



BALIKLARDA KAN GLUKOZUNU ETKİLEYEN BAŞLICA FAKTÖRLER

Ekrem Şanver ÇELİK*, Ayhan ASLAN, Mustafa ALPARSLAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Çanakkale

ÖZET

Balıklarda kan glukoz düzeyini çevresel ve biyolojik faktörler önemli derecede etkileyebilmektedir. Biyolojik faktörlerin başında balık türü, populasyon, üreme ve cinsiyet gelirken çevresel faktörlerin başında ise suyun özellikleri, sudaki toksik ve kirlenici maddeler, mevsim ve yıllık döngü gelmektedir. Balıklarda gözlemlenen kan değerlerinin doğru bir şekilde yorumlanması için onları etkileyen faktörlerin bilinmesi ve göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu makalede, başlıca faktörlerden balık türü, üreme, mevsim, su sıcaklığı, hastalık, ağır metal ve pestisitlerin bazı balık türlerinde kan glukoz düzeyine etkileri ortaya konulmuş ve bu faktörlerin kan glukozunu etkilediği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Balık; Kan; Glukoz; Biyolojik ve Ekolojik Faktörler.

MAIN FACTORS AFFECTING BLOOD GLUCOSE LEVEL IN FISH

ABSTRACT

Environmental and biologic factors can seriously effect the blood glucose level of fish. Fish species, population, reproduction and sex are among the important biological factors, while environmental factors can be described as features of water, toxic and pollutant matters, seasonal and annual cycle. Consideration and knowledge about factors affecting blood parameters are an important matter for evaluating blood parameters in fish. In the present article, the effects of main factors such as fish species, reproduction, seasonal, water temperature, disease, heavy metal and pesticide on blood glucose levels in some fish species, were evaluated, and it was concluded that these factors affected blood glucose level.

Keywords: Fish; Blood; Glucose; Biological and Ecological Factors.

*E-posta: sanver_celik@hotmail.com

1. GİRİŞ

Karbonhidratlar, sıcakkanlı hayvanların enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında birinci kaynak olarak kullanılmaktadırlar [1]. Bu durum, balıklarda beslenme şekline göre değişiklik arz etmektedir. Omnivor ve herbivor türlerin karbonhidratları karnivorlara göre daha iyi değerlendirdikleri bilinmekte olup, karbonhidrat metabolizmasında glukozun önemli yer tuttuğu bildirilmektedir [2]. Glukoz formunda absorbe edilen karbonhidratların üç önemli metabolik görevi vardır. Bunlar acil enerji gerektiren olaylarda kullanılırlar, gerektiğinde kullanılmak üzere glikojen şeklinde depolanırlar ve trigliseritler, esansiyel amino asitler gibi bileşiklere sentezlenirler [3]. Balıkların en kolay kullandığı karbonhidrat glukozdur ve kanda bulunan tek sekerdir [4]. Kan glukozu balıkların karaciğerlerinde glikojen olarak depo edilip organizmanın gereksinimi olduğu zamanlarda glukozu çevrilerek kana verilir [5]. Glukozun parçalanması ile yaşamsal faaliyetlerin sürdürülmesi için gerek duyulan enerji sağlanır [4].

Hayvanlarda kan parametrelerinin değerlendirilmesi, önemli bir araç ve alışıla gelmiş bir yöntemdir. Bu teknik ile hayvanın fizyolojik durumu ile ilgili güvenilir kararlar verebilmek mümkün olur. Balıklarda kan parametreleri üzerine etki eden bir çok faktör bulunur. Bunlar çevresel (sıcaklık, fotoperiyot, yoğunluk, tuzluluk, pH, oksijen gibi), fizyolojik (balık türü, üreme, yaş, cinsiyet), toksik ve kirletici maddeler (ağır metaller, pestisitler, deterjanlar) ve sosyal (sosyal hiyerarşi gibi) faktörler olabilir.

Bu derleme çalışmasında bazı balık türlerinde kan glukozunu etkileyen başlıca faktörler (balık türü, üreme, mevsim, su sıcaklığı, hastalık, ağır metal, pestisit) üzerinde durulmuş ve bu faktörlerin kan glukozuna etkileri araştırılmıştır.

2. BALIK TÜRÜ

Aynı balık türüyle [6-7] ve aynı [8-10] veya farklı familyaya [6,8,11] ait farklı balık türleriyle yapılan çeşitli araştırmalarda elde edilen glukoz değeri değişebilmektedir (Tablo 1). Bu durum, kan glukoz düzeyinin türlere göre varyasyon göstermesine bağlanmıştır [12].

Değerler literatürlerde verildiği şekilde ortalama değer ya da aralık olarak sunulmuştur. a: \pm standart hatayı, Xort.: ortalama değeri, Min.: minimum değeri ve Mak.: maksimum değeri göstermektedir. b: İncelenen makalelerde en düşük ve en yüksek değerler belirtilmemiştir. Dolayısıyla makalelerde belirtilen en düşük ve en yüksek ortalama değerler ilgili kan glukozu için en düşük ve en yüksek değerler olarak kaydedilmiştir.

Tablo 1.Farklı Tür Balıklara Ait Kan Glukoz Değerleri (mgdL⁻¹)

Balık Türü	Xort	Min	Mak	Kaynaklar
Fam Cichlidae				
<i>Oreochromis niloticus</i>	87,50±26,300	85,40±27,800 ^b	90,20±25,400 ^b	Chen ve ark., [6]
	164,00±57,000	114,00	235,00	Azizoğlu ve Cengizler, [7]
Fam Cyprinidae				
<i>Barbus plebejus escherichi</i>	174,74±9,040 ^a	113,67±17,680 ^{ab}	229,63±14,310 ^{ab}	Yıldırım ve ark., [8]
<i>Capoeta capoeta capoeta</i>	110,06±4,190 ^a	69,17±9,750 ^{ab}	141,07±13,670 ^{ab}	Aydın ve ark., [9]
<i>Capoeta tinca</i>	85,14±2,740	51,00±7,100 ^b	116,36±8,580 ^b	Yıldırım ve ark., [10]
Fam Salmonidae				
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	72,67±9,805	-	-	Atamanalp, [13]
Fam Scorpaenidae				
<i>Scorpaena porcus</i>	120,60±4,320 ^a	6,00	367,00	Çelik ve Çakıcı, [11]

3. ÜREME

Balıklarda üremenin etkisiyle birlikte kan glukoz seviyesi farklılık gösterebilmektedir. Çanakkale Boğazı'ndan avlanan Scorpaenidae familyasına ait *S. porcus* (iskorpit balığı) türünün hematolojik ve biyokimyasal kan parametrelerini belirlemek amacıyla yapılan bir araştırmada kan glukoz düzeyinin üreme döneminden (ÜD) üreme sonrası döneme (ÜSD) kadar yatay bir seyir izlediği daha sonra da arttığı belirlenmiştir. Üreme öncesi dönemin (ÜÖD) glukoz seviyesi; üreme ve üreme sonrası dönemlere göre istatistiki açıdan önemli derecede yüksek ($p < 0,05$) bulunduğu, üreme dönemi ile üreme sonrası dönem arasında önemli bir farklılık ($p > 0,05$) meydana gelmediği (Tablo 2) görülmüştür [14].

Mugilidae familyasının bir üyesi olan *Mugil cephalus* (has kefal balığı) ve Sparidae familyasına ait *Lagodon rhomboides* (iğne balığı) türleri ile yapılan farklı araştırmalarda da üreme öncesi dönemde kan glukozunda artış görülmüştür [15].

Miller ve ark. [16], yumurtlamayla birlikte, Salmonidae familyasından olan *O. mykiss* (gökkuşluğu alabalığı) türünün kan glukoz değerinin düşmeye başladığını tespit etmişlerdir.

Tablo 2.

S. porcus'un kan glukoz değerinin üreme döngüsüne göre değişimi [14]

Üreme Dönemleri	N (Adet)	Populasyon Ortalaması ($\bar{X} \pm SH$)	Minimum-Maksimum Değerler
ÜD	51	106,9±7,5100 ^a	6,0-280
ÜSD	205	106,4±4,9600 ^a	6,0-350
ÜÖD	56	184,9±10,7100 ^b	55-367

*Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiki olarak önemli fark yoktur ($p > 0,05$)

Balıklarda üremenin başlamasıyla birlikte kan glukozunun düşmesi, bu dönemde yem alımının durması ve üreme faaliyetinin gerçekleşebilmesi için gerekli olan enerjinin kandaki glukozdan karşılanması sonucu olabileceği ifade edilmiştir [9,14].

4. MEVSİM VE SU SICAKLIĞI

Mevsimler ve su sıcaklığı balıklarda kan glukoz seviyesini değiştirebilmektedir. Çoruh Havzası-Oltu Çay'ında yaşayan Cyprinidae familyasına üye *B. plebejus escherichi* (bıyıklı balık) türünün kan glukoz düzeyinin mevsimsel değişiminin incelendiği bir çalışmada kan glukoz düzeyi ile ilgili mevsimlere göre elde edilen sonuçlar Tablo 3' de verilmiştir. En yüksek kan glukoz düzeyi erkeklerde kış aylarında, dişilerde ise yaz aylarında gerçekleşmiştir. En düşük kan glukoz düzeyi ise erkeklerde yazın, dişilerde ilkbaharda gerçekleşmiştir. Aynı mevsimlerdeki su sıcaklıkları ise sırasıyla 6 °C ve 26 °C' dir. Su sıcaklığı ile kan glukoz düzeyi arasında ters bir ilişkinin bulunduğu bildirilmiştir [8].

Yapılan bir araştırmada *S. porcus* türünün glukoz miktarında, yaz mevsiminden kış mevsimine kadar bir azalma, daha sonra da bir artma gözlenmiştir. Sonbahar ve kış mevsimindeki glukoz seviyesi, ilkbahar ve yaz mevsimlerindeki göre önemli düşmeler ($p < 0,05$) göstermiştir. İlkbahar mevsiminde kan glukozunda görülen artma diğer mevsimlere göre önemli derecede ($p < 0,05$) yüksek bulunmuştur (Tablo 4; [14]).

Tablo 3.

