

1-1-1999

The Amount of Glycogen in the Liver and Muscle Tissues of Starved and Fed *Oncorhynchus mykiss*

Mehmet Ali AKPINAR

Kubilay METİN

Follow this and additional works at: <https://journals.tubitak.gov.tr/biology>



Part of the [Biology Commons](#)

Recommended Citation

AKPINAR, Mehmet Ali and METİN, Kubilay (1999) "The Amount of Glycogen in the Liver and Muscle Tissues of Starved and Fed *Oncorhynchus mykiss*," *Turkish Journal of Biology*. Vol. 23: No. 1, Article 12. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/biology/vol23/iss1/12>

This Article is brought to you for free and open access by TÜBİTAK Academic Journals. It has been accepted for inclusion in Turkish Journal of Biology by an authorized editor of TÜBİTAK Academic Journals. For more information, please contact academic.publications@tubitak.gov.tr.

Aç Bırakılan ve Beslenen *Oncorhynchus mykiss*'in Karaciğer ve Kas Dokusu Glikojen Miktarı

Mehmet Ali AKPINAR, Kubilay METİN
Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Sivas-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 26.12.1996

Özet: Bu çalışmada, aç bırakılan ve beslenen *Oncorhynchus mykiss*'in karaciğer ve kas dokusu glikojen miktarındaki değişimler araştırılmıştır.

Eşeyssel olgunluğa erişmemiş balıklar ayrı havuzlarda iki grup halinde 28 gün süreyle aç bırakılmış ve günde %6 oranında glikojen içeren yemle beslenmişlerdir. Araştırma süresince, 7., 14., 21. ve 28. günlerde balıkların karaciğer ve kas dokusu özütlenerek glikojen miktarı belirlenmiştir. Aç bırakılan balıkların karaciğer ve kas dokusu glikojeni 14. günden itibaren azalmış ve 28. günde en düşük seviyeye ulaşmıştır. Aynı periyotlarda beslenen balıkların glikojen miktarında ise artış olduğu saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: *Oncorhynchus mykiss*, Açlık, Beslenme, Glikojen

The Amount of Glycogen in the Liver and Muscle Tissues of Starved and Fed *Oncorhynchus mykiss*

Abstract: In this study, variations in the amount of glycogen in liver and muscle tissues of starved and fed *Oncorhynchus mykiss* have been investigated.

Immature fish were kept in two groups in separate pools were one group was starved for 28 days while the other was fed three meals a day with a diet consisting of 6% glycogen for the same period. The amount of glycogen was determined on the extracted liver and muscle tissues of fish on 7th, 14th, 21th and 28th days. The level of liver and muscle glycogen declined from 14th day and onwards and reached a minimum level on 28th day. The glycogen level of fish fed for the same period was determined to be increase.

Key Words: *Oncorhynchus mykiss*, Starvation, Feed, Glycogen.

Giriş

Balıklarda metabolizmanın sürekliliği için gerekli enerji balığın büyüklüğüne, yaşına, türüne, ortamdaki besin durumuna ve çeşitli fizyolojik aktivitelerine göre belirgin şekilde değişmektedir (1-7).

Balıklar doğal ya da yapay koşullar altında aç bırakıldığı zaman, özellikle karaciğer başta olmak üzere dokularındaki glikojeni birkaç ay yüksek düzeyde tutarlar. Buna karşın, sıcakkanlı omnivorlarda karaciğer glikojenin 24-48 saatlik bir sürede tüketildiği saptanmıştır. Balıklarda

depolanan karbohidratın korunmasının nedeni, anaerobik metabolizmayla ilgilidir (8-13).

