



Kayseri İli, Pınarbaşı İlçesinde Doğal Olarak Yakalanan ve Yetiştiriciliği Yapılan Gökkuşaağı Alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) Genotoksisite Yönünden İncelenmesi

Korhan ARSLAN¹, Fatih DUMAN², Murat KANBUR³, Bilal AKYÜZ¹

¹ Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Genetik Anabilim Dalı, 38039, Kayseri- TÜRKİYE

² Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Hidrobiyoloji Anabilim Dalı, 38039, Kayseri-TÜRKİYE

³ Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, 38039, Kayseri-TÜRKİYE

Özet: Bahçelik barajı, Kayseri ilinde bulunan Zamantı nehri üzerine inşa edilmiştir. Bu baraj sulama, taşkın kontrolü, enerji üretimi ve içme suyu için kurulmuştur. Ayrıca burada gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üretimi de yapılmaktadır. Bu çalışmada, komet yöntemi ve mikronükleus tekniği ile Bahçelik barajının farklı istasyonlarından yakalanan gökkuşaağı alabalıklarında olası genetik hasarın araştırılması amaçlandı. Bu çalışma için, Bahçelik Barajı'nın beş ayrı noktasından, altı balık yakalandı. Balıkların kan örnekleri, her birinin kuyruk venasından heparinli tüplere alınmış olup; servikal dislokasyonun ardından balıkların karaciğer ve böbrek dokuları çıkartıldı. Komet, doku örnekleri üzerinde, mikronükleus tekniği ise kan numuneleri üzerinde gerçekleştirildi. Çalışmada, kafeste yetiştiricilik yapılan balıklarda, komet ve mikronükleus değerlerinin diğer gruplara göre anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlendi. Sonuç olarak kafes yetiştiriciliği yapılan balıklarda genetik hasarın daha belirgin olduğu, bu değişimin kafese bağlı stres ve beslenme koşulları ile ilişkili olabileceği kanaatine varıldı.

Anahtar kelimeler: Alabalık, gen, komet, micronükleus, toksisite

Genotoxicological Analysis of Naturally Captured and Cultured Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Pınarbaşı District of Kayseri

Summary: Bahçelik dam were built on the river of Zamantı which located in Kayseri province. This dam was established for irrigation, flood control, the production of energy and drinking water. Also rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) production is done in this place. In this study was aimed to investigate of possible genetic damage on rainbow trout which have been captured from different stations on Bahçelik dam with the method of comet and micronucleus technique. For this study, six fish were caught from five different points of the Bahçelik dam. Blood samples of the fish are taken into heparinised tubes from the tail vein of each; liver and kidney tissues of fish were removed after cervical dislocation. Comet was carried out on tissue samples, and the micronucleus technique was carried out on blood samples. In the study, comet and micronucleus values of conducted in fish cage aquaculture, were shown significant differences compared to the other groups. As a result, the fish which grown in cage culture may be more pronounced with genetic damage, depending on the cage stress and concluded that these changes may be associated with nutritional conditions.

Key words: Comet, rainbow trout, gene, micronucleus, toxicity

Giriş

Balık insan beslenmesinde içerdiği esansiyel yağ asitleri, aminoasitler ve yüksek kaliteli protein ile önemli bir yer tutmaktadır (12). Alabalık, tatlı su ve deniz ürünleri yetiştiriciliğinde önemli bir yere sahip olup (6) ülkemizde de göller ve büyük baraj göllerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir (5). Düşük sermayeye ihtiyaç duyulması, balık hasadı ve yemlemenin kolay yapılması söz konusu balığın yetiştiriciliğini yaygınlaştırmaktadır (11).

Kimyasal ve birtakım fiziksel stres faktörleri canlıların enzim, karbonhidrat, hormon ve protein mekanizmalarını etkileyerek fizyolojik ve biyolojik değişikliklere yol açmakta olup (9), bahsedilen değişikliklerden biri de genetik hasardır. Gelişen teknoloji, endüstriyel etkiler ve nüfus artışı ile beraber sucul ortamlarda çevre kirliliği ve genotoksik etkili kimyasallar balık üretimi için de önemli bir tehdit halini almıştır. Çevre kirleticilerinin sucul ortamlarda özellikle sedimentte, zamana bağlı olarak artan düzeylerde biriktiği bildirilmektedir (16).

