresi standart yağ asidi metil esterleri kromatogramı.



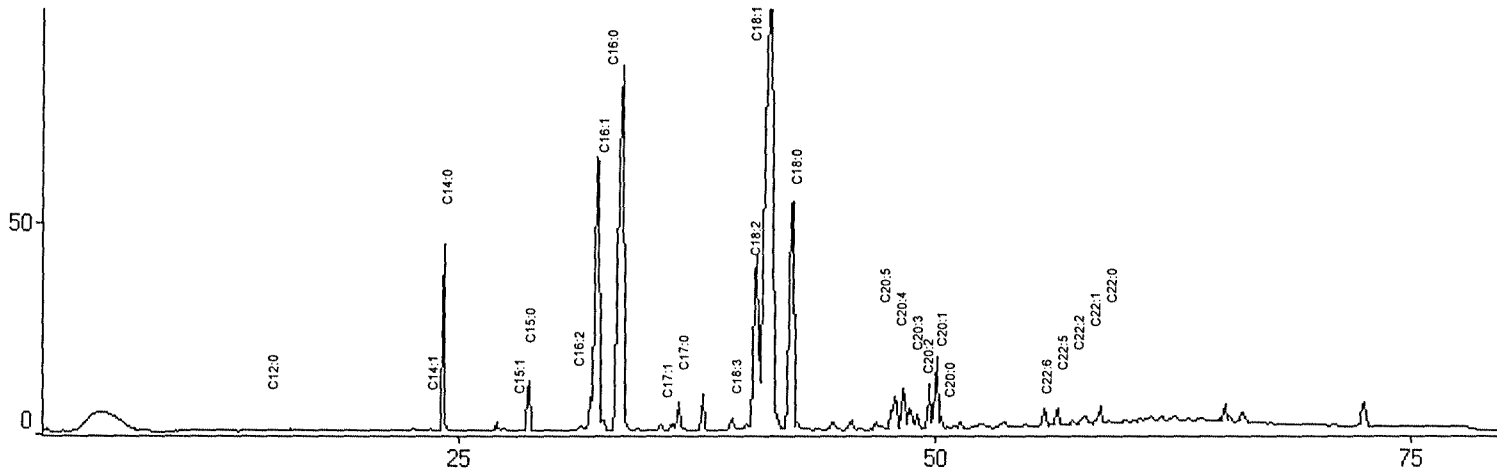
Şekil 2. Ergin *O. mykiss* dişilerinin karaciğer yağ asidi metil esterleri kromatogramı



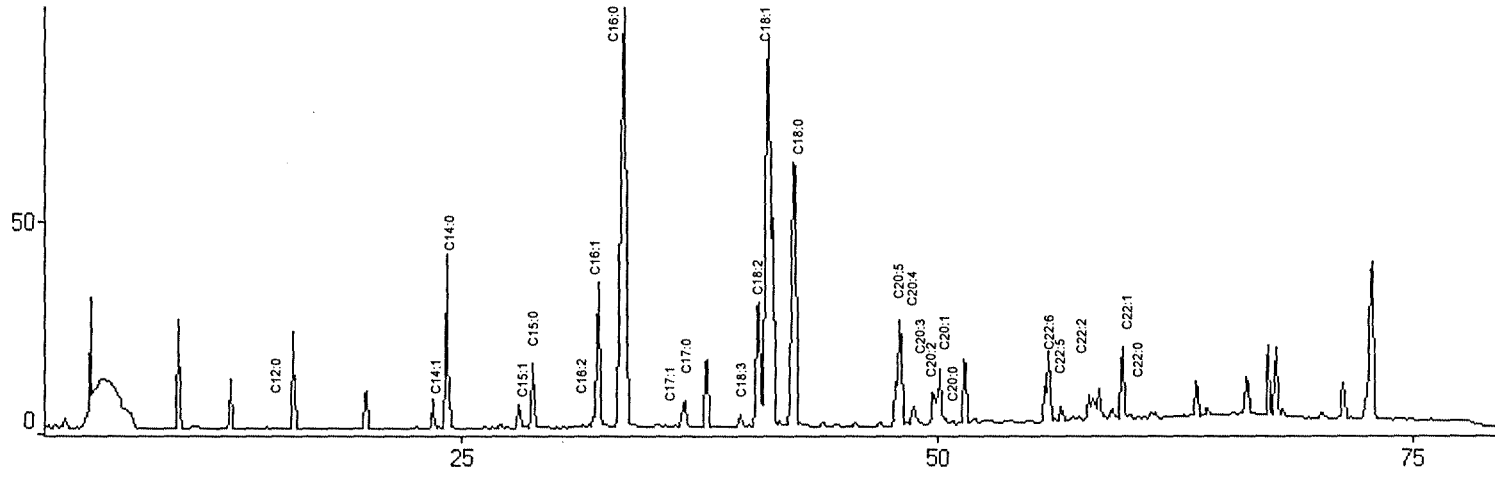
Şekil 3. Ergin *O. mykiss* dişilerinin kas dokusu yağ asidi metil esterleri kromatogramı



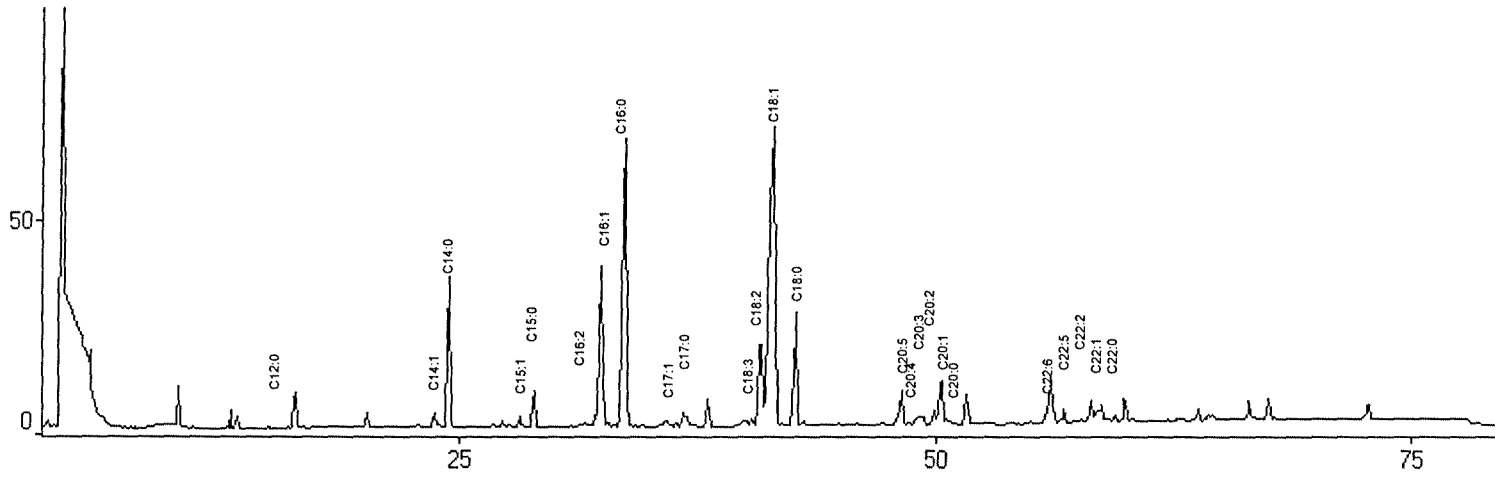
Şekil 4. Ergin *O. mykiss* dişilerinin ovaryum yağ asidi metil esterleri kromatogramı



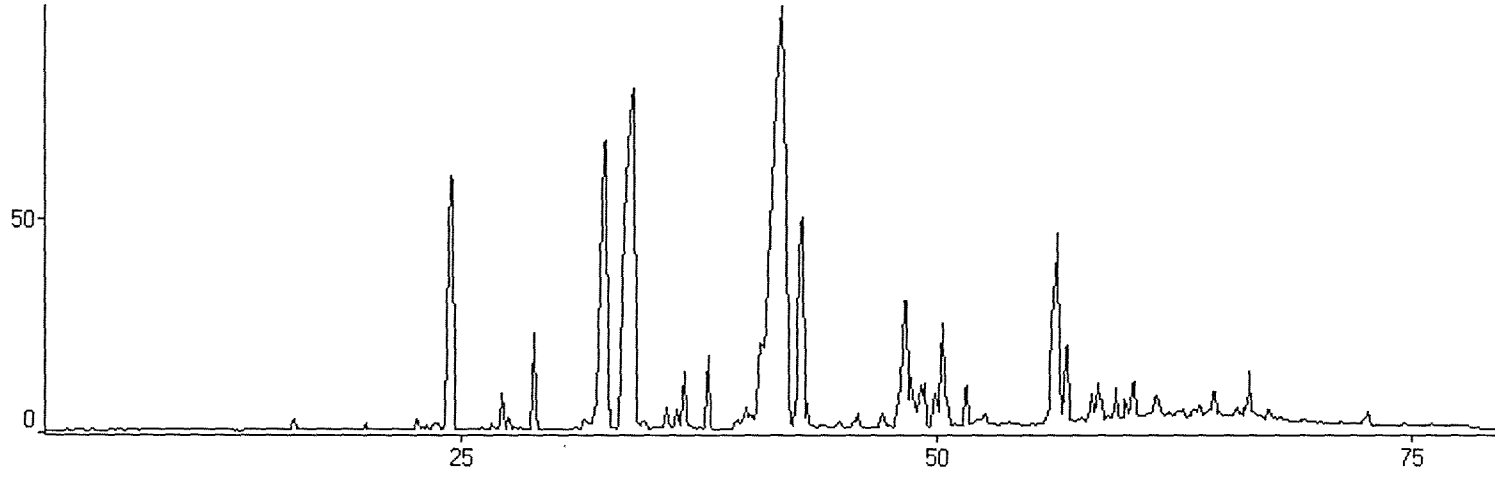
Şekil 5. Ergin *O. mykiss* dişilerinin yumurtasındaki (olgun) yağ asidi metil esterleri kromatogramı



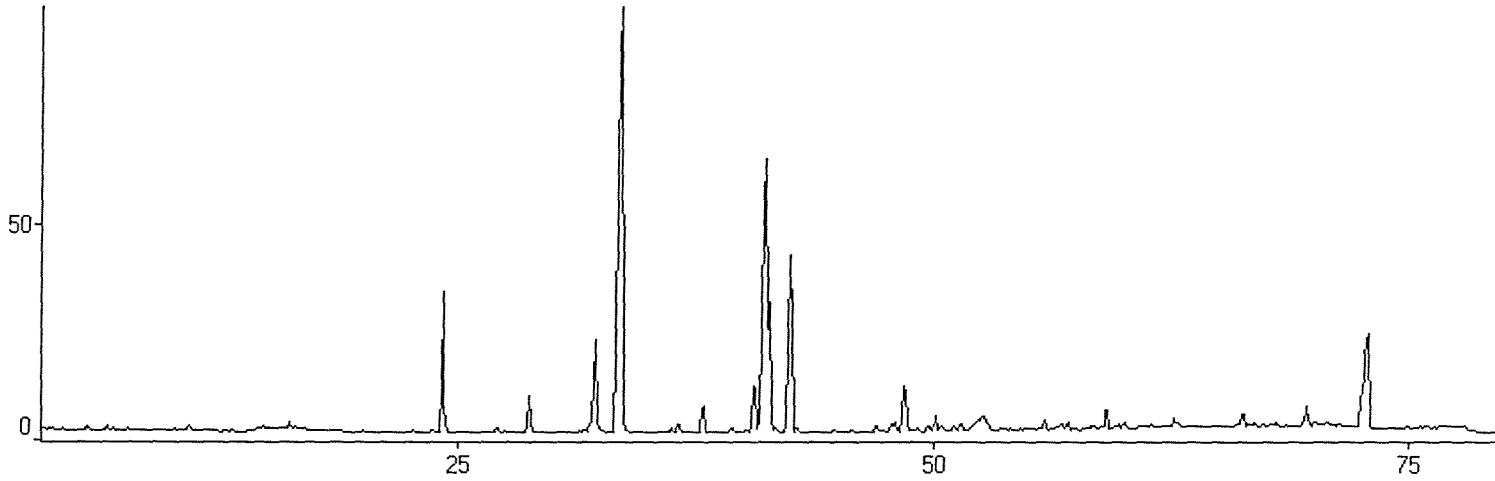
Şekil 6. Ergin *O. mykiss* erkek sperminin yağ asidi metil esterleri kromatogramı



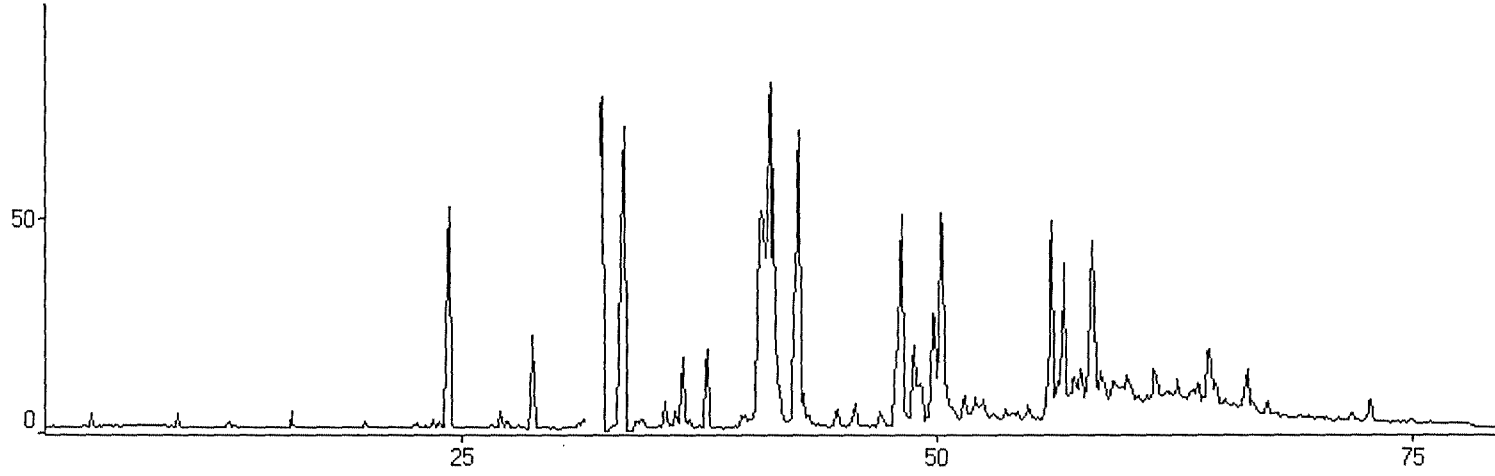
Şekil 7. Ergin *O. mykiss* erkeklerinin karaciğer yağ asidi metil esterleri kromatogramı



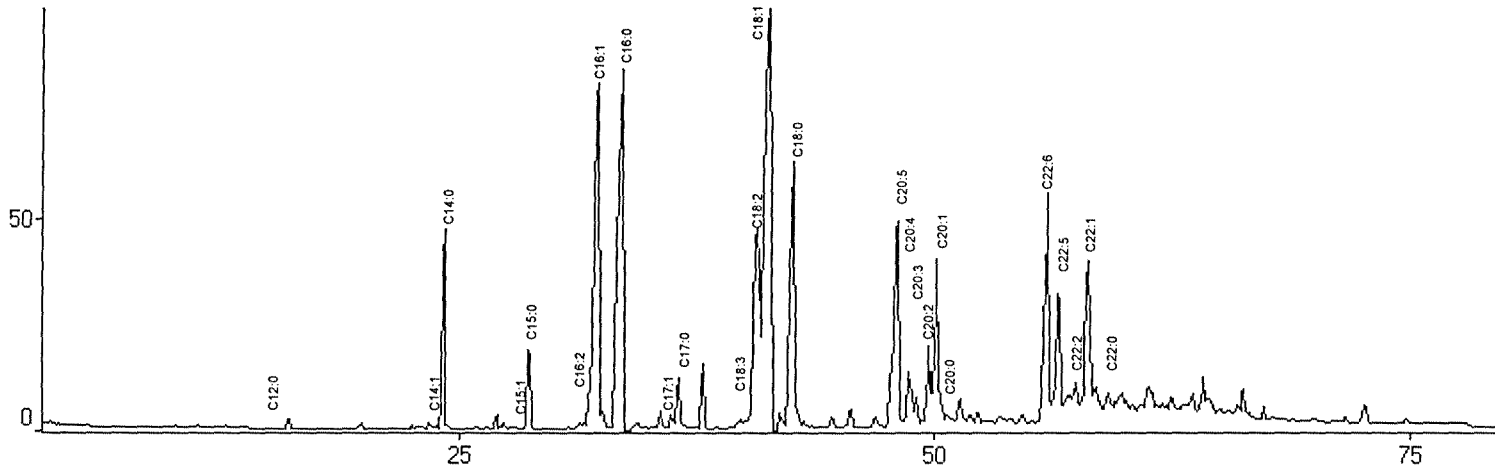
Şekil 8. Ergin *O. mykiss* erkeklerinin kas dokusu yağ asidi metil esterleri kromatogramı



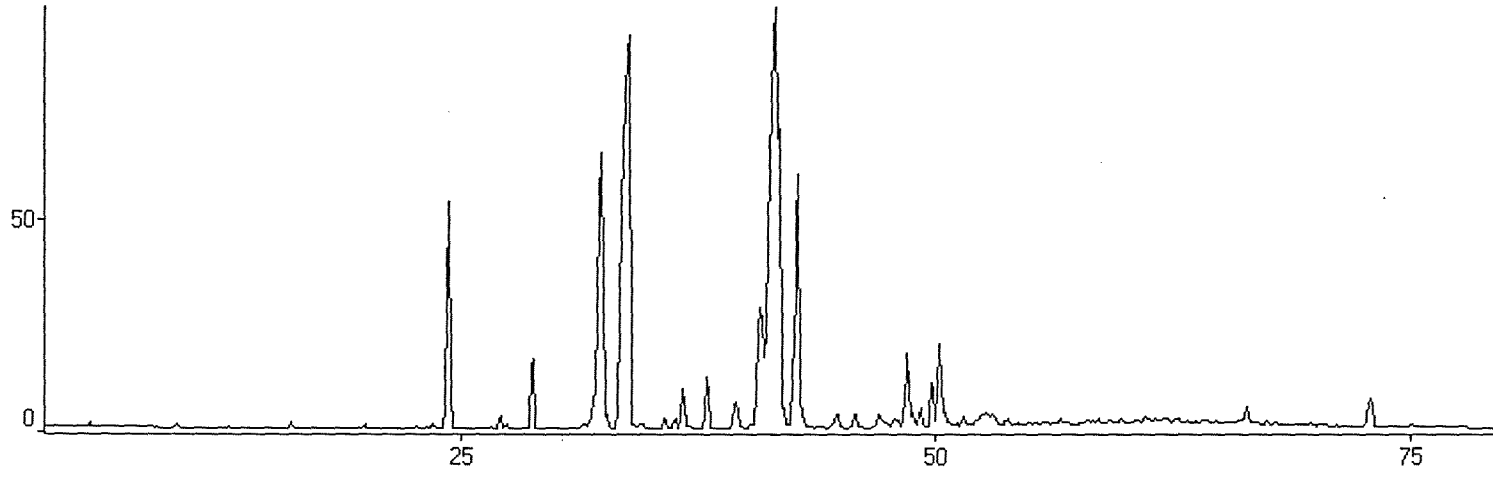
Şekil 9. Ergin *O. mykiss* erkeklerinin testis yağ asidi metil esterleri kromatogramı



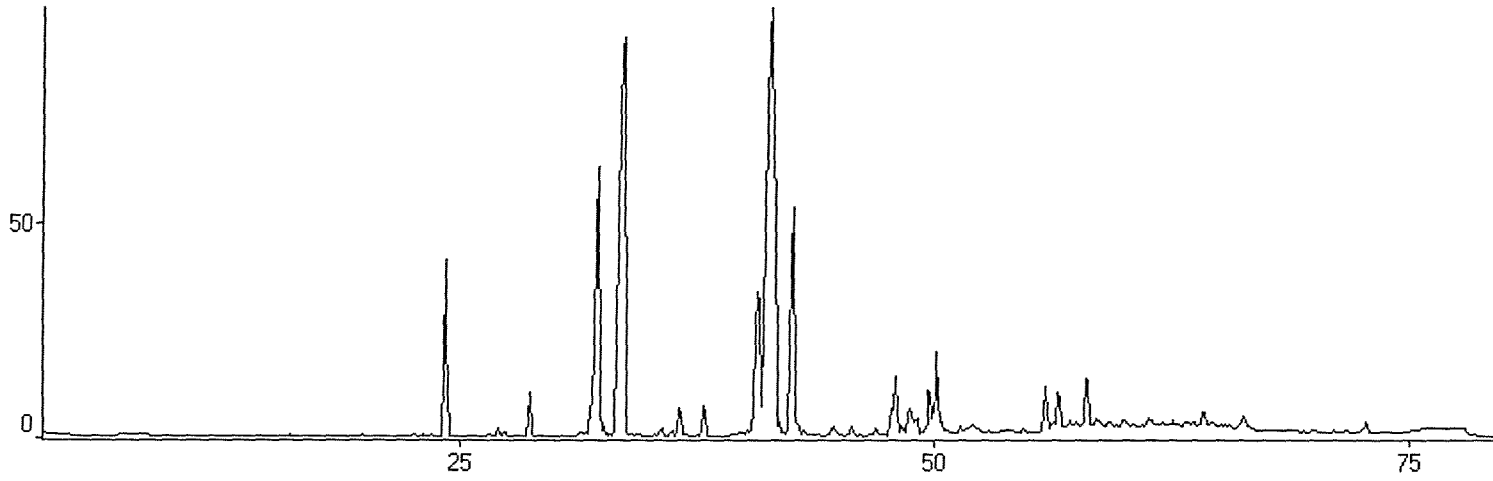
Şekil 10. Dölllenmiş yumurtaların yağ asidi metil esterleri kromatogramı



Şekil 11. 15 günlük embriyoların yağ asidi metil esterleri kromatogramı

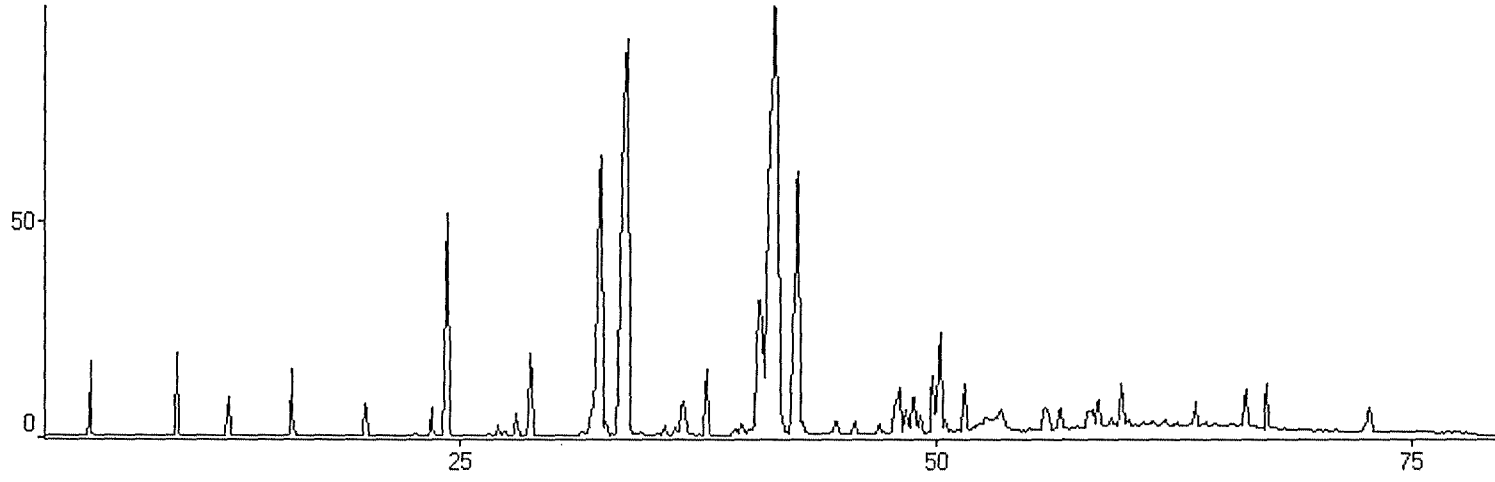


Şekil 12. 30 günlük embriyoların yağ asidi metil esterleri kromatogramı

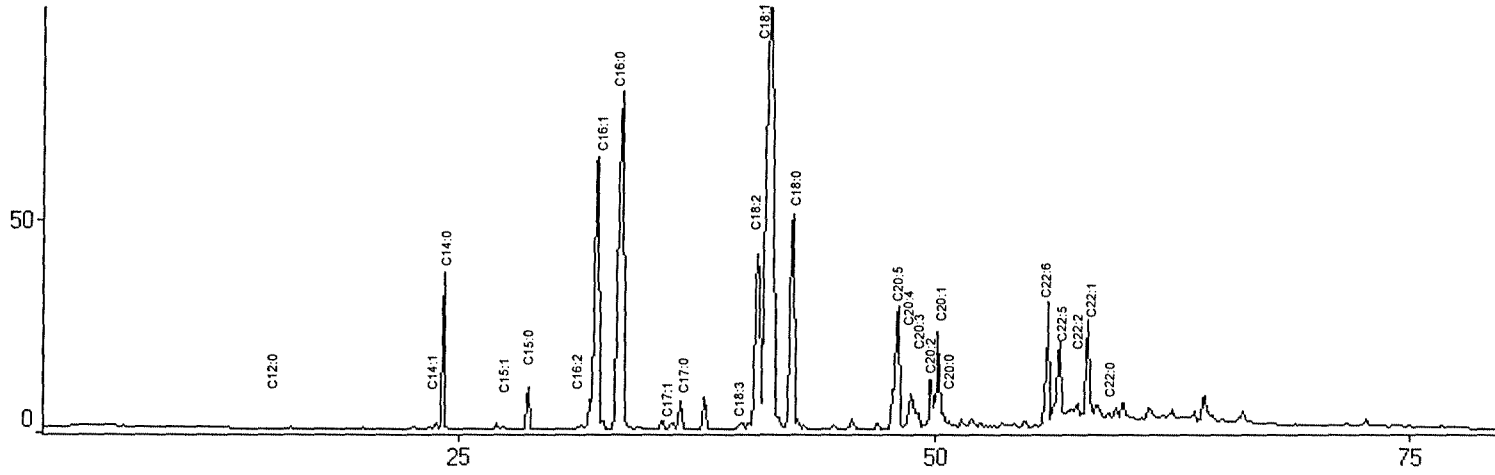


Şekil 13. 45 günlük embriyoların yağ asidi metil esterleri kromatogramı

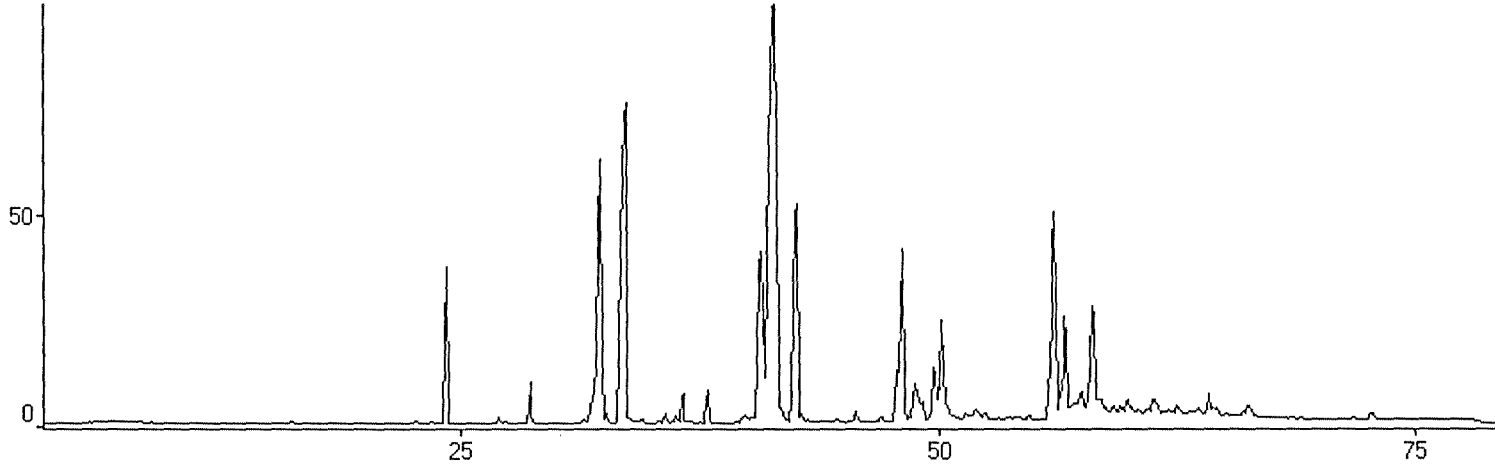




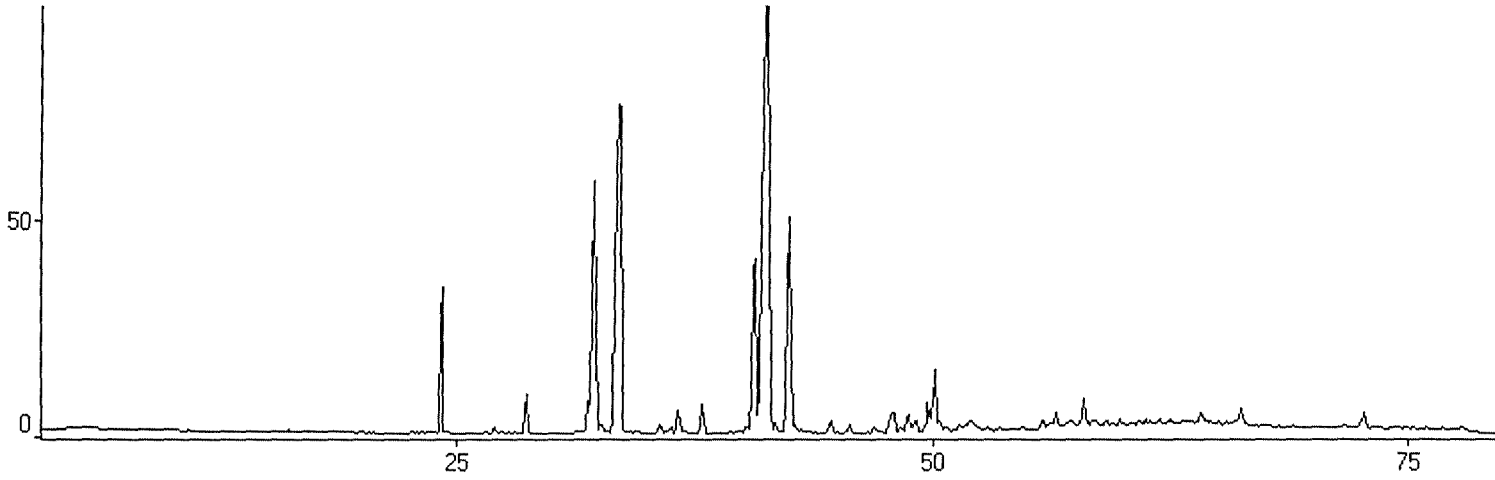
Şekil 14. Keseli yavrunun (0.gün) yağ asidi metil esterleri kromatogramı



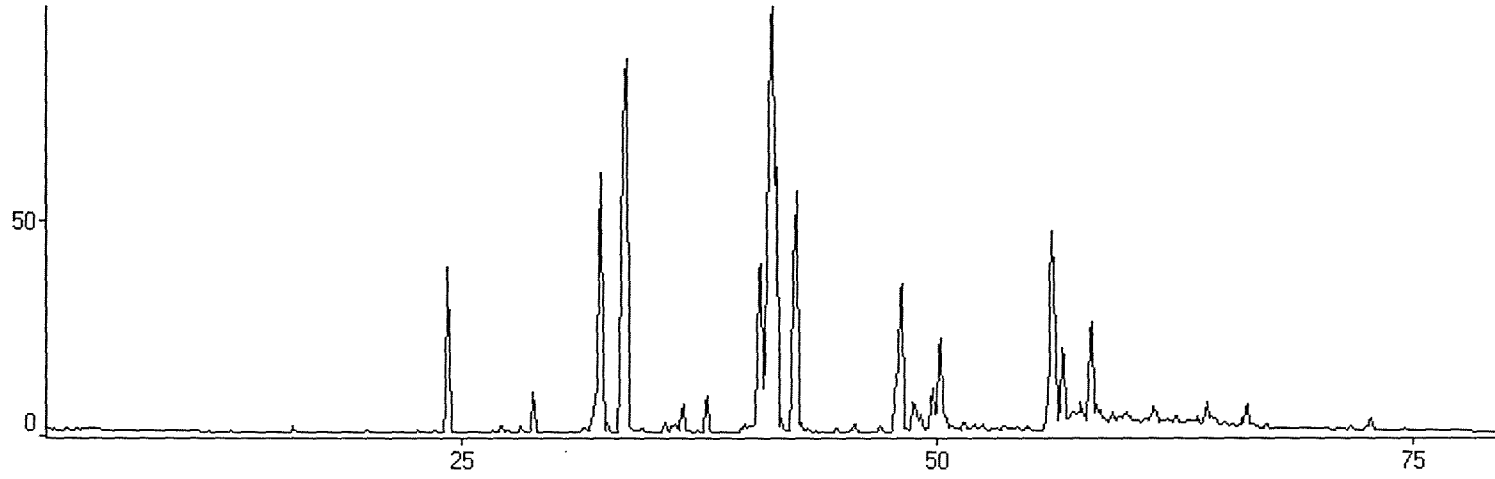
Şekil 15. 15 günlük keseli yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı



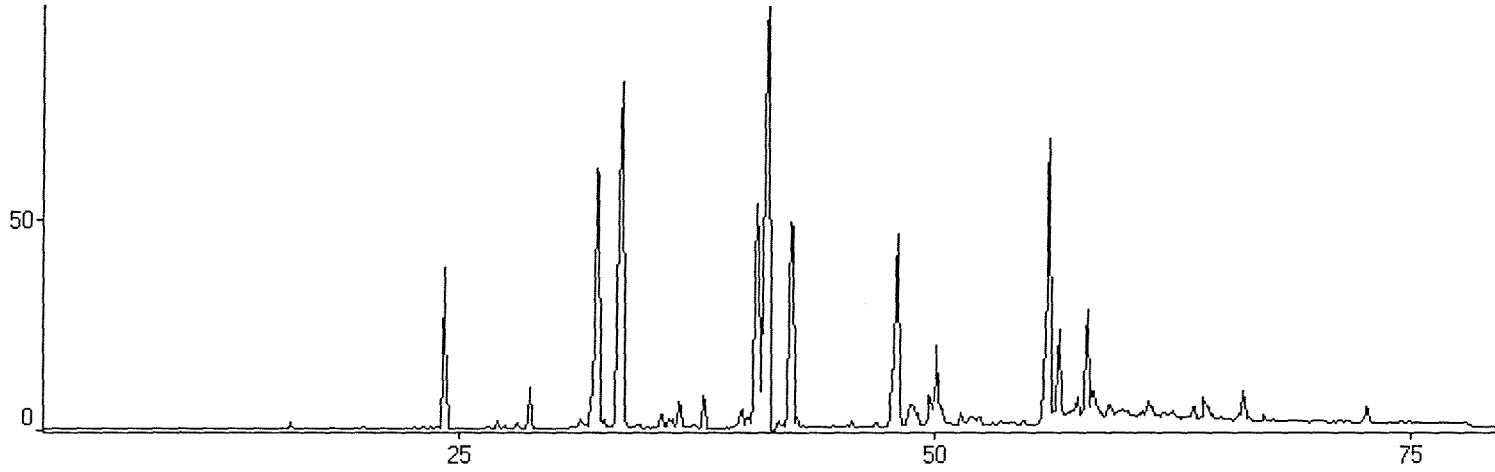
Şekil 16. 21 günlük keseli yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı



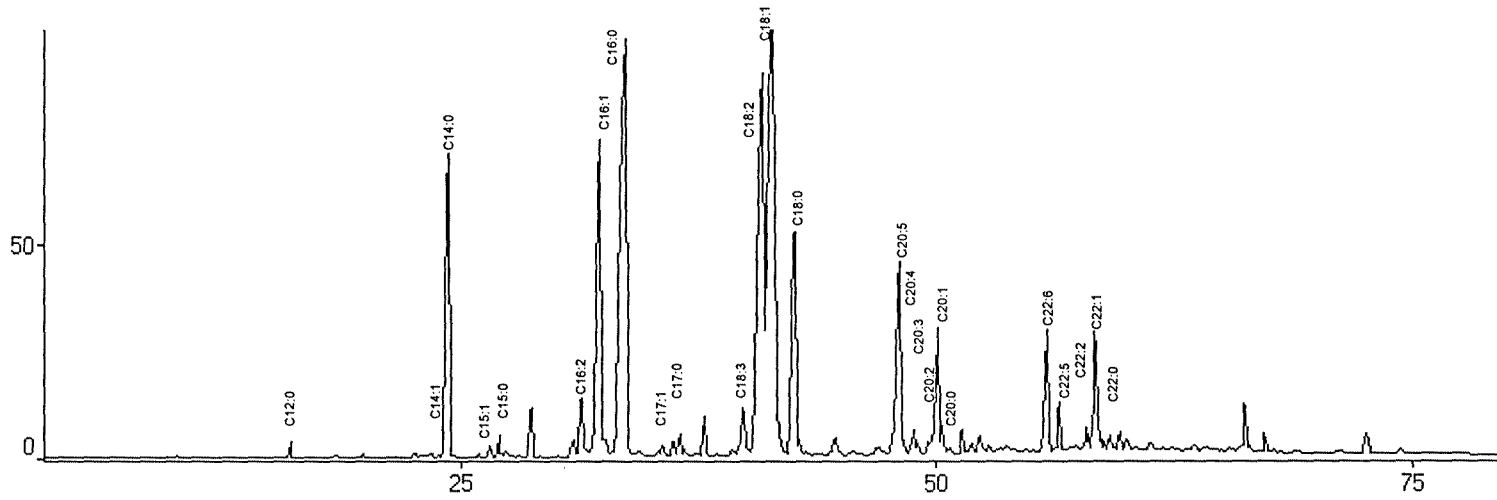
Şekil 17. 36 günlük keseli yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı



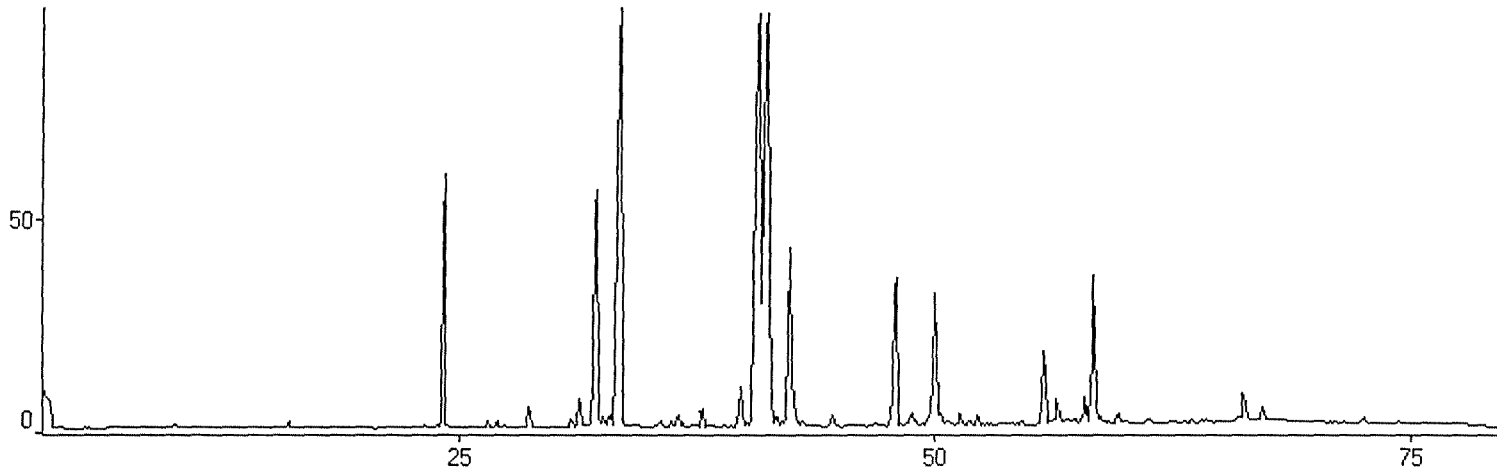
Şekil 18. 43 günlük keseli yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı



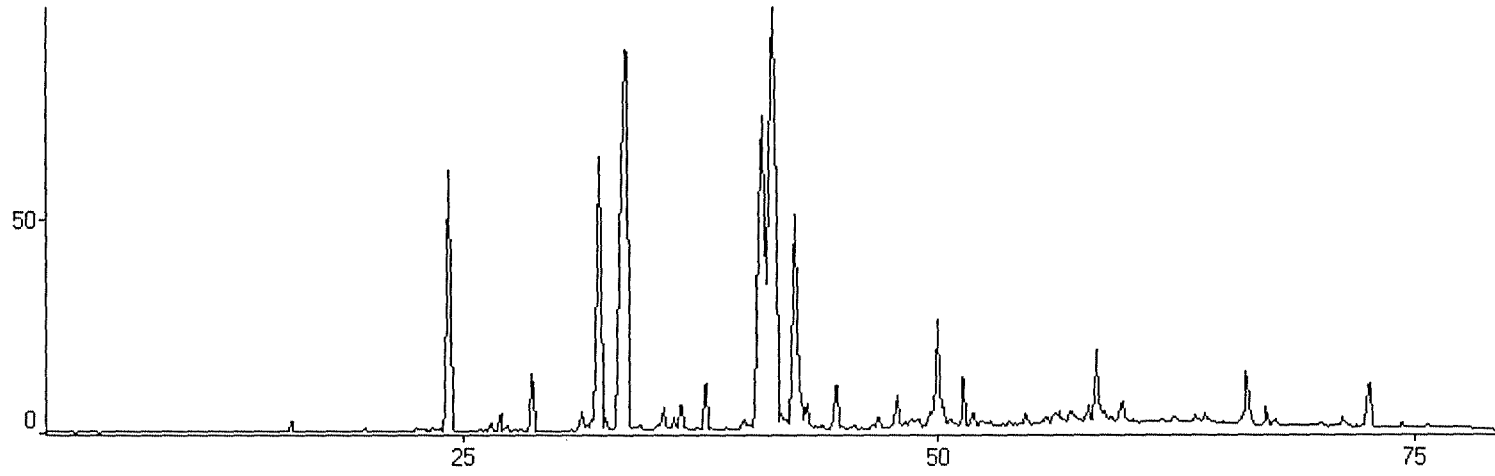
Şekil 19. Keseleri absorbe edilmiş yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı



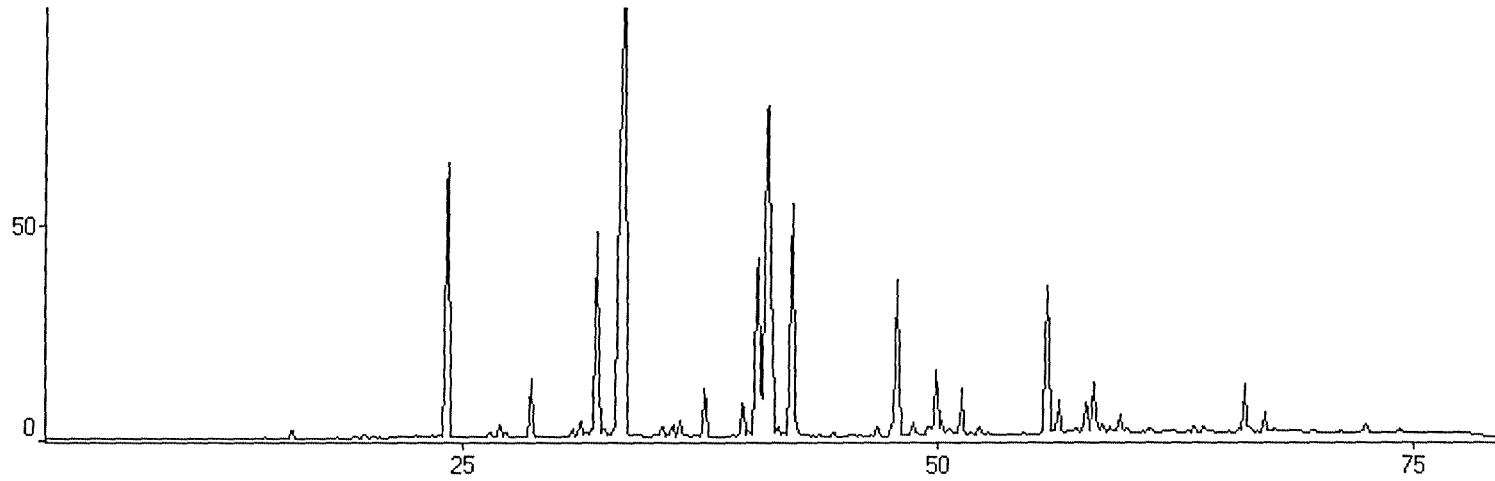
Şekil 20. Besin 1'in (0.5  $\mu$ ) yağ asidi metil esterleri kromatogramı



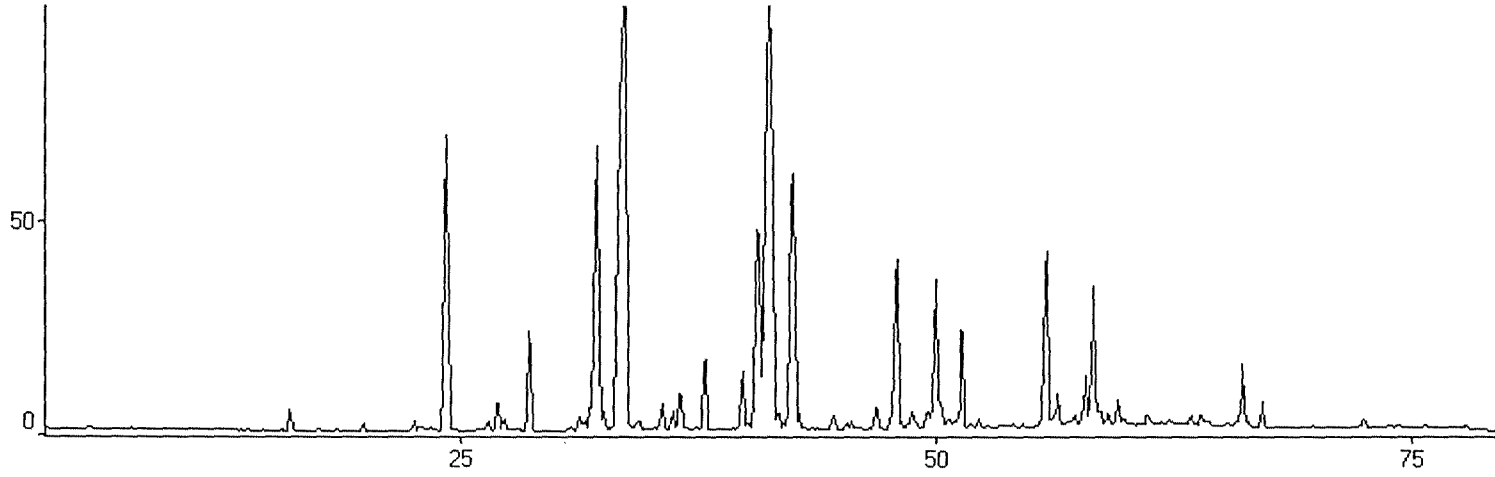
Şekil 21. Besin 2'nin (1.2  $\mu$ ) yağ asidi metil esterleri kromatogramı