Balıklarda da diğer hayvan gruplarında olduğu gibi karbohidratlar, enerji kaynağı olarak ilk kullanılan organik madde olmasına rağmen, memelilere göre daha az önemli rol oynamaktadır. *Salmo gairdnerii*'nin düşük oranda karbohidrat içeren besinle beslenmesi durumunda, gelişimin hissedilir derecede arttığı saptanmıştır (13, 14). Yüksek oranda karbohidrat (%31-35) ve %7-8 oranında lipid içeren besinlerle sürekli beslenen *Oncorhynchus mykiss*'de karbohidrat kullanımının arttığı ve lipogenesis dolayısıyla lipid depolandığı gözlenmiştir (15). Beslenme ile ilgili yapılan diğer araştırmalarda büyümenin, sürekli beslenen balıklarda, öğünle beslenenlere göre daha hızlı olduğu ve günlük yemleme sayısının ikiden altıya çıkarılmasının balıkların vücut ağırlığında ve beslenme verimliliğinde önemli artışlar sağladığı belirlenmiştir (16-18). Bu nedenlerle, bu çalışmada, belirli periyotlarda aç bırakılan ve %6 oranında glikojen içeren besinle günde üç öğün beslenen *Oncorhynchus mykiss*'in karaciğer ve kas dokusu glikojen seviyesinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod

Materyalin Temini

Bu çalışmanın beslenmeyle ilgili bölümü, Sivas ili Gürün ilçesi Şuğul vadisinde bulunan özel bir balık yetiştirme tesisinde yürütülmüştür. Bu tesiste, 60x80x190 cm ebatlarındaki iki havuza, henüz eşeyssel olgunluğa erişmemiş (10 aylık) *Oncorhynchus mykiss*'den 45'er tane bırakılmıştır. Araştırmada kullanılan balıklarda eşey ayrımı yapılmamıştır. Balıklar, havuzlara alışabilmeleri için bir hafta normal olarak (günde iki öğün) yemlenmiştir. Daha sonra, havuzların birindeki balıklar 28 gün süreyle aç bırakılmış, diğer havuzdaki balıklar ise, balık başına günlük yem miktarı (3 öğün olmak şartıyla sabah, öğlen ve akşam) suyun sıcaklığı ve balığın ortalama canlı ağırlığı dikkate alınarak %2 olacak şekilde (balık başına günlük 3 gr) 28 gün beslenmişlerdir (15, 19). Araştırma süresince 7., 14., 21. ve 28. günlerde havuzlardan özütleme için alınan balık sayısı dikkate alınarak, havuz başına düşen yem miktarı, orantılı olarak azaltılmıştır. Beslenmede %6 oranında glikojen içeren ticari pelet yem kullanılmıştır. Araştırmada 28 günlük bir periyod uygulanmasının nedeni, değişebilecek olan sıcaklıkta metabolizmanın fazla etkilenmesini önlemek içindir.

Tesisteki ana havuzdan denemelere başlanmadan önce, günde iki kez rastgele, günlük aldıkları yem oranı belli olmayan beslenen balıklardan 4 tane alınıp, kontrol grubu olarak (0. gün) değerlendirilmiştir. Araştırma süresince, kullanılan havuzlardaki suyun oksijeni, pH'sı ve sıcaklığı periyodik olarak (7 günde 3 ölçüm) ölçülüp ortalama değerler elde edilmiştir. Bu değerler; O₂ için 8.3±0.18 ppm, pH için 8.6±0.10 ve sıcaklık için 11.2±0.24°C olarak tesbit edilmiştir.

Örneklerin Disekte Edilmesi ve Özütleme

Kontrol grubu (0. gün) ve her periyotta (7., 14., 21. ve 28. gün) aç bırakılan ve beslenen balıklardan alınan dörder balık, başına vurularak öldürülmüştür (20). Laboratuvara getirilen (Cumhuriyet Üniversitesi, Biyoloji Bölümü) balıkların karaciğerleri disekte edilip, karaciğer yaşı

ağırlıkları tartılmıştır. Karaciğerlerden 500 mg ve balıkların dorsal yüzgeç hizasından (sırt kısmından) 1000 mg kas dokusu alınarak soğuk Trikloroasetik asit (TCA) (%10) çözeltisine konup, homojenizasyon yapılarına kadar buzdolabında (+4°C) bekletilmiştir. Dokudan glikojen özütlenmesinde Joseph ve ark. (21), elde edilen glikojenin miktar tayini için Nicholas ve ark. (22) yöntemi kullanılmıştır.

Örnekler, 5 ml TCA ile buzlu ortamda Ultra - Turrax T25 marka homojenizatörde 15.000 devir-dak.'lık bir hızla 5 dak. homojenize edilmiştir. Doku özütleri Whatman (No.41) filtre kağıdıyla süzöldükten sonra toplam hacim saptanmıştır. Glikojen analizi için uygun hacimlerde alınan homojenat 3 ayrı tüpe aktarılarak üzerine 5 kat etilalkol (%95'lik) ilave edilmiştir. Tüpler sıcak su banyosuna (35-40°C) konarak glikojenin çökmesi için bir gece bekletilmiştir. İçinde glikojen bulunan tüpler, etanol ile dengeye getirildikten sonra 3500 devirde 15 dak. santrifuj edilip, çöken glikojen supernatant'dan ayırt edilmiştir. Daha sonra tüplerdeki glikojen 2 ml distilesu içinde çözdürölmüştür. Bu örnek tüpleriyle birlikte, bir kör (2 ml distilesu), birde standart tüp örnekleri (2 ml'de 0.1 mg glukoz içeren) hazırlanmıştır. Bütün tüplerin üzerine 10'ar ml antron belirteci eklenerek, 80°C su banyosunda 30 dak. bekletilmiştir. Tüpler soğutulduktan sonra, absorbans değerleri, 620 nm dalga boyunda Bausch-Lomb spektronik 20 spektrofotometrede okunmuştur. Okuma işlemi, her örnek için 3 paralel test tüpü üzerinden yapılmıştır. Elde edilen verilerden, dokunun yaş ağırlığına göre, 100 mg'ındaki glikojenin mg cinsinden değeri aşağıdaki formüle göre saptanmıştır.

$$100 \text{ mg Dokuda Glikojen miktarı} = \frac{\text{Bilinmeyen absorpsansı}}{\text{Standartın absorpsansı}} \times 0.1 \times \frac{\text{Ekstrakt hacmi} \times 100 \times 0.9}{\text{Doku ağırlığı (mg)}}$$

0.1: 2 ml standart solusyondaki glukoz miktarı,

0.9: Glukoz miktarının glikojen miktarına dönüşüm sabitesi.

Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada kullanılan balıkların boyları, ağırlıkları ve karaciğer yaş ağırlıkları için ortalama değerler elde edilmiştir. Karaciğer ve kas dokusunun özütlenmesi sonucunda elde edilen glikojen miktarı 4 tekrar üzerinden değerlendirilip, ortalaması alınmıştır. Elde edilen verileri karşılaştırmak için tek yönlü ve iki yönlü varyans analizi (23), ortalamalar arasındaki farkın önem kontrolü için ise Multiple Range Testi (24) uygulanmıştır.

Bulgular

Araştırmada kullanılan *Oncorhynchus mykiss*'lerin ortalama boy ve ağırlıkları Tablo 1'de verilmiştir. Aç bırakılan ve beslenen balıkların boyları arasında, gerek grup içi (0., 7., 14., 21. ve 28. günler) gerekse gruplar arasında bir fark gözlenememiştir. Aç bırakılan balıkların ağırlıklarında, 0. günden 28. güne doğru istatistiki açıdan önemsiz de olsa bir azalma, beslenen balıklarda ise aynı periyotlarda önemli bir artış olduğu saptanmıştır.

Aç bırakılan ve beslenen balıkların karaciğer ağırlıkları ve karaciğer glikojen miktarındaki değişim Tablo 2'de özetlenmiştir. Aç bırakılan balıkların karaciğer ağırlığı 0. günden 28. güne

doğru önemsiz bir azalma göstermiştir. Beslenen balıklarda ise aynı periyotlarda anlamlı bir artış meydana gelmiştir. Beslenen balıklarda, en yüksek karaciğer ağırlığına 28. günde (2360 ± 0.14 mg) ulaşılmıştır. Aç bırakılan balıkların karaciğer glikojen miktarında, 0. günden 7. ve 14. güne kadar önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ancak, 14. günden itibaren 21. ve 28. günlerde istatistiki açıdan önemli azalma olmuştur. Bu balıklarda karaciğer glikojen miktarı, 28. günde en düşük değere ulaşmıştır (0.09 ± 0.03 mg).

Beslenen balıklarda, aç bırakılan grubun aksine 0. günden itibaren karaciğer glikojen miktarında önemli bir artış tesbit edilmiştir. Ancak artışın meydana geldiği 7., 14., 21. ve 28. günlerdeki glikojen değerleri arasında istatistiki bir fark saptanamamıştır.

Aç bırakılan ve beslenen *Oncorhynchus mykiss*'lerin kas dokusu glikojen miktarındaki değişim Tablo 3'de verilmiştir. Tablo 2 ile Tablo 3'deki glikojen değerleri karşılaştırıldığında, gerek aç bırakılan, gerekse beslenen balıklarda kas dokusu glikojen miktarının karaciğerdeki değerlerden çok daha düşük olduğu görülmüştür. Aç bırakılan balıklarda kas dokusu glikojen miktarı, 21. ve 28. günlerde önemli ölçüde azalmıştır. Beslenen grupta ise 14. günden itibaren önemli bir artış gözlenmiştir.

Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Aç Bırakılan ve Beslenen *O. mykiss*'lerin Ortalama Boy (cm) ve Ağırlıkları (g)

Periyotlar	Boy		Ağırlık	
	Aç Bırakılan Grup ($X \pm Sx$)	Beslenen Grup ($X \pm Sx$)	Aç Bırakılan Grup ($X \pm Sx$)	Beslenen Grup ($X \pm Sx$)
0. gün (Kontrol Grubu)	$20.00 \pm 0.64 a^q(x)^t$	$20.00 \pm 0.64 a^q(x)^t$	$86.78 \pm 9.01 a^q(x)^t$	$86.78 \pm 9.01 a^q(x)^t$
7. gün	$19.87 \pm 0.47 a(x)$	$20.73 \pm 0.18 a(x)$	$76.62 \pm 7.03 a(x)$	$105.04 \pm 8.49 ac(y)$
14. gün	$19.60 \pm 0.06 a(x)$	$20.47 \pm 0.20 a(x)$	$82.44 \pm 1.45 a(x)$	$126.76 \pm 10.79 bd(y)$
21. gün	$20.60 \pm 0.46 a(x)$	$20.58 \pm 0.32 a(x)$	$83.92 \pm 6.64 a(x)$	$114.60 \pm 2.06 bc(y)$
28. gün	$20.33 \pm 0.33 a(x)$	$21.87 \pm 0.58 a(x)$	$79.81 \pm 5.27 a(x)$	$135.59 \pm 7.18 d(y)$

$X \pm Sx$: Aritmetik Ort. \pm Standart Hata (Her veri 4 tekrarın ortalamasıdır).

q : Dikey sütunda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir (a,b,c,d).

t : Yatay ikiye sütunda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir (x, y).

Tartışma ve Sonuç

Çalışmada kullanılan, aç bırakılan balıkların ağırlığında düşük de olsa meydana gelen azalma, bu balıkların beslenememeleri, önceden depoladıkları yapısal ve enerji maddesini bu süre içerisinde kullanmaları nedeniyle (1, 2). Beslenen balıkların ağırlıklarında 21. gün hariç, gözlenen artış, günde üç öğün düzenli beslenmelerinden kaynaklanmıştır. 21. günde beslenen balıkların ağırlığının diğer periyotlardan düşük olması, bu balıkların boylarının diğer periyotlardakinden farklı olmayışı göz önüne alındığında, bireysel olabileceği kanısını vermektedir (Tablo 1). Aç bırakılan ve beslenen *O. mykiss*'lerin boyları arasında bir farkın

olmayışı, deneme süresinin kısa tutulmuş olmasından (11°C'de 28 gün) kaynaklanmıştır. Yapılan araştırmalarla, balıkların günlük düzenli beslenmesinin vücut ağırlığında önemli artışlar sağladığının ortaya çıkması, verilerimizi desteklemektedir (15-18). Ortamın değişen sıcaklığından metabolizmanın fazla etkilenmemesi için deneme süresi 28 gün (ort. sıcaklık 11.2°C) tutulmuştur (2, 7).

Tablo 2. Aç Bırakılan ve Beslenen *O. mykiss*'lerin Karaciğer Ağırlıkları (mg) ve Karaciğer Glikojen Miktarı

Periyotlar	Karaciğer Ağırlıkları		Karaciğer Glikojen Miktarı ^z	
	Aç Bırakılan Grup ($\bar{X} \pm Sx$)	Beslenen Grup ($\bar{X} \pm Sx$)	Aç Bırakılan Grup ($\bar{X} \pm Sx$)	Beslenen Grup ($\bar{X} \pm Sx$)
0. gün (Kontrol Grubu)	1030±0.15 a ^q (x) ^t	1030±0.15 a ^q (x) ^t	0.31±0.07 a ^q (x) ^t	0.31±0.07 a ^q (x) ^t
7. gün	880±0.07 a(x)	1540±0.18 a(y)	0.38±0.14 a(x)	0.84±0.35 b(x)
14. gün	800±0.07 a(x)	2060±0.07 b(y)	0.28±0.01 a(x)	0.85±0.06 b(y)
21. gün	850±0.08 a(x)	2230±0.15 b(y)	0.13±0.00 b(x)	0.80±0.13 b(y)
28. gün	840±0.02 a(x)	2360±0.14 b(y)	0.09±0.03 b(x)	0.82±0.03 b(y)

$\bar{X} \pm Sx$: Aritmetik Ort. ± Standart Hata (Her veri 4 tekrarın ortalamasıdır).

q : Dikey sütunda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir (a,b).

t : Yatay ikiye sütunda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir (x,y).

z : 100 mg dokuda mg cinsinden glikojen miktarı.

Tablo 3. Aç Bırakılan ve Beslenen *O. mykiss*'lerin Kas Dokusu Glikojen Miktarı^z

Periyotlar	Aç Bırakılan Grup ($\bar{X} \pm Sx$)	Beslenen Grup ($\bar{X} \pm Sx$)
0. gün (Kontrol Grubu)	0.004±0.00 a ^q (x) ^t	0.004±0.00 a ^q (x) ^t
7. gün	0.004±0.00 a(x)	0.004±0.00 a(x)
14. gün	0.004±0.00 a(x)	0.080±0.01 b(y)
21. gün	0.002±0.00 b(x)	0.120±0.02 b(y)
28. gün	0.002±0.00 b(x)	0.125±0.05 b(y)

$\bar{X} \pm Sx$: Aritmetik Ort.±Standart Hata (Her veri 4 tekrarın ortalamasıdır).

q : Dikey sütunda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir (a,b).

t : Yatay ikiye sütunda aynı harflerle belirlenen veriler 0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir (x,y).

z : 100 mg dokuda mg cinsinden glikojen miktarı.

Aç bırakılan balıkların, karaciğer ve kas dokusu glikojeninde 14. günden sonra azalma meydana gelmesi, daha önce depolanan glikojenin kullanılması nedeniyledir. Açlık periyodunda lipitlerle birlikte glikojen içeriğinin de azaldığı yapılan araştırmalarla saptanmıştır. Besinin az

olduğu veya bulunmadığı ortamda hiperglisemi sebebiyle, dokulardaki glikojen miktarında azalma meydana gelir (7-9, 25-31).

Beslenen balıkların karaciğer ağırlığı ve karaciğer glikojen miktarında 0. günden itibaren artış görülmesi düzenli beslenme nedeniyledir. Ancak, 7. gün ile 28. gün arasındaki periyotta artan glikojenin değişmez tutulması ve kas dokusu glikojeninin 14. günden itibaren artış göstermesi (Tablo 2,3) *O. mykiss*'de karbohidrat kullanımının zayıf olduğu fikrini desteklemektedir (32,33). Aç bırakılan balıkların karaciğer ve kas dokusunda elde edilen verilere göre glikojen miktarının 0., 7. ve 14. günlerde değişmemiş olması ve 21. günden sonra azalma göstermesi bu görüşü doğrulayacak niteliktedir (Tablo 2,3). Zira, glikojenin değişim göstermediği dönemlerde kan glukoz düzeyinin fazla değişmediği ve balıkların bu dönemlerde enerji kaynağı olarak lipidleri daha fazla kullandıkları belirlenmiştir (2,9,17, 19, 34, 35). Bununla beraber, doyana kadar devamlı glukoz ve maltozca zengin besinlerle beslenen *O. mykiss*'lerde, glukoz-6-fosfat dehidrogenaz ve 6-fosfoglukonat dehidrogenaz aktivitelerinin yükseldiği ve buna bağlı olarak karbohidrat kullanımının artmasıyla lipogenezis sonucu lipid depolandığı da saptanmıştır (15, 17, 36).

Elde edilen veriler, %6 oranında glikojen içeren besinle günde üç öğün 28 gün düzenli beslenen balıkların ağırlıklarında, karaciğer ve kas dokusu glikojen miktarında meydana gelen artışın, günde iki öğün rastgele beslenen kontrol grubu (0. gün) balıklarınkinden fazla oluşu, düzenli beslenmeyle alınan besinin daha verimli kullanıldığı sonucunu ortaya koymuştur.

Kaynaklar

1. Love, R.M., The chemical biology of fishes. Academic Press, London and New York, 1970.
2. Halver, J.E., Fish nutrition, Academic Press. New York and London, 1972.
3. Russell, S.F.S. and Yonge, S.M., Advances in marine biology. Academic Press. London and New York. 1972.
4. Peter, R.E., Neuroendocrine control of reproduction in teleost. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 1982.
5. Manning, N.J. and Kime, D.E., Temperature regulation of ovarian steroid production in the common carp. *Cyprinus carpio* L. in vivo and in vitro. Gen. Comp. Endocrinol., 56, 376-388, 1984.
6. Dere, E. ve Yanıkoğlu, A., Sıcaklığın *Cyprinus macrostomus*'un karaciğer ve kas glikojen seviyelerine etkisi. C.Ü. Fen-Ed. Fak. Fen Bil. Derg., 15, 15-27, 1993.
7. Metin, K. ve Akpınar, M.A., *Cyprinus macrostomus* Heckel, 1843'un (Osteichthyes: Cyprinidae) gonat glikojen içeriğinin mevsimsel değişimi. Tr. J. of Biology, 19, 241-248, 1995.
8. Morata, P., Faus, M.J., Perez-Palmolo, M. and Sanchez-Medina, F., Effect of stress on liver and muscle glycogen phosphorylase in rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). Comp. Biochem. Physiol., 7B 421-425, 1982.
9. Wittenberg, C. and Vitca, E., Variation of the glycogen content in the tissue of the carp during a work in isolated muscle and during starvation. Stud. Univ. Babeş-Bolyai, Ser. Biol., 11, 117-123, 1966.
10. Murat, J.C., Resherches sur la mobilisation des glucides tissulaires chez la Carpe, These Doct. Etat. Toulouse, 1976.
11. Blazka, P., The anaerobic metabolism of fish. Physiol. Zoöl., 31, 117-128, 1958.
12. Hochachka, P.W., Field J. and Mustafa, T., Animal life without oxygen: Basic biochemical mechanisms. Am. Zoologist, 13, 543-555, 1973.
13. Ross, B.O., Hems, R. and Krebs, H.A., The rate of gluconeogenesis from various precursors in the perfused rat liver. Biochem., 102, 942-951, 1967.

14. Luquet, P., Leger, C. and Bergot, F., Effects of carbohydrate suppression in diets of rainbow trout kept a temperature of 10°C. 1-Growth in relation to level of protein ingestion. *Ann. Hydrobiol.*, 6, 61-70, 1975.
15. Hung, S.S.O. and Storebakken, T., Carbohydrate utilization by rainbow trout is affected by feeding strategy. *J.Nutr.*, 223-230, 1994.
16. Murai, T., Akiyama, T. and Nose, T., Effects of glucose chain length of various carbohydrates and frequency of feeding of their utilization by fingerling carp. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 1607-1611, 1983.
17. Austreng, E., Storebakken, T. and Asgard, T., Growth rate estimates for cultured Atlantic salmon and rainbow trout. *Aquaculture*, 60, 157-160, 1987.
18. Tung, P.H. and Shiau, S.Y., Effects of meal frequency of growth performance of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus*, *O. aureus*, feed different carbohydrate diets. *Aquaculture*, 343-350, 1991.
19. Çelikkale, M.S., İçsu balıkları ve yetiştiriciliği, Cilt1, Karadeniz Teknik Üniv. Basımevi, 1988.
20. Kluytmans, J.H.F.M. and Zandee, D.I., Lipid metabolism in the northern pike (*Exos lucius L*) I. The fatty composition of the northern pike. *Comp. Biochem. Physiol.*, 44B, 451-458, 1973.
21. Joseph, H., Roe, J.M., Bailey, R., Richart, G. and John, N.R., Complete removal of glycogen from tissues by extraction with cold trichloroacetic acid solution. *J. Biol. Chem.*, 236, 5, Printed in USA, 1961.
22. Nicholas, V., Carroll, R., Longley, W. and Joseph, H.R., The determination of glycogen in liver and muscle by use of anthrone reagent. *J. Biol. Chem.*, 220, 583-593, 1956.
23. Velicangil, S., Biyoistatistik, Filiz Kitapevi, 1984.
24. Duncan, D.B., Multiple range and multiple F-tests. *Biometrics.*, 11, 1-41, 1955.
25. Inui, Y. and Ohshima, Y., Effect of starvation on metabolism and chemical composition of eels. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.*, 32, 492-501, 1966.
26. Akpınar, M.A. ve Aksoylar, M.Y., Garra rufa Heckel, 1843'nin yağ asidi bileşimine sıcaklığın, besinsel yağ asitlerini ve açlığın etkileri, *Doğa Tu. Biol. D.*, 12, 1-8, 1988.
27. Chavin, W. and Young, J.E., Factors in the determination of normal serum glucose levels of goldfish *Carassius auratus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 33, 629-653, 1970.
28. Houston, A.H., Madden, J.A., Woods, R.J. and Miles, H.M., Some physiological effects of handling and tricaine methane-sulphonate anesthetization upon the brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28, 625-633, 1971.
29. Dabrowski, K. R., Reproductive cycle of vendace (*Coregonus albula L.*) in relation to some chemical and biochemical changes in the body. *Hydrobiologia*, 94, 3-15, 1982.
30. Birnbaum, M. J., Schultz, J. and Fain, J. N., Hormone stimulated glycogenolysis in isolated goldfish hepatocytes. *Am. J. Physiol.*, 231, 191-197, 1976.
31. Murat, J.C. and Pilsetskaya, E.M., Effects du glucagon sur la glycémie, le glycogène et la glycogène-synthetase hépatique chez la carpe et la lamproie. *C.R. Soc. Bio.*, 171, 1302-1305, 1977.
32. Hilton, J. W. and Atkinson, J. L. Response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to increased levels of available carbohydrate practical trout diets. *Br. J. Nutr.*, 47, 597-607, 1982.
33. Buddington, R. K. and Hilton, J. W. Intestinal adaptation of rainbow trout to changes in dietary carbohydrate. *Am.J.Physiol.* 253, 489-496, 1988.
34. Spannhof, L. and Plantikow, H., Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. *Aquaculture*, 30, 95-108, 1983.
35. Bergot, F., Carbohydrate in rainbow trout diets: effects of the level and source of carbohydrate and the number of meals on growth and body composition. *Aquaculture*, 18, 157-167, 1979.
36. Kim, J.D. and Kaushik, S.J., Contribution of digestible energy from carbohydrates and estimation of protein/energy requirements for growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 106, 161-169, 1992.