Gerek yetiştiriciliğinin yaygın olması ve gerekse doğada yaygın olarak bulunan gökkuşığı alabalığının (*Onchorynchus mykiss*) sucul ortamlarda çevre kirleticilerinin etkilerini ortaya koyan önemli bir biyolojik belirteç olabileceği bildirilmektedir (11). Canlılarda oluşabilecek olası hasarın ya da hasar derecesinin belirlenmesinin çevresel belirteç olması açısından değer taşıdığı gibi, araştırılan canlının yaşadığı ortamdaki devamlılığı hakkında fikir vermesi nedeniyle önem taşımaktadır (9). Barajlar, kimyasallara maruziyette memelilere benzer sonuçlar vermesi ve düşük konsantrasyonlardaki kirleticilere ve mutajenlere diğer canlılardan daha duyarlı olmaları nedeniyle genotoksisitenin ve yaşadıkları ortamlardaki kimyasal kontaminasyonun derecesinin değerlendirilmesinde model bir sistem olarak kabul görmektedir (13).

Tek hücre jel elektroforezi (SCGE) olarak da bilinen komet yöntemi DNA hasarının ölçümü için kullanılan hızlı, basit ve hassas bir yöntemdir (3). Bu teknik klinik araştırmalardan genetik toksikoloji ve moleküler epidemiyoloji gibi toksikolojinin pek çok alanında önemli uygulama alanlarına sahiptir (7). Diğer genotoksisite testlerine oranla düşük düzeylerdeki DNA hasarının tayininde daha hassas olması, az sayıda hücrenin yeterli olması, çeşitli doku hücre tiplerinde uygulanabilmesi, çok düşük düzeydeki DNA hasarını bile ayırt edebilmesi yöntemin avantajlarından (9,18,20).

Genotoksisite çalışmalarında DNA düzeyinde oluşan hasarın tespiti için kullanılan yöntemlerden birisi mikronükleus tekniğidir. Bu teknik hayvan lenfositlerinde kimyasal karsinogenleri belirlemeye yönelik bir test olarak kullanılmaktadır (19). Mikronükleuslar (MN) hücrenin mitoz bölünmesi sırasında ortaya çıkan, esas çekirdeğe dâhil olmayan, tam kromozom veya asentrik kromozom fragmanlarından köken alan oluşumlardır. MN sayısındaki artış, çeşitli ajanların hücrelerde oluşturduğu sayısal ve yapısal kromozom düzensizliklerinin endirekt göstergesi olarak değerlendirilmektedir (14,19).

Bahçelik baraj gölü, Zamantı nehri üzerinde kurulan ve Kayseri il sınırları içerisinde bulunan, sulama, taşkın önleme, enerji ve içme suyu üretimi amaçlarıyla değerlendirilen bir göl olup, barajda ayrıyeten gökkuşığı alabalığı üretimi de yapılmaktadır. Baraj gölünün alanı 12 km², yüksekliği 65 m'dir (10).

Barajın özellikle Emeğil bölgesinde ve Örenşehir civarındaki alanlarda yoğun tarımsal üretim yapılmaktadır. Yine Potuklu istasyonu civarında ve baraj içerisinde kafeslerde üretim yapılan istasyonlara yakın bölgelerde de tarımsal üretim alanları bulunmakta, tarımsal kaynaklı kirleticiler su ortamına katılabilmektedir. Bahçelik barajının su kalitesinin ve balıklardaki

çeşitli parametrelerin incelendiği çalışmalarda, barajın mezotrofik karakterde bir göl olduğu ve barajda yoğun bir kirlilik baskısının olmadığı bildirilmektedir (4).

Bu çalışma ile Bahçelik barajının balık yetiştirilen çeşitli istasyonlarında yetiştiriciliği yapılan ve ortamdan doğal olarak yakalanan gökkuşağı alabalıklarındaki olası genetik hasar durumunun komet yöntemi ve mikronükleus tekniği ile incelenmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem

Çalışma Erciyes Üniversitesi Yerel Etik Kurulundan (EÜ HADYEK) alınan onay sonrası etik kurul yönergesine uygun bir şekilde yürütülmüş (12.03.2014, 14/044); çalışma için Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığından gerekli araştırma izni alınmıştır. Çalışmada üçü baraj gölündeki belirli noktalardan (Emeğil, Örenşehir ve Potuklu-Yukarı Karagöz), ikisi de havuz ve kafes yetiştiriciliği yapılan istasyonlardan olmak üzere beş bölgeden örneklemeler yapılmıştır. Bu kapsamda her bölgeden altışar gökkuşağı abalığı (*O. mykiss*) (ortalama 20-25 cm boyunda ve 250-300 g ağırlıkta) olmak üzere toplam 30 adet balık yakalanmıştır. Tutulan balıklar aynı ortam suyunda laboratuvara getirilmiş ve öncelikle balıkların her birinden, heparinli Vakutainer tüplere kuyruk venasından kan örnekleri alınmış; servikal dislokasyonun ardından balıkların karaciğer ve böbrek dokuları çıkartılmıştır (4).

Komet Analizi

Balıklardan elde edilen doku örneklerinin bir serisine Martinez-Tabche ve ark. (15) tarafından belirtilen yöntem modifiye edilerek komet tekniği uygulanmıştır. İlk aşamada dokular parçalama tamponu ile homojenize edilerek 15 dk 1000 g'de santrifüj edilmiş, süpernatant uzaklaştırılmış ve pellet yeniden parçalama

tamponu ile resüspanse edilmiştir. Tam kan örneği herhangi bir ön işlem yapılmaksızın kullanılmıştır. Elde edilen hücre süspansiyonu veya tam kan örnekleri 37°C'de %0.5'lik düşük erime noktalı agar (Low Melting Agaroz-LMA) ile birlikte önceden üzeri %1'lik yüksek erime noktalı agar (High Melting Agaroz-HMA) ile kaplanmış lamlar üzerine aktarılmıştır. Buz üzerinde bekletilerek katılaşması sağlanan preparatlara üçüncü tabaka olarak %0.5'lik LMA eklenmiştir. Preparatlar lizis solüsyonu (2.5 M NaCl, 100 mM Na₂EDTA, 10 mM Tris, %1 sodyum sarkosinat, %1 Triton X-100, %10 DMSO, pH:10) içerisinde en az bir saat bekletilerek hücrelerin parçalanması sağlanmıştır. Sonraki aşamada preparatlar alkali tampon (10 N NaOH ve 200 mM EDTA, pH >13) içerisinde elektroforez tankında 20 dk bekletilmiş ve takibinde 25 V, 300 mA'de 25 dk koşturulmuştur. Ardından lamlar nötralizasyon tamponu (0.4 M Tris, pH 7.5) ile muamele edilerek saf metanolde fiske edilmiş ve kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan preparatlar örnek başına 60 µl ethidium bromide boyası kullanılarak boyanmış ve floresan ataçmanlı mikroskopta Comet Assay IV programı kullanılarak baş yoğunluğu, kuyruk uzunluğu, kuyruk yoğunluğu, kuyruk momenti ve kuyruk göçü parametreleri yönünden analiz edilmiştir.

Mikronükleus Analizi

Mikronükleus tekniği Carrasco ve ark. (2) bildirdiği yöntemle göre çalışılmıştır. Parçalama tamponu ile seyreltilen kan örnekleri lam üzerine yayılarak sırasıyla metanol ve %5'lik Giemsa ile muamele edilmiştir. Kuruyan preparatlar ışık mikroskopunda görüntülenerek her bir örnek için 2000 eritrosit sayılmıştır.

Komet sonuçlarında verilerin normalliği Shapiro-Wilk's testi kullanılarak değerlendirildi. Gruplar arasındaki farklılığın belirlenmesinde tek yönlü varyans analizi ve post-hoc Tukey testi kullanıldı. Kandaki mikronükleus oluşum

sonuçlarının değerlendirilmesi ise Kruskal Wallis testi ile yapıldı. İstatistiksel değerlendirmeler 0.05 önemlilik değerinde yapıldı. İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 22.0 (IBM Corp., Armonk, New York, ABD) paket programı ile gerçekleştirildi.

Bulgular

Çalışma komet analizlerinde kafes grubu kan ve karaciğer kuyruk uzunluğu değerleri ile Kafes ve Örenşehir gruplarında böbrek kuyruk uzunluğu değerinde diğer gruplara göre yükselmenin olduğu; kafes grubu kan, karaciğer ve böbrek baş yoğunluğu değerlerinde ise diğer gruplara göre azalma; kafes grubu kan, karaciğer ve böbrek kuyruk yoğunluğu değerinde diğer gruplara göre artış, ayrıca Kafes ve Örenşehir kuyruk yoğunluğu değerinde diğer gruplara göre azalma; kafