

Farklı Yetiştirme Sistemlerinin (Havuz ve Kafes) Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Hemoglobini, Hematokrit ve Sediment Seviyeleri Üzerine Etkileri

Muhammed Atamanalp

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Bölümü, 25240, Erzurum

Abstract: *The effects of different culture methods (cage and pond) on haemoglobin, haematocrit and sediment levels of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss Walbaum, 1792).* In this study, the effect of different culture methods on some blood parameters (haemoglobin, haematocrit and sediment) which known as important indicators of health and physical situation of fish were investigated. The blood samples which were taken from cage culture took low haemoglobin (8.26%) and haematocrit (3.27%) but high sediment values (80%) comparing to pond culture fish samples. The parameters, in pond culture were found as 6.90 g/100 ml, 44.56% and 1.0 mm/hour, in cage culture 6.33 g/100 ml, 43.10% and 1.8 mm/hour, respectively.

Key Words: Cage, pond, rainbow trout, haemoglobin, haematocrit, sediment.

Özet: Bu çalışmada, balıklarda sağlık ve fiziksel durumun önemli göstergeleri olarak bilinen kan parametrelerinden bazılarının (Hemoglobini, hematokrit ve sediment) farklı yetiştirme sistemlerinin etkisi araştırılmıştır. Kafeslerdeki balıklardan alınan kan örneklerinde havuzlardakine nazaran hemoglobini değeri ve hematokrit değeri (sırasıyla %8.26 ve %3.27) düşük, sediment değeri ise %80 oranında yüksek olarak bulunmuştur. Havuzlarda sırasıyla 6.90 g/100 ml, %44.56 ve 1.0 mm/saat olarak bulunan parametreler kafeslerde 6.33 g/100 ml, %43.10 ve 1.8 mm/saat olarak ortaya çıkmıştır.

Ahtar Kelimeler: Kafes, havuz, gökkuşluğu alabalığı, hemoglobini, hematokrit, sediment

Giriş

Kültür balığı yetiştiriciliğinde farklı sistemler kullanılabilir. Bunlar; havuzlar, kafesler ve kanallardır (Atay, 1986).

Kültür balıkçılığında havuz; balıkların yaşamları amacıyla içine su konulan ve bu suyun tahliye olabileceği şekilde tasarlanmış yapılardır (Huet, 1970).

Havuz; "su girişi ve çıkışı kontrol altında olan, suyu istenilen seviyede ayarlanabilen, gerektiğinde tamamen kurutulabilen, balık üretimi amacı ile kullanılan, kullanma amacı ve yapımlarına göre değişik tipleri olan, doğal ya

da yapay her nevi su rezervidir" şeklinde tanımlanabilir (Çelikkale, 1988).

Kafeslerde, havuzlardakinden yüzlerce kat daha fazla yoğunlukta balık stoklanabilmektedir. Dolayısıyla kafeslerin en büyük avantajı çok küçük alanlarda çok sayıda balığın stoklanıp yetiştirilebilmesidir (McLarney, 1998).

Balıklarda, hastalıkların ve çevresel faktörlerin yaratacağı durumun belirlenmesinde normal hematolojik değerlere yer verilmesi kaçınılmazdır. Hematolojinin değişen çevresel koşullarda ve normal koşullarda değerlerinin belirlenmesi, popülasyonlar arasındaki tanı ve su ortamındaki kirleticiler ile ilgili bilgilerin

saptanmasında yardımcı olur. Hematoloji balık hastalıklarının tanısının yanısıra, beslenme ve çevresel etmenlerin etkilerini de belirleyen bir bilim dalıdır (Azizoğlu ve Cengizler, 1996).

Hematokrit seviyesi ve eritrosit-sedimentasyon oranı balık sağlığında bir indikatör olarak kullanılmaktadır (Blaxhall ve Daisley, 1973). Balıklarda hematoloji, farklı yaşam ve çevre şartları altında balık sağlığı ile ilgili yapılan çalışmaların artışına bağlı olarak gün geçtikçe daha önem kazanmaktadır (Hickey, 1976; Joshi ve diğ., 1980). Hematolojik bulguların değerlendirilmesiyle balık hastalıkları erken teşhis edilebilmektedir (Kocabatmaz ve Ekingen, 1984). Hematolojik metotlar balıkların genel sağlığının tayininde biyologlar tarafından yıllardır kullanılmaktadır (Heath, 1987).