B. plebejus escherichi'nin kan glukoz değerinin mevsimlere göre değişimi [8]

Cinsiyet	Kan Glukoz Düzeyi (mgdL ⁻¹)			Homojen Gruplar *
	Aylar	N	Xor ± SE	
Erkek (185,27±15,79)	Yaz (Ağustos)	3	127,67±29,68	abcd
	Sonbahar (Ekim)	4	147,75 ± 4,73	abcd
	Kış (Ocak)	16	229,63 ± 14,31	a
	İlkbahar (Mayıs-Haziran)	10	146,60 ± 22,70	bcd
	Dişi	8	180,38 ± 14,46	bcd
(157,05±10,52)	Yaz (Ağustos)	2	134,50 ± 10,50	abcd
	Sonbahar (Ekim)	6	176,83 ± 18,98	abcd
	Kış (Ocak)	6	113,67 ± 17,68	bcd
	İlkbahar (Mayıs-Haziran)	6	113,67 ± 17,68	bcd
Ortalama		55	174,74± 9,04	

* Aynı harfle gösterilen mevsimler arasında istatistik olarak fark yoktur (p>0,05).

Sekiz ay boyunca ticari şartlar altında yetiştirilen *Ictaluridae* familyasına ait *Ictalurus punctatus* (kanal yayın balığı)'un serum kimyası üzerine yapılan bir araştırmada; sonbahar ve kış mevsiminde glukoz konsantrasyonunda azalma görülürken, kış mevsimindeki azalma önemli bulunmuştur [17]. Balıkların serum glukoz miktarında görülen azalma, daha düşük sıcaklıkta metabolizma yavaşlığı ve beslenme eksikliğinden dolayı olabileceği bildirilmiştir [14,17].

Tablo 4.

S. porcus' ta kan glukoz değerinin mevsimlere göre değişimi [14]

Mevsimler	N (Adet)	Populasyon Ortalaması (Xort±SH)	Minimum-Maksimum Değerler
Yaz	77	122,4±7,1800 ^b	6-308
Sonbahar	78	99,14±62,0700 ^a	7-210
Kış	77	81,8±5,8500 ^a	6-212
İlkbahar	80	177,3±9,7500 ^c	22-367

*Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiki olarak önemli fark yoktur (p>0,05).

Çoruh Nehri Oltu Çay'ında yaşayan Cyprinidae familyasına ait *C. tinca* (in balığı)'nın kan glukoz düzeyindeki aylık değişimleri belirlemek amacıyla yapılan bir araştırmada en düşük su sıcaklığı 6 °C ile aralık ve ocak, en yüksek ise 26 °C ile ağustos ayında gerçekleşmiştir. Aylara bağlı olarak elde edilen kan glukoz düzeyleri Tablo 5'de verilmiştir. Bu değerlere göre en yüksek kan glukoz düzeyi nisan ayında, en düşük ise haziran ayında belirlenmiştir. Bu araştırmanın bulguları, nisan ayı hariç (bu ayda erkeklerin kan glukoz düzeyi yüksektir) sıcaklıkla artmasıyla birlikte kan glukozunun azaldığını göstermektedir. Bu araştırmada, nisan ayının üreme döneminin hemen öncesine tekabül etmesi, bu durumun üremeden kaynaklandığı fikrini vermiştir [10].

Tablo 5.

C. tinca'da kan glukoz düzeyinin aylara göre değişimi [10]

Aylar	N (Adet)	Kan Glukoz Düzeyi $\bar{X} \pm Sx$ (mgdL ⁻¹)	Homojen Gruplar*
Ağustos	11	75,00 ± 5,08	ac
Eylül	17	87,59 ± 5,93	bc
Kasım	18	73,61 ± 6,87	c
Aralık	19	89,79 ± 5,70	d
Ocak	18	97,11 ± 6,31	d
Mart	9	96,67 ± 12,06	
Nisan	11	116,36 ± 8,58	abc
Mayıs	14	70,86 ± 8,90	c
Haziran	8	51,00 ± 7,10	bcd
Ortalama	125	85,14 ± 2,74	

*Aynı harflerle gösterilen aylar arasında istatistik olarak fark vardır (P>0,05).

Aras Nehri'nden avlanan ve Cyprinidae familyasına üye olan *C. capoeta capoeta* (siraz balığı) alttürünün ortalama serum glukoz düzeyi en yüksek nisan ayında, en düşük ile eylül ayında gerçekleşmiştir. Üreme dönemi öncesi yüksek olan glukoz düzeyinin üremenin başlamasıyla (mayıs ve haziran ayı) düştüğü ve temmuz-eylül ayları arasında minimum seviyeye indiği görülmüştür [9].

Su sıcaklığı 4-14 °C arasında değişen 3 m³ lük dairesel tanklarda tutulan Salmonidae familyasından *Salvelinus fontinalis* (alabalık) türünün kan parametrelerine (ağırlıkları 60,9±2,77-173,5±5,06 g arasında) mevsimsel değişikliklerin etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir araştırmada; haziran ayında düşük olan

glukoz konsantrasyonu, eylül ve ilkbahar ayında yüksek olarak gözlenmiştir. Haziran ayındaki bu düşüş önemli ($p<0,001$) bulunmuştur [18].

I. punctatus türü ile yapılan bir çalışmada kan glukoz seviyesinin su sıcaklığının artmasına bağlı olarak düştüğü bildirilmiştir [20]. Benzer şekilde Kaminska ve ark. [19], Cyprinidae familyasının bir üyesi olan *Cyprinus carpio* (sazan balığı) türünde kan glukozunun aylık değişimi üzerine yaptıkları bir çalışmada, glukoz düzeyinin yaz aylarında kış aylarına göre daha düşük seyrettiğini belirlemişlerdir. Bu durumun, su sıcaklığı artması ve fotoperiyodun etkisiyle gerek büyüme hormonu gerekse tiroit hormonlarının salgılanması sonucu metabolizmanın hızlanması ve gerekli olan enerji ihtiyacının kandaki glukozdan karşılanması sonucu ortaya çıkabileceği belirtilmiştir [19,21].

Seyhan Nehri'nde yaşayan Cyprinidae familyasından olan *Capoeta barroisi* (benekli Siraz) ve *Rutilus rutilus* (kızılöz balığı) türlerinin bazı hematolojik parametrelerinde meydana gelen değişimlerin incelendiği bir çalışmada; *C. barroisi* türünün glukoz değerinde yaz aylarında önemli ($p<0,05$) düzeyde düşüş izlenmiştir. *R. rutilus* türünün glukoz miktarındaki farklılıklar ise önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur (Tablo 6). Yazın azalması beklenen değerlerde izlenen artışlar, bu dönemde su sıcaklığının etkisiyle (Tablo 7) de artan kirlilik faktörlerinin metabolizmaya yansımaları şeklinde yorumlanmıştır [22].

Tablo 6.

Capoeta barroisi ve *R. rutilus* türlerinden elde edilen kan glukoz değerleri [22]

Türler	Parametreler	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
		Ort.± S.H.	Ort.± S.H.	Ort.± S.H.	Ort.± S.H.
<i>C. barroisi</i>	Glukoz (mgdL^{-1})	144,42 ± 8,73 ^a	79,73 ± 8,07 ^b	336,71 ± 15,35 ^a	199,97 ± 0,99 ^a
<i>R. rutilus</i>	Glukoz (mgdL^{-1})	100,50 ± 7,50	163,25 ± 23,40	137,57 ± 16,88	127,50 ± 37,01

a.b:Her satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak farklıdır ($p>0,05$).

Seyhan Baraj Gölü'nden ve Seyhan Nehri'nden (nehirin Adana kent içini terk ettiği ve kirliliğin fazla olduğu bölge) Ocak-Ekim 1996 tarihleri arasında avlanan *C. carpio* türünün kan parametrelerindeki değişimlerin incelendiği bir çalışmada; Araştırmanın Baraj Gölünde yürütülen bölümünde, glukoz değerleri su sıcaklığının yükseldiği Ağustos ayında azalma ($98,85\pm 2,47 \text{ mgL}^{-1}$) göstermiş ve bu azalma Ocak ve Ekim aylarına göre önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Nehir ortamında değerlendirilen glukoz değerleri ise, su sıcaklığının arttığı Ağustos ayında maksimum seviyeye ($207,71\pm 6,10 \text{ mgL}^{-1}$) çıkmıştır

(Tablo 8). Su sıcaklığındaki artış, özellikle kirli olan bölgelerde balık için stres yaratabilecek olumsuz şartları daha da artırdığından kas aktivitesini de arttırdığı ve glukoz miktarında yükselmeye neden olduğu bildirilmiştir [23].

Tablo 7.

Seyhan Nehri'nde saptanan su sıcaklık değerleri [22]

Mevsimler	Aylar	Sıcaklık (⁰ C)
İlkbahar	Mart	16,0
	Nisan	17,0
	Mayıs	19,0
Yaz	Haziran	24,5
	Temmuz	28,0
	Ağustos	29,0
Sonbahar	Eylül	27,0
	Ekim	24,0
	Kasım	23,5
Kış	Aralık	10,5
	Ocak	9,0
	Şubat	7,0

Serum glukoz düzeyi, tamamen su kalitesi ile ilgili olup, herhangi bir nedenle oluşan kirlilik faktörünün balıkta yapmış olduğu stres, glukoz düzeyini etkileyici yönde olduğu bildirilmiştir [24-25]. Stres faktörleri balıkta kas aktivitesinin artmasına neden olduğu, bu da sürekli glikojen kullanımını yani glukoz miktarlarında artışa neden olduğu belirtilmiştir [26].

Cichlidae familyasından olan sağlıklı *O. niloticus* (tathısu çipurası) bireylerinde bazı hematolojik parametrelerin saptanması üzerine yapılan bir araştırmada serum glukoz miktarından elde edilen sonuçlar ve sudaki sıcaklık değişimleri Tablo 9'da verilmiştir. Bu araştırmada glukoz miktarındaki değişimin sıcaklıkla ilgisinin bulunmadığı belirlenmiştir [7].

Tablo 8.

Seyhan Baraj Gölü ve Seyhan Nehri'nden elde edilen *C. carpio*'da glukoz miktarları [23]

Bölgeler	Seyhan Baraj Gölü			Seyhan Nehri		
	Ocak	Ağustos	Ekim	Ocak	Ağustos	Ekim
Dönemler						
Parametreler	N=7	N=7	N=7	N=7	N=7	N=7
Boy (cm)	11,40	22,00	23,08	29,0	30,5	20,5
Ağırlık (gr)	19,00	27,33	19,14	416,0	449,0	150,6
Sıcaklık (°C)	9,00	27,00	22,30	10,0	27,9	23,0
Oksijen (mgL ⁻¹)	11,00	8,00	7,90	11,6	6,4	7,0
pH	8,08	8,00	7,80	8,24	7,50	6,25
Glukoz (mgL ⁻¹)	207,85± 8,74 ^a	98,95± 2,47 ^b	114,14± 3,801 ^a	82,57± 4,72 ^a	207,71 ± 5,10 ^b	85,30 ± 2,39 ^a

* Aynı harfle gösterilen mevsimler arasında istatistik olarak fark yoktur (p>0,05).

Tablo 9.

O. niloticus bireylerinden elde edilen serum glukoz miktarları [7]

Aylar	Su sıcaklığı (°C)	Glukoz (mgdL ⁻¹)
Kasım	17,0	185
Şubat	18,5	122
Mayıs	22,3	114
Ağustos	23,5	235

O. niloticus balığının kan parametrelerinin mevsimsel değişimini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada; Ocak 2000 (ortalama ağırlık 324,5±99,2 g), Nisan 2000 (ortalama ağırlık 364,3±69,8 g), Ekim 2000 (ortalama ağırlık 430,6±138,1 g), Temmuz 2001 (ortalama ağırlık 453,3±107,6 g) tarihlerinde kan örnekleri alınmıştır. Yapılan bu araştırmada glukoz değerinde mevsimsel farklılıklar (p>0,05) görülmemiştir [6].

Kocabatmaz ve Ekingen [27] ise kan glukoz düzeyinin su sıcaklığından etkilenmeyip, çoğunlukla ortamdaki kirlilik, amonyak ve organik madde fazlalığı ile ilgili bir faktör olduğunu vurgulamışlardır.

5. HASTALIK

Hastalıklar kan glukoz düzeyinin değişmesine neden olabilmektedir. Hastalıkların yayılması genellikle çevresel değişikliklerle bağlantılıdır. Stres yapıcıları kapsayan aşırı stoklama, yüksek sıcaklık, ani sıcaklık değişimleri, balıkların ellenmesi ve transferi, zayıf beslenme durumu fizyolojik değişikliklere ve enfeksiyon duyarlılığını şiddetlendirmeye katkıda bulunur [28].

Aeromonas hydrophila enfeksiyonuna yakalanan ve Anguillidae familyasının bir üyesi olan *Anguilla anguilla* (yılan balığı) balıklarının kan plazmasındaki glukoz düzeyinin kontrol grubuna göre önemli derecede ($p<0,05$) arttığı bildirilmiştir. Bu araştırmada balıklarda suni beslenmeye karşı bir isteksizlik görülmüştür. Yılan balıklarının zayıf beslenmesi göz önüne alındığında, açlık stresi hastalığın ortaya çıkmasına katkıda bulunmuş olabileceği vurgulanmıştır [29]. Benzer şekilde *Aeromonas salmonicida* enfeksiyonuna yakalanan *S. fontinalis* balıklarının kan glukoz düzeyinde kontrol grubuna göre önemli derecede artışlar izlenmiştir [30].

Serratia liquefaciens enfeksiyonuna yakalanan *O. mykiss*'in kanı ile sağlıklı balıkların kanı karşılaştırılmış; enfekte balıkların kan serumundaki glukoz seviyesinin ise önemsiz bir düşüş ($p>0,05$) gösterdiği bulunmuştur [31].

Aeromonas hydrophila enfeksiyonunun *O. mykiss* türünün serum glukoz seviyesinde önemsiz bir düşüşe ($p>0,05$) sebep olduğu gözlenmiş ve bu azalmanın enfeksiyonun yol açtığı stres ve artan glutamat oksalasetat transaminaz aktivitesi ile ilgili olabileceği düşünülmüştür [32].

Çanakkale Boğazı'ndan avlanan sağlıklı *S. porcus* ile *Trachelobdella lubrica* (ektoparazit) bulunan *S. porcus*'un kan parametreleri karşılaştırılmış ve *Trachelobdella lubrica* bulunan iskorpit balıklarının kan glukoz düzeyinin, sağlıklı balıklara göre önemli derecede ($p<0,05$) azaldığı tespit edilmiştir [33].

6. AĞIR METAL

Ağır metaller balıklarda kan glukoz seviyesini değiştirebilmektedir. Uzun süreli çalışmalarda, kan glukoz konsantrasyonundaki değişiklikler balık türüne, kadmiyum konsantrasyonlarına ve maruz kalma sürelerine bağlıdır. 1,6 mkg/l kadmiyum, 2 haftalık bir uygulamadan sonra salmonların kanlarındaki glukoz konsantrasyonunu artırmazken [48] 10 mkg/l kadmiyum, 18 haftalık bir uygulamadan sonra, gökkuşuğu alabalığının glukoz konsantrasyonunu artırmıştır [34].

15, 29, 64 ve 120 günlük sürelerle sırasıyla 2, 10 ve 42 ppb kadmiyuma maruz bırakılan yaklaşık olarak 130 g ağırlığındaki *C. carpio* türünün glukoz seviyesinde bir azalma eğilimi gözlenmiştir [35].

1, 3, 15 ve 30 gün sürelerle, 0,1, 0,2, 0,4 ve 0,8 ppm kadmiyuma maruz bırakılan *C. carpio*'nun 1. ve 3. günlerde serum glukoz düzeyi artarken, 15. ve 30. günlerde ise kontrol düzeyinde kalmıştır. Belirli bir kadmiyum derişiminde, etkide kalma süresinin uzaması serum glukoz düzeyini düşürmüştür. Kadmiyum, tüm ortam derişimlerinde, 30. günde 1. güne oranla serum glukoz düzeyini yaklaşık % 50 oranında düşürmüştür. Sonuç olarak kadmiyum etkisinde *C. carpio* türünün kan glukoz düzeyinde gözlenen değişimler, metal etkisinde ortaya çıkan strese, etkide kalma süresinin uzamasıyla ve bu parametrelerin normale dönmesi ise balığın stres koşullarına adaptasyonu ile açıklanabileceği belirtilmiştir [36].

Heteropneustes fossilis (Heteropneustidae) türünde, kadmiyumun 0,26 ppm ortam derişiminde 15 ve 30 gün süre ile etkisi, serum glukoz seviyesini arttırırken, kas ve karaciğer dokularının glikojen derişiminde düşmeye neden olmuştur [49]. *O. mykiss* türünün erginleri 30 gün süre ile 10,0 ve 25,0 ppb kadmiyumun, jüvenilleri ise 1,0 ve 5,0 ppb kadmiyumun etkisinde bırakılmış, her iki grupta da anılan sürede serum glukoz düzeyinde değişim gözlenmemiştir [37].

Puntius conchoni (Cyprinidae) türünde kadmiyumun yüksek derişimlerinin kısa süreli etkisi hiperglisemiye, düşük derişimlerinin uzun süreli etkisi hipoglisemiye neden olurken, karaciğer glikojen derişimi her iki durumda da artma göstermiştir [38].

Prochilodus lineatus (Prochilodontidae) türünde kurşunun akut fizyolojik ve morfolojik etkilerinin araştırılması amacıyla yapılan bir araştırmada, 24 mgPbL⁻¹ kurşuna maruz bırakılan balıklarda 6 ve 12 saatlik periyotta kan glukozunda önemli bir derecede (p<0.05) artış görülmüştür. Benzer şekilde 71 mgPbL⁻¹ kurşuna maruz bırakılan balıklarda da 6 ve 24 saatlik periyotta kan glukozunda önemli bir derecede (p<0,05) artış izlenmiştir [39].

Balıklarda ağır metal etkisinin strese neden olduğu ve stres koşullarında enerji gereksiminin arttığı belirlenmiştir [40]. Gereksinim duyulan enerji balıklarda başlıca enerji rezervi olan glukoz ve glikojen gibi karbonhidratların yanı sıra glikoneogenik enzimler aracılığı ile protein ve lipid gibi karbonhidrat olmayan kaynaklardan da sağlandığı belirtilmiştir [41].

7. PESTİSİT

Pestisitler balıkların kan glukoz seviyesini etkileyebilmektedir. Bir sentetik piretroit olan Fenvaleratenin subletal dozlarına (5µg/L) 1, 2, 3 ve 4 hafta süreyle maruz bırakılan Cyprinidae familyasının bir üyesi olan *Ctenopharyngodon idella* (ot sazanı) türünün kontrol grubunda; glukoz 15,1±0,7 mg olarak bulunmuştur. Yapılan araştırmada fenvaleratenin subletal dozlarına maruz bırakılan *C. idella* türünde deney süresince glukoz seviyesinde önemli derecede ($p<0,05$) artma meydana gelmiştir [42].

O. mykiss türünün hematolojik ve biyokimyasal kan parametreleri üzerine bir sentetik piretroit olan insektisit (Cypermethrin) subletal dozlarının etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, uygulanan pestisit dozlarına göre ortalama glukoz değerleri ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 10' da verilmiştir. Cypermethrinin Gökkuşuğu alabalığındaki letal doz değeri ($LC_{50}=8,2 \times 10^{-3}$ mgdL⁻¹) dikkate alınarak 3 farklı muamelede letal dozun ½'si ($4,1 \times 10^{-3}$ mgdL⁻¹), ¼'ü ($2,05 \times 10^{-3}$ mgdL⁻¹) ve 1/8'i ($1,025 \times 10^{-3}$ mgdL⁻¹) kullanılmıştır. Kandaki glukoz seviyeleri en düşük ve orta dozların verildiği gruplarda (II. ve III. grup) kontrol grubuna göre bir artış görülürken en yüksek dozun verildiği I. Grup kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Yani verilen sentetik piretroitin belli bir dozuna kadar glukoz seviyesinin arttığı görülmüş letal dozun yarısı uygulandığında ise düştüğü belirtilmiştir [13].

Tablo 10.

O. mykiss türüne uygulanan pestisit dozlarına göre ortalama glukoz değerleri ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları [13]

* Aynı harfle gösterilen mevsimler arasında istatistik olarak fark yoktur ($p>0,05$).

Gruplar	N (Adet)	Glukoz (mgdL ⁻¹)
I (4,1x10 ⁻³ mgdL ⁻¹)	9	61,625±6,004 ^a
II (2,05x10 ⁻³ mgdL ⁻¹)	8	88,444±5,661 ^{ab}
III (1,025x10 ⁻³ mgdL ⁻¹)	8	74,500±6,004 ^{ab}
Kontrol	3	72,666±9,805 ^b

Su sıcaklığı 20,8-21,5 °C, pH 7,6-7,85 arasında değişen ve 200 L lik 5 adet akvaryuma konulan *C. carpio* türünün kan plazma parametreleri üzerine diazenin etkisini araştırmak amacıyla yapılan çalışmada; kontrol grubunda glukoz miktarı 7 (6-9) mmolL⁻¹ olarak bulunmuştur. Glukoz seviyesi deneysel grupta önemli derecede ($p<0,01$) yüksek çıkmıştır. Glukozdaki bu önemli artış stresin bir etkisi olarak düşünülmüştür [43].