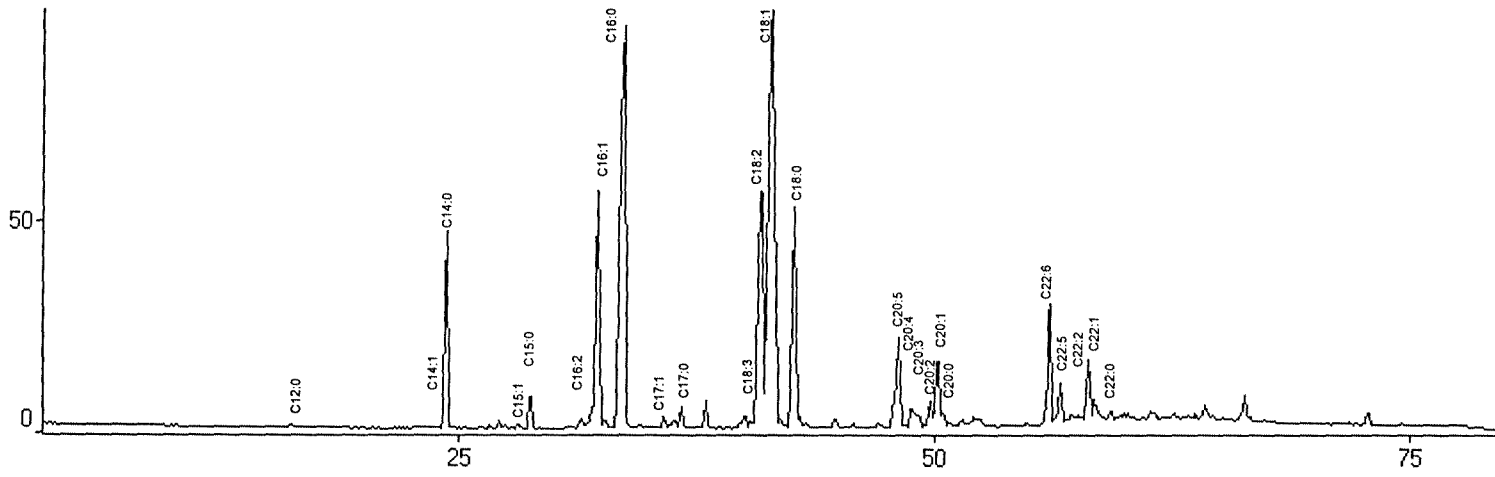
Şekil 22. Besin 3'ün (Granül-2) yağ asidi metil esterleri kromatogramı



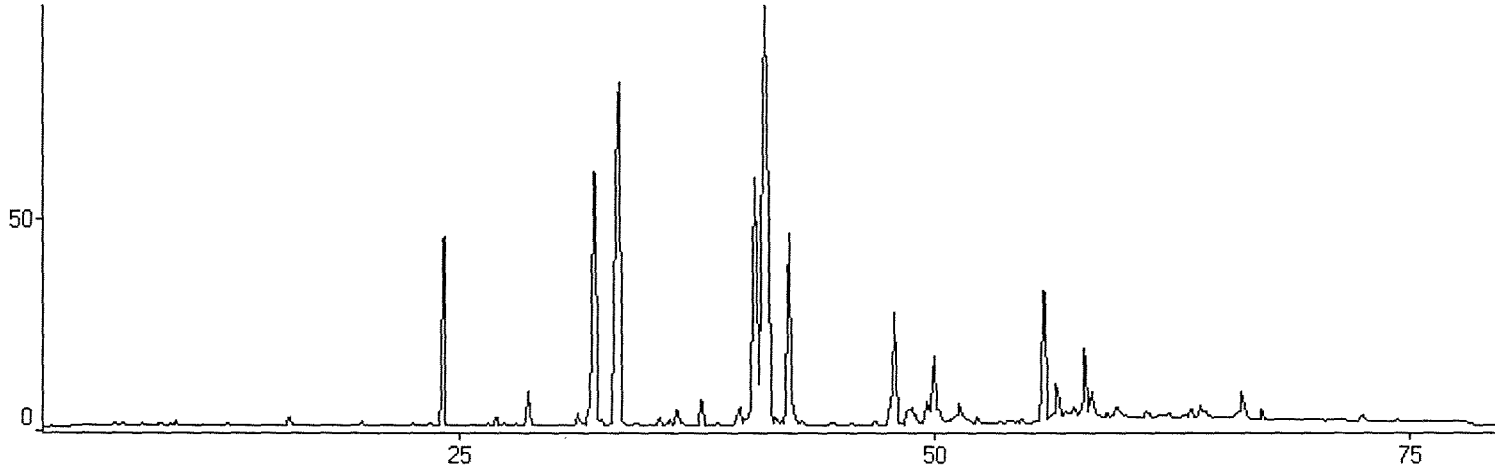
Şekil 23. Besin 4'ün (Granül-4) yağ asidi metil esterleri kromatogramı



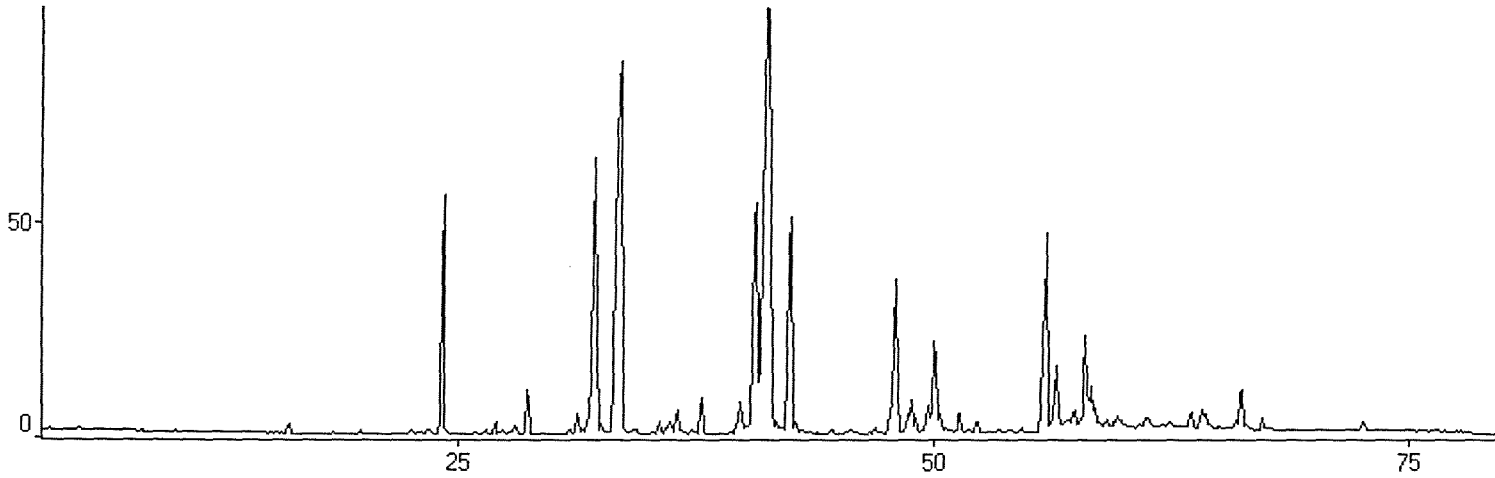
Şekil 24. Besin 5'in yağ asidi metil esterleri kromatogramı



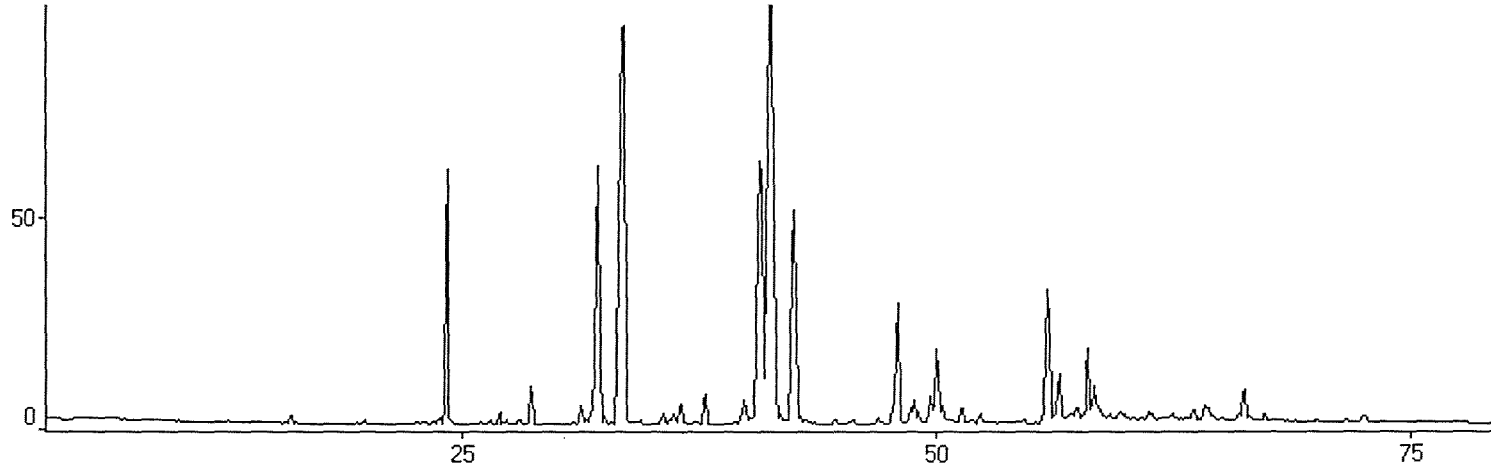
Şekil 25. 0.5 g'lık yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı



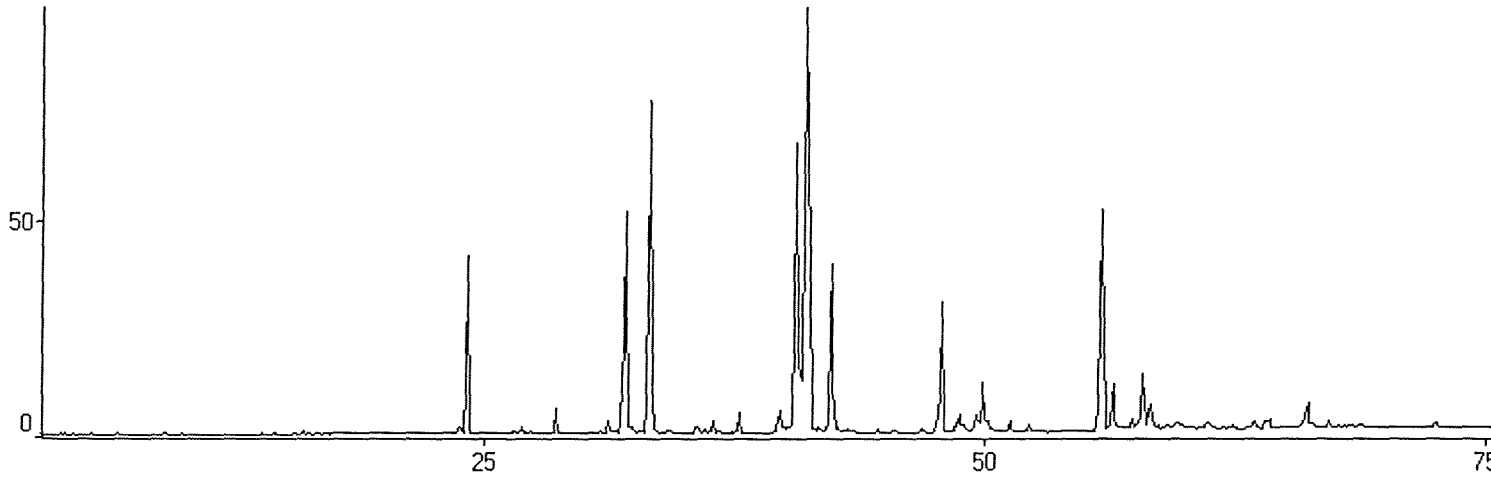
Şekil 26. 1 g'lık yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı



Şekil 27. 1.5 g'lık yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı

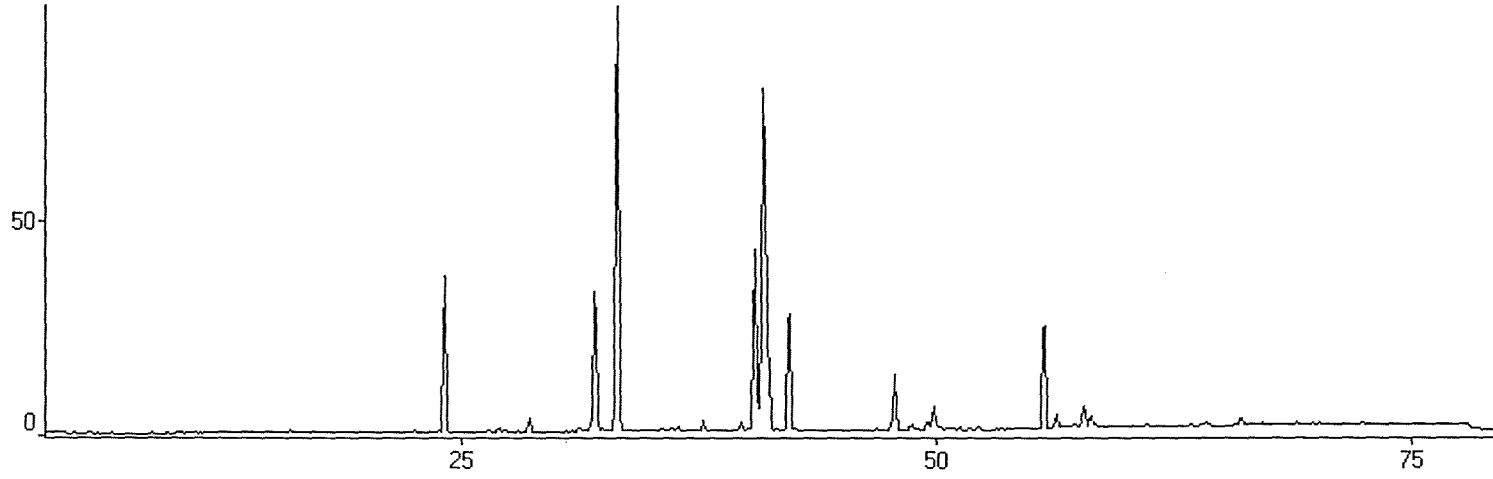


Şekil 28. 2.5 g'lık yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı

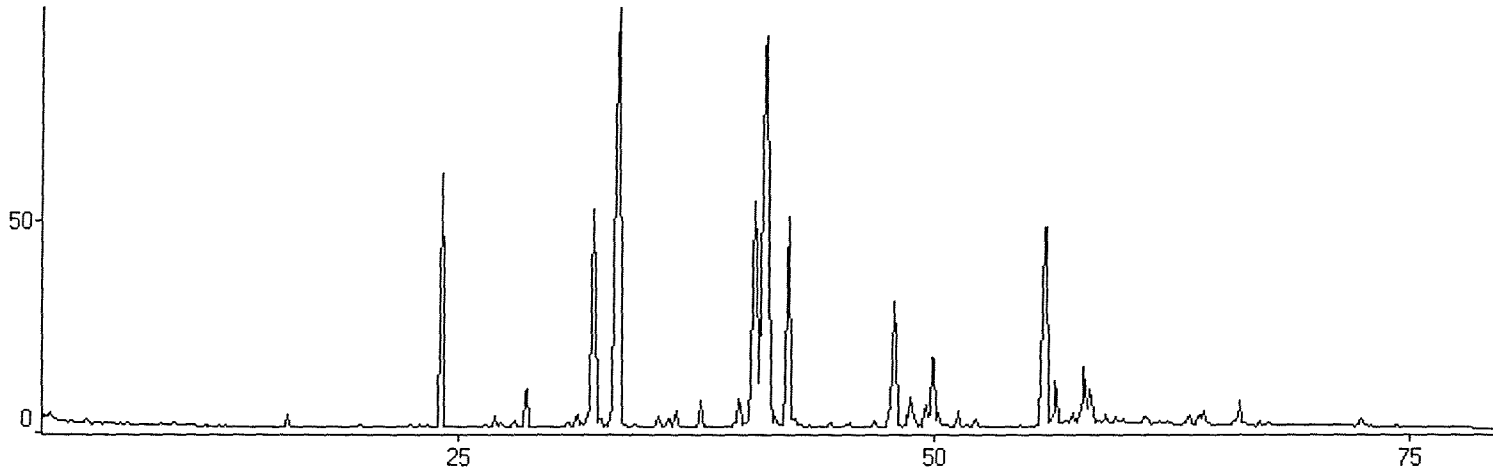


Şekil 29. 5 g'lık yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı

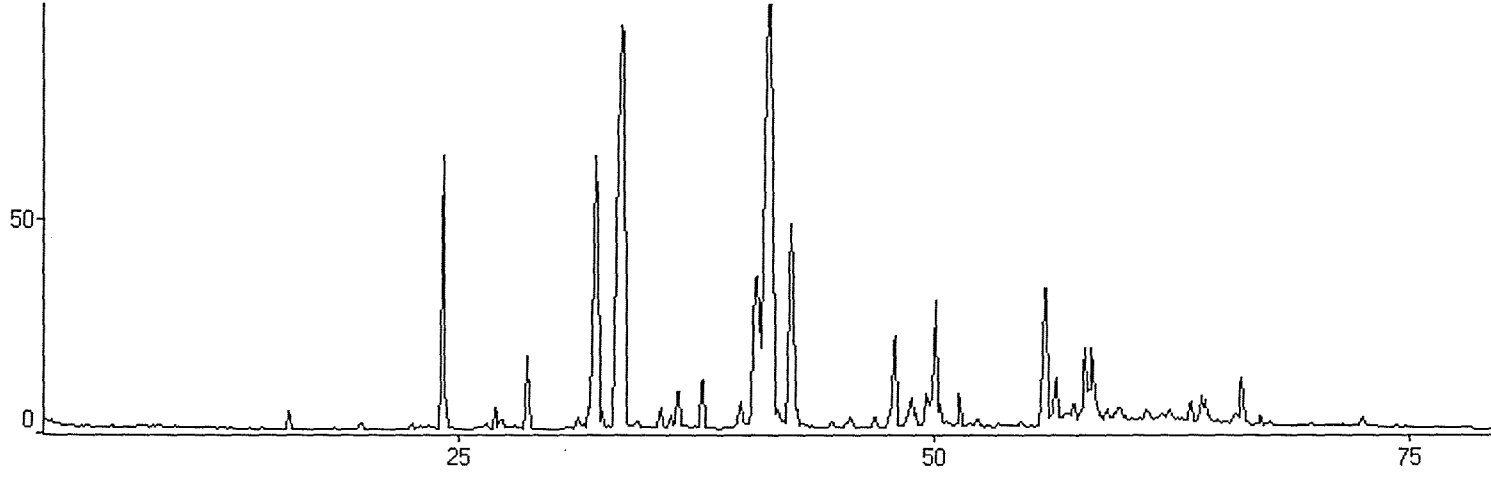




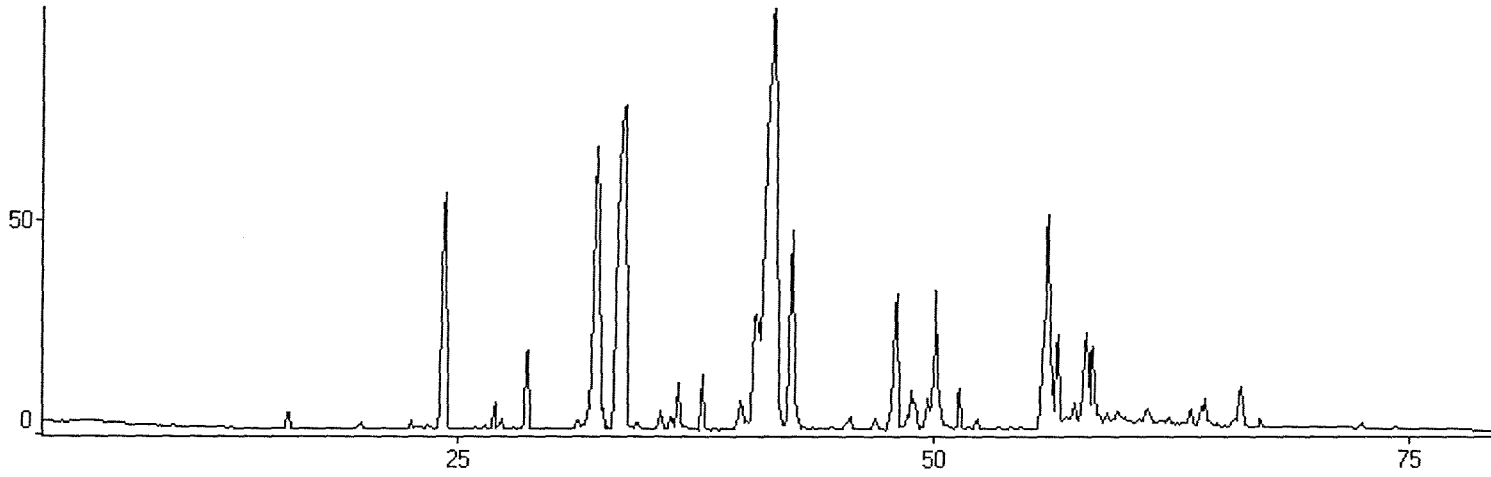
Şekil 30. 10 g'lık yavrunun yağ asidi metil esterleri kromatogramı



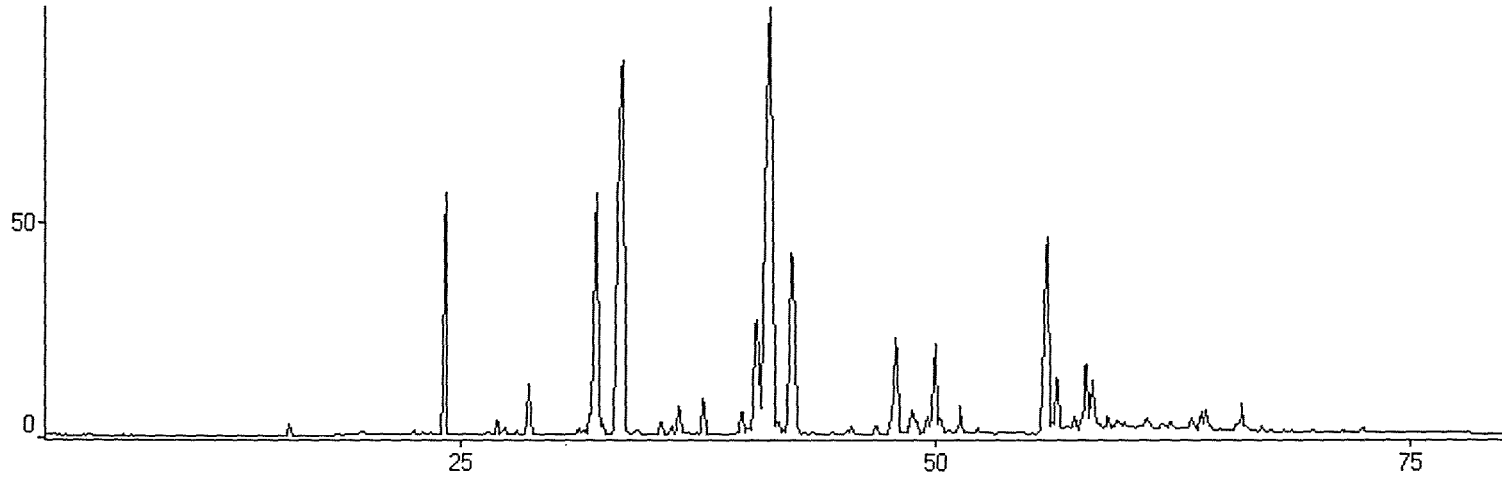
Şekil 31. 25 g'lık yavrunun (balıkçık) yağ asidi metil esterleri kromatogramı



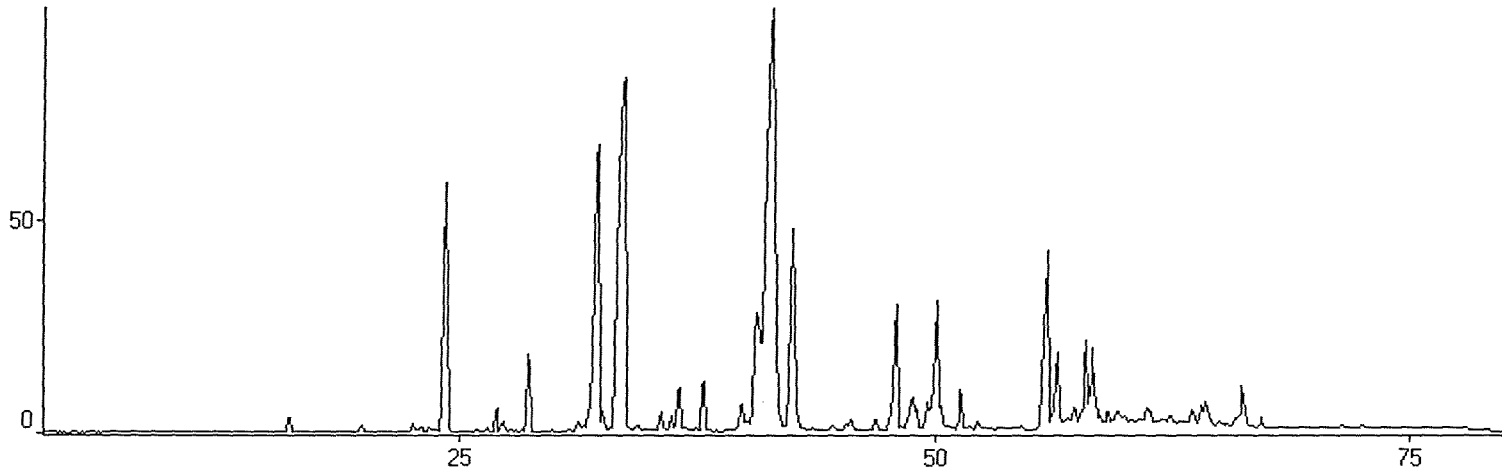
Şekil 32. 85 g'lık balığın yağ asidi metil esterleri kromatogramı



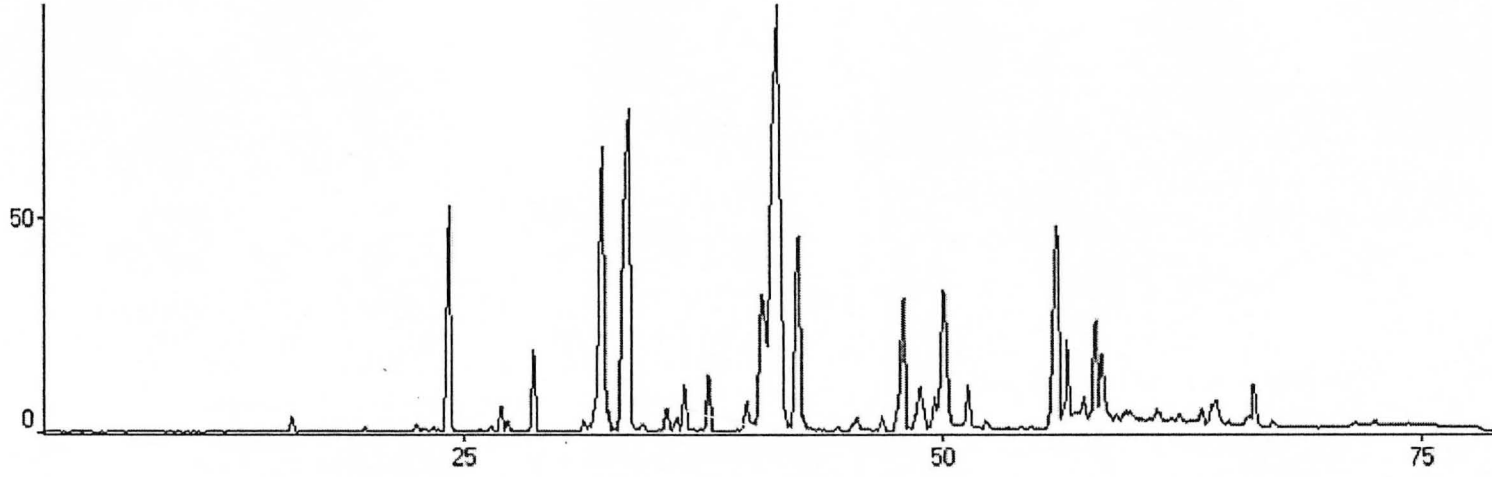
Şekil 33. 160 g'lık balığın yağ asidi metil esterleri kromatogramı



Şekil 34. 175 g'lık balığın yağ asidi metil esterleri kromatogramı



Şekil 35. Porsiyonluk erkek balığın (240 g) yağ asidi metil esterleri kromatogramı



Şekil 36. Porsiyonluk dişi balığın (250 g) yağ asidi metil esterleri kromatogramı