Balıkların hematolojik parametreleri balık yetiştiriciliğinde balıkların fiziksel durumlarının belirlenmesinde, stres ve hastalıkların kontrolünde her geçen gün daha yaygın olarak kullanılan indikatörlerdir (Aldrin ve diğ., 1982).

Balıklarda hematolojik parametreler çevre şartlarındaki değişikliklere kısa sürede cevap verdiği için dolayı toksikolojik çalışmalarda yaygınlaşarak faydalanılmaktadır. Bu parametreler organizmanın klinik statüsü hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır (Bridges ve diğ., 1976; Sharma ve Gupta, 1994).

Balık hematolojik değerleri su sıcaklığı, ışıktaki iklimsel değişikliklerle ilişkili olan mevsimsel varyasyonların etkisiyle değişiklik göstermektedir (Vuren ve Hattingh, 1978; Lie ve diğ., 1989).

Bazı araştırmacılar hematokrit ile sıcaklık arasında korelasyon olduğunu bildirirken (Houston ve Cyr, 1974; Weber ve diğ., 1976), bazı araştırmacılar ise hematokrit ile sıcaklık arasında korelasyon bulamamışlardır (Denton ve Yousef, 1975; Parent ve Vellas, 1981).

Materyal ve Yöntem

Havuzlarda ve kafeslerde büyütülmüş aynı yaştaki, ortalama ağırlıkları 170 ± 20 g olan gökkuşuğu alabalıklarından 12'şer adet alınarak kan örnekleme yapıp hematokrit parametreleri incelenmiştir. Kan örnekleri 10 ml'lik 21 numara iğneli plastik enjektörlerle alınmış (Hughes ve diğ., 1991) ve vakumlu - heparinli kan tüplerinde muhafaza edilmiştir (Azizoğlu ve Cengizler, 1995; Pottinger ve Carrick, 1999) ve soğutucu taşıyıcılarla laboratuvar ortamına nakledilmiştir.

Hemoglobin miktarının tayini için asit hematin metodunu esas alan sahli cihazı (Satake, 1986; Reddy and Bashamohideen, 1989), hematokrit tayini için 10500 sabit devirli, 24 örnek kapasiteli ve zaman ayarlı hematokrit santrifüj kullanılmıştır. Hematokrit ve sediment tayininde 1.1 mm çaplı 75 mm uzunluğundaki mikrohematokrit pipetlerinden faydalanılmıştır (Sniezsko, 1960; Conroy, 1972).

Sahli tüpünün 2 çizgisine kadar %5'lik HCL solüsyonu koyulmuş, sahli pipetiyle alınan 0.02 ml kan örneği bu solüsyon içerisine eklenerek cam karıştırma çubuğuyla homojenize edilmiştir. Filtre rengi tutturuncaya kadar yavaş yavaş saf su eklemiş ve bulunan değer tüp üzerindeki ölçekten okunarak g/100 ml olarak kaydedilmiştir (Kocabatmaz ve Ekingen, 1984; Satake ve diğ., 1986; Reddy ve Bashamohideen, 1989).

Hematokrit miktarı tayininde mikrohematokrit metodu uygulanmıştır. Kan örnekleri mikrohematokrit tüplerine aktarıldıktan sonra tüpün bir ucu cam macunıyla kapatılmıştır. Hematokrit santrifüjde 10500 devirde 5 dakika çevrildikten sonra bulunan değer skaladan okunmuş ve toplam kanın %'si olarak kaydedilmiştir (Blaxhall ve Daisley 1973. Jones ve Pearson 1976)

Sediment miktarının tayininde Mikro-Wintrobe metodu uygulanmıştır. Hematokrit pipetlerine çekilen heparinli kan örnekleri, dik konumda 1 saat süreyle bekletilmiş ve süre sonunda ayrılan serum miktarı mm olarak okunmuştur (Blaxhall ve Daisley, 1973)

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin istatistiki değerlendirmesi SAS bilgisayar programı ile yapılmış, farklar t

testi ile analiz edilmiştir.

Bulgular

Havuz ve kafeslerde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarından alınan kan örneklerinde araştırılan parametreler ve bunların istatistiki analizi sonucu ortaya çıkan önem durumları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Araştırmaya ait genel sonuçlar.

	Hemoglobin (g/100 ml)	Hematokrit (%)	Sediment (mm/saat)**
Havuz	6.90	44.56	1.0
Kafes	6.33	43.10	1.8
Fark (%)	- 8.26	- 3.27	+ 80

** Çok önemli ($p < 0.01$)

Hemoglobin miktarı havuzdan alınan balıklarda 6.90 g/100 ml bulunurken bu değer kafeste %8.26 azalarak 6.33 g/100 ml olarak ölçülmüştür. Aynı şekilde hematokrit değeri kafeste (%43.10) havuzdan (%44.56) %3.27 oranında düşük olarak bulunmuştur. Sediment değerinde bu durumun aksine kafesten alınan balıkların kanlarında ölçülen miktar havuzdan alınan balıkların kanlarından %80 oranında yüksek olarak ortaya çıkmış, havuzda 1.0 mm/saat olan değer kafeste 1.8 mm/saat olarak bulunmuştur.

Tartışma ve Sonuç

Bu konuda mevcut literatürler içerisinde yetiştirme sistemlerini bu yönüyle karşılaştıran benzer bir çalışma olmadığı için, araştırmadan elde edilen sonuçlar bu konuya yakın ya da daha genel literatürlerle karşılaştırılmıştır.

Gerek havuz (6.90 g/100 ml) gerekse kafesten (6.33 g/100 ml) elde edilen hemoglobin değerleri sağlıklı gökkuşağı alabalığı için bildirilen (Blaxhall ve Daisley, 1973; Kocabatmaz ve Ekingen, 1984) 4.3 – 10.9 aralığında yer almaktadır. Kafes alabalıklarında

hemoglobin değeri havuzlardakine göre %8.26'lık bir azalma göstermiştir.

Enfeksiyon ve stres gibi durumlarda balıklarda hemoglobin değerinin düştüğü bilinmektedir (Foda, 1973; Cruz ve Muroga, 1989).

Aynı şekilde pestisitler başta olmak üzere çeşitli kimyasalların farklı tür balıklarda hemoglobin değerinin düşmesine sebep olduğu bildirilmiştir; *Cyprinus carpio*'da Fenvalarate'nin hemoglobini 8.07 ± 0.86 g/100 ml'den, 3.70 ± 0.46 g/100 ml'ye ve Cypermethrin'in 8.37 ± 0.82 g/100 ml'den, 4.04 ± 0.51 g/100 ml'ye (Reddy ve Bashamohideen 1989), Tatlı su kedi balığı (*Heteropneustes fossilis*)'nda Deltamethrin'in 14.5 ± 2.5 g/100 ml'den 13.5 ± 2.8 g/100 ml'ye (Kumar ve diğ., 1999), ve Çin ot sazani (*Ctenopharyngodon idella*)'nda Danitol (Fenprothrin)'in hemoglobin miktarını %28 düşürdüğü (Ahmad ve diğ., 1995) belirlenmiştir.

Bunun yanısıra; bir kısım araştırmacılar balıkları çeşitli kimyasallara maruz bırakmanın hemoglobin değerini yükselttiğini ortaya koymuşlardır; Çin ot sazani (*Ctenopharyngodon idella*)'nda cıva kloridin subletal dozlarının

hemoglobin miktarını 4.38 ± 0.21 g/100 ml'den 4.56 ± 0.898 g/100 ml'ye (Shakoori ve diğ., 1991), *Tilapia mossambica*'da kadmiyum kloridin 9.80 ± 1.17 g/100 ml'den, 10.32 ± 0.07 g/100 ml'ye (Aziz ve diğ., 1993), yine Çin ot sazani (*C.idella*)'nda Fenvalerate'nin 4.33 ± 0.18 g/100 ml'den, 5.0 ± 0.15 g/100 ml'ye yükselttiği (Shakoori ve diğ., 1996) ve gökkuşağı alabalığında Cypermethrinin subletal dozlarının hemoglobini 6.866 ± 0.898 g/100 ml'den 10.475 ± 0.550 g/100 ml'e yükselttiği (Atamanalp, 2000) belirlenmiştir.