A. anguilla türünde diazenin subletal konsantrasyonunun etkisini araştırmak amacıyla yapılan diğer bir araştırmada 96 saati takiben kan glukozunda önemli derecede artış meydana geldiği ifade edilmiştir [44].

Bir pestisit türü olan Lindane'nin (γ -Hexaklorocycloheksan) *C. carpio* türünde kan şekerini düşürdüğü belirtilmiştir [45].

Su sıcaklığı $26,5\pm 1,0$ °C olan havuzlarda tutulan *Labeo rohita* (Cyprinidae) türünün hematolojik ve biyokimyasal kan parametreleri üzerine iki farklı dozlardaki (0,014 mg ve 0,003 mg) cypermethrin toksisitesinin etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, kontrol grubunda; 15 günlük periyot sonunda serum glukoz $76,57\pm 5,63$ mgdL⁻¹; 30 günlük periyot serum glukoz değeri $78,55\pm 2,84$ mgdL⁻¹; 45 günlük periyot serum glukoz miktarı $74,46\pm 5,21$ mgdL⁻¹ olarak bulunmuştur. 0,014 mg cypermethrine maruz bırakılan balıklarda 30 ve 45 gün sonra, 0,003 mg cypermethrine maruz bırakılan balıklarda ise 45 gün sonra serum glukoz düzeyi kontrol grubuna oranla önemli derecede ($p<0,05$) yükselmiştir [46].

1, 2, 3, 4 ve 15 gün sürelerle iki farklı dozlardaki (0,20 ppm ve 0,35 ppm) azinphosmethyl toksisitesine maruz bırakılan *C. carpio* türü üzerine yapılan bir araştırmada, her iki konsantrasyona maruz kalan balıkların kan glukoz seviyesi başlangıçta önemli derecede ($p<0,05$) artmıştır. 0,20 ppm'e maruz kalan balıkların kan glukoz seviyesi 15.ci günün sonunda kontrol grubu balıkların kan glukoz seviyesiyle benzer olduğu görülmüş fakat 0,35 ppm'e maruz bırakılan balıkların kan glukoz seviyesi 15.ci günün sonunda kontrol grubu balıkların kan glukoz seviyesinden önemli derecede ($p<0,05$) yüksek bulunmuştur [47].

8. SONUÇ

Balık türü, üreme, mevsimler ve su sıcaklığı, hastalıklar, ağır metaller, pestisitler gibi faktörlerin genel olarak balıklarda kan glukoz düzeyini etkilediği görülmüştür. Bununla birlikte kan glukoz düzeyini, cinsiyetin [8], yaşın [9], yılın [15], glukoz enjeksiyonunun [50], örnekleme metodunun [51], tuzluluğun [52], pH'ın [53], rakımın [54], beslenmenin [55] ve stresin [56-58] da etkilediği bilinmektedir. Bu çalışmayla birlikte balıklarda glukoz metabolizması ve kan glukoz değerleri üzerinde yapılacak olan çalışmalarda söz konusu faktörlerin dikkate alınması gerektiği ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

1. E. E. Keha, İ. Küfrevioğlu, *Biyokimya, Derya Kitabevi, Trabzon*, (2000) 663.
2. T. Lovell, *Nutrition and Feeding of Fish*, New York, America, (1989) 260.
3. İ. Akyurt, *Balık Besleme*, Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitapları, Hatay, 3 (2004) 226.
4. B. Hoşsu, A. Y. Korkut, A. Fırat, *Balık Besleme ve Yem Teknolojisi*, I. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir, 50(19) (2001) 295.
5. A. Girgin Başusta, *Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri*, Nobel Yayın, Ankara, 772 (2005) 498.
6. C.Y. Chen, G.A. Wooster, R.G. Getchell, P.R. Bowser, M.B. Timmons, *Aquaculture*, 218 (2002) 89.
7. A. Azizoğlu, İ. Cengizler, *Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences*, 20 (1996) 425.
8. A. Yıldırım, M. Türkmen, İ. Altuntaş, *Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences*, 23 (1999) 373.
9. S. Aydın, A. Yıldırım, O. Erdoğan, *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 24 (2000) 523.
10. A. Yıldırım, M. Türkmen, İ. Altuntaş, *Turk. J. Biol.*, 24 (2000) 49.
11. E. Ş. Çelik, H. Çakıcı, *OMU Zir. Fak. Dergisi*, 20(2) (2005) 15.
12. J. K. Jeon, P. K. Kim, Y. J. Park, H. T. Huh, *J. Korean Fish. Soc.*, 28(2) (1995) 123.
13. M. Atamanalp, *Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum*, (2000) 120.
14. E. Ş. Çelik, *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(1-2) (2005) 115.
15. L. C. Folmar, T. Moody, S. Bonomelli, J. Gibson, *Journal of Fish Biology*, 41 (1992) 999.
16. W.R. Miller, A.C. Hendricks, J.R. Cairns, *Can J Fish Aquat Sci.*, 40 (1983) 420.
17. J. B. Smith, et al., *The Progressive Fish-Culturist*, 49 (1987) 108.
18. C. Audet, G. Claireaux, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49 (1992) 870.
19. D. S. Kaminska, U. Loos, V. Maier, H. H. Didschuneit, E. F. Pfeiffer, *Horm. Metabol. Res.*, 20 (1988) 727.
20. J. R. Strange, *Transactions of The American Fisheries Society*, 109 (1980) 298.
21. A. J. Matty, *Fish Endocrinology*, Croom Helm London and Sydney, Timber Press Portland, Oregon, (1985) 267.
22. A. Şahan, İ. Cengizler, *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 26 (2002) 849.
23. İ. Cengizler, A. Şahan (Azizoğlu), *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 24 (2000) 205.
24. D. Carthy, J. Stevenson, M. Roberts, *J. Fish. Biol.*, 5 (1971) 1.
25. S. Chun, M. Oh, *Marine Science Natl. Fish. Univ. Pusan.*, 21 (1989) 205.
26. E. Rimsh, L. Adamova, *All-Union Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography*, 81(1) (1973) 150.
27. M. Kocabatmaz, G. Ekingen, *Doğa Bilim Der.*, 8(2) (1984) 149.

28. T. Aoki, Fish Diseases and Disorders. CABI Publishing, USA, (1999).
29. H. Yavuzcan Yıldız, S. Bekcan, A. C. Karasu Benli, M. Akan, Israel Journal of Veterinary Medicine, 60(3) (2005) 91.
30. L. S. Smith, Introduction to Fish Physiology, Argent Lab., New York, (1991).
31. S. Aydın, A. Çiltaş, Ö. C. Bilgin, Turk. J. Vet. Anim. Sci., 25 (2001) 643.
32. S. Aydın, Z. Erman, Third International Symposium on Aquatic Animal Health (August 30-September 2, 1998). Baltimore, Maryland, USA, (1998).
33. E. Ş. Çelik, S. Aydın, Fish Physiology and Biochemistry, 32(3) (2006) 255.
34. C. Haux, A. Larsson, Aquat. Toxicol., 5 (1984) 129.
35. K. Yamawaki, W. Hashimoto, K. Fujii, J. Koyama, Y. Ikeda, H. Ozaki, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 52(3) (1986) 459.
36. S. Karataş, C. Erdem, B. Cicik, Ekoloji, 14(55) (2005) 18.
37. A. C. Ricard, C. Daniel, P. Anderson, A. Hontela, Arch. Environmental Contam. Toxicol., 34(4) (1998) 377.
38. T. S. Gill, J.C. Pant, Toxicology Letters 18 (1983) 195.
39. C. B. R. Martinez, M. Y. Nagae, C. T. B. V. Zaia, D. A. M. Zaia, Braz. J. Biol., 64(4) (2004) 797.
40. M. M. Vijayan, C. Pereira, E. G. Grau, G. K. Iwama, Biochem. Physiol., 116c(1) (1997) 85.
41. H. M. Levesque, T. W. Moon, G. C. Campbell A. Hontela, Aquatic Toxicology 60(3-4) (2002) 257.
42. A. R. Shakoori, A. L. Mughal, M. J. Iqbal, Bull. Environ. Contam. Toxicol., 57 (1996) 487.
43. V. Lusková, M. Svoboda, J. Kolářová, Acta Vet. Brno, 71 (2002) 117.
44. J. J. Ceron, E. Sancho, M. D. Ferrando, C. Gutierrez, E. Andreu, Toxicol. Environ. Chem., 60 (1997) 201.
45. A. Demael, D. Lepot M. Cossarini, G. Monod, Ecotoxic. and environ. safety., 13 (1995) 346.
46. B. K. Das, S. C. Mukherjee, Comparative Biochemistry and Physiology Part C, 134 (2003) 109.
47. E. Oruç, N. Ünler, [Pesticide Biochemistry and Physiology](#), 62(1) (1998) 65.
48. G. Christensen, E. Hunt, J. Fiandt, Toxicol. Appl. Pharmacol., 42 (1977) 523.
49. K.V. Sastry, K. M. Subhadra, Environmental Research 36 (1985) 32.
50. H. Peres, P. Gonçalves, A. Oliva-Teles, Aquaculture, 179 (1999) 415.
51. E. Railo, M. Nikinmaa, A. Soivio, Journal of Fish Biology, 26 (1985) 725.
52. J. A. Nelson, Y. Tank, R. G. Boutilier, The Journal of Experimental Biology, 199 (1996) 1295.
53. M. P. Wilkie, H. E. Simmons, C. M. Wood, The Journal of Experimental Zoology, 274 (1996) 1.
54. H. Çakıcı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, (1999) 45.
55. R. Waagbo, A Review, Aquaculture and Fisheries Management 25 (1994) 175.

56. E. Casillas, L. S. Smith, *Journal of Fish. Biology*, 10 (1977) 481.
57. K. G. Iwama, O. B. Luis, Vijayan M.M. Afonso, *Stress in Fish*, Aquanet Workshop on Fish Welfare, Canada, (2004).
58. W. A. Wurts, *World Aquaculture* 56 (1995) 80.