Sonuç olarak; hemoglobin üzerine farklı yetiştirme sistemlerinin etkisine bakıldığında kafeslerde havuzlardakine nazaran %8.26'lık bir azalma olduğu ortaya konulmuş ve yapılan analiz sonucunda bu farkın istatistiki açıdan önemli olmadığı da belirlenmiştir.

Kafeslerdeki hemoglobin miktarındaki düşüş kafeslerde yoğunluğun havuzlardan daha fazla olmasının balıklarda neden olduğu strese bağlanabilir.

Araştırmamızda havuzdan (%44.56) ve kafesten elde edilen (%43.10) ortalama hematokrit değeri sağlıklı gökkuşağı alabalıkları için bildirilen değerlere (%19.0 – 41.3) yakın olarak bulunmuştur (Kocabatmaz ve Ekingen, 1984).

Enfeksiyon (Muroga 1975. Bell ve diğ. 1990) ve su sıcaklığı değişiklikleri (Lie ve diğ., 1989; Martinez ve diğ., 1994) hematokrit miktarını düşürmektedir.

Aynı şekilde toksik maddelere maruz kalmanın hematokriti düşürdüğü; Fenvalerate'nin *Cyprinus carpio*'da hematokriti 25.44 ± 1.67 'den 16.57 ± 1.48 'e (Reddy ve Bashamohideen 1989); bir sentetik piretroit olan Danitol (Fenprothrin)'un Çin ot sazani (*C.idella*)'nda hematokriti önemli ölçüde düşürdüğünü Ahmad ve diğ. (1995); Fenvalerate'nin Çin ot sazani (*C.*

idella)'nda 17.6 ± 0.4 'den 15.7 ± 3.9 'a düşürdüğünü Shakoori ve diğ. (1996), Cypermethrinin gökkuşağı alabalığında 44.666 ± 3.465 'den 35.125 ± 2.122 'ye düşürdüğü (Atamanalp, 2000) çalışmalarıyla belirlenmiştir.

Bunun yanısıra Çin ot sazani (*C.idella*)'nda cıva kloridin subletal dozlarının hematokriti 16.79 ± 0.64 'den, 16.98 'e Shakoori ve diğ. (1991) ve *Tilapia mossambica*'da ise 46.55 ± 7.25 'den 54.13 ± 5.86 'ya yükselttiği Aziz ve diğ. (1993), çalışmaları da bu tip kimyasalların hematokriti yükselttiğini rapor etmişlerdir.

Araştırma sonucunda hematokrit değerinin kafeslerde havuzlarla karşılaştırıldığında %3.27'lik bir azalma olduğu bu farkın istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

Gerek havuzdan (1.0 mm/saat) gerekse kafesten (1.8 mm/saat) alınan balık kanlarında ölçülen sediment değeri sağlıklı gökkuşağı alabalıkları için verilen 0.0-8.0 mm/saat aralığındadır (McCarty ve diğ., 1973; Blaxhall ve Daisley, 1973; Barham ve diğ., 1980).

Bu değer balık sağlığında bir indikatör olarak kullanılmaktadır (Blaxhall ve Daisley, 1973; Barham ve diğ., 1980; Kocabatmaz ve Ekingen, 1984). Akut enfeksiyonlar, ağır metal zehirlenmeleri ve böbrek deformasyonları gibi durumlarda eritrosit sedimentasyon oranında yükselme göstermektedir (Blaxhall ve Daisley, 1973).

Tatlı su kedi balığı (*Heteropneustes fossilis*)'nda Deltamethrin'in eritrosit sedimentasyon hızını 6.0 ± 2.0 mm/saat'ten 8.5 ± 1.8 mm/saat'e çıkardığını bildirmektedir (Kumar ve diğ., 1999).

Kafes balıklarından elde edilen değer diğer gruptan önemli ölçüde yüksek olarak ortaya çıkmış olsa dahi bu değer de sağlıklı alabalıklar için verilen aralıkta (0.0-8.0 mm/saat) yer almaktadır. Yapılan istatistiki analizler farkın istatistiki açıdan

çok önemli olduğunu ortaya koymuştur (p<0.01).

Kaynakça

- Ahmad, F., S. S. Ali and A. Shakoori. 1995. Sublethal Effects of Danitol (Fenprothrin), a Synthetic Pyrethroid, on Freshwater Chinese grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. Folia. Biol. (Krakow) 43: 151-159.
- Aldrin, J. F., J. L. Messenger and F. B. Laurencin. 1982. La Biochimie Clinique en Aquaculture. Interet et Perspective. CNEXO Actes Colloq. 14: 291-326.
- Atamanalp, M. 2000. Bir Sentetik Piretroit İnsektisitinin (Cypermethrin) Sublethal Dozlarının Gökkuşuğu Alabalığı (*O. mykiss*)'na Makroskobik, Histopatolojik, Hematolojik ve Biyokimyasal Etkileri. A. Ü. Fen Bil.Enst. Doktora Tezi, Yayınlanmamış, 95-101.
- Atay, D.: Balık Üretim Tesisleri ve Planlaması. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay. 959. 14-17. 1986.
- Aziz, F., M. Amin, and A. R.Shakoori. 1993. Toxic Effects of Cadmium Chloride on the Haematology of Fish, *Tilapia mossambica*. Proc.Pakistan Congr. Zool. 13: 141-154.
- Azizoğlu, A. ve İ. Cengizler. 1996. Sağlıklı *Oreochromis niloticus* (L.) Bireylerinde Bazı Hematolojik Parametrelerin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences. 20: 425-431.
- Barham, W. T., Smith, G. L. and Schoonbee, H. J., 1980. The effect of bacterial infection on erythrocyte fragility and sedimentation rate of rainbow trout, *Salmo gairdnerii* Richardson. J. Fish Biol., 16:177-180.
- Bell, G. R., R. W. Hoffmann and L. L. Brown. 1990. Pathology of experimental infections of the sablefish, *Anoplopoma fimbria* (pallas), with *Renibacterium salmoninarum*, the agent of bacterial kidney disease in salmonids. J. Fish. Dis., 13: 355-367.
- Blaxhall, P. C. and K. W. Daisley. 1973. Routine Haematological Methods For Use Fish With Blood. J. Fish Biol. 5: 771-781.
- Bridges, D. W., J. J. Cech and D. N. Petro. 1976. Seasonal Hematological Changes in Winter Flounder, *Pseudopleuronectes americanus*. Trans. Am. Fish. Soc. 5: 596-599.
- Conroy, D.A. 1972. Studies on the haematology of the atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Symp. Zool. Soc. Lond. 30. 101-127.
- Cruz, M. C. D. L. and K. Muroga. 1989. The effects of *Vibrio anguillarum* extracellular products on Japanese eels. Aquaculture, 80: 201-210.
- Denton, J. E. and M. K. Yousef. 1975. Seasonal Changes in Haematology of Rainbow trout *Salmo gairdnerii*. Comp. Biochem. Physiol. 51A: 151-153.
- Foda, A. 1973. Changes in haematocrit and haemoglobin in Atlantic salmon as a result frunculosis disease. J. Fish. Res. Board. Can., 30 (3): 467-467.
- Heath, A. G. 1987. Water Pollution and Fish Physiology. CRC Press Inc. Florida, 198-205.
- Hickey, C. R. Jr. 1976. Fish Haematology, Its Uses and Significance. N. Y. Fish Game J. 23: 170-175.
- Houston, A. H. and D. Cyr. 1974. Thermoacclimatory Variation in the Haemoglobin Systems of Goldfish (*Carassius auratus*) and Rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). J. Exp. Biol. 61: 455-461.
- Hughes, J. B., and A. T. Hebert. 1991. Erythrocyte micronuclei in winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*); Result of field surveys during 1980-1988 from Virginia to Nova Scotia and in Long Island Sound. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 20: 474-479.
- Jones, B. J. and W. D. Pearson. 1976. Variations in Haematocrit Values of Successive Blood Samples from Bluegill. Trans. Am. Fish. Soc. 2: 291-293.
- Joshi, B. D., L. D. Chaturvedi and R. Dabral. 1980. Some Haematological Values of *Clarias batrachus*, Following its Sudden Transfer to Varying Temperature. Indian J. Exp. Biol. 18: 76-77.
- Kocabatmaz, M. ve G. Ekingen. 1984. Değişik Tür Balıklarda Kan Örneği Alınması ve Hematolojik Metotların Standardizasyonu. Doğa Bilim Dergisi, 8: 149-159.
- Kumar, S., S. Lata, and K. Gopal. 1999. Deltamethrin Induced Physiological

- Changes in Freshwater Cat fish *Heteropneustes fossilis*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 62: 254-258.
- Lie, Ø, Lied, E. and G. Lambertsen. 1989. Haematological Values and Fatty Acid Composition of Erythrocyte Phospholipids in Cod (*Gadus morhua*) Fed at Different Water Temperatures. Aquaculture, 79: 137-144.
- Martinez, F. J., M. P. Garcia-Riera, M. Canteras, J. De Costa and S. Zamora. 1994. Blood parameters in rainbow trout (*O. mykiss*): simultaneous influence of various factors. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 107A, No.1. Great Britain, 95-100.
- McCarty, D. H., J. P. Stevenson and M. S. Roberts. 1975. Some Blood Parameters of the Rainbow Trout (*Salmo gairdnerii* R.) II. The Shasta Variety, 7: 215-219.
- McLarney, W. 1998. Freshwater Aquaculture, Hartley & Marks Publishers, West Broadway, Vancouver, BC. 225-231.
- Muroga, K. and K. Nakajima. 1981. Red spot disease of cultured eels-method for artificial infection. Fish Pathology, 15: 315-318.
- Parent, J. P. and F. Vellas. 1981. Effects de Variations Thermiques Chez la Truite Arc-en-ciel (*Salmo gairdnerii*, Rich.). Cachiers Lab. Montereau, 11: 29-40.
- Pottinger, T. G. and T. R. Carrick. 1999. A Comparison of Plasma Glucose and Plasma Cortisol as Selection Markers for High and Low Stress-responsiveness in Female Rainbow trout. Aquaculture, 175: 351-363.
- Reddy, P., M. Bashamohideen, 1989. Fenvalerate and Cypermethrin Induced Changes in the Haematological Parameters of *Cyprinus carpio*. Acta. Hydrochim. Hydrobiol. 17. 1: 101-107.
- Satake, T., A. Nuti-Sobrinho, O.V. Paula-Lopes, R.A. Lopes, and H. S. Leme Dos Santos. 1986. Haematological Study of Brazilian Fish. III. Blood parameters in Armored Catfish *Hypostomus paulinus* I. Ars Veterinaria, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias "Campus" de Jaboticabal Unesp, 2: 179-183.
- Shakoori, A. R., A. L. Mughal, and M. J. Iqbal. 1996. Effects of Sublethal Doses of Fenvalerate (a synthetic pyrethroid) Administered Continuously for Four Weeks on the Blood, Liver and Muscles of a Freshwater Fish, *Ctenopharyngodon idella*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 57: 487-494.
- Shakoori, A., R. Iqbal, A. L. Mughal, and S. S. Ali. 1991. Drastic Biochemical Changes Following 48 Hours of Exposure of Chinese grass carp *Ctenopharyngodon idella*, to Sublethal Doses of Mercuric Chloride. Proc 1. Symp. Fish & Fisheries, Pakistan, 81-98.
- Sharma, J. P. and V. K. Gupta. 1994. Morphological and Haematological Alterations in Urea Exposed Fish, *Puntius sophore*. Curr. Agric. 18: 45-48.
- Snieszko, S. F. 1972. Nutritional fish diseases. Fish nutrition. Halver, J. E. (ed.). Academic Press, London. 403-437.
- Vuren, J. H. J. V. and J. Hattingh. 1978. A Seasonal of the Haematology of Wild Freshwater Fish. J. Fish. Biol. 13: 305-313.
- Weber, R. E., S. C. Wood, and J. P. Lomchott. 1976. Temperature Acclimation and Oxygen Binding Properties of Blood and Multiple Haemoglobin in Rainbow trout. J. Exp. Biol. 65: 335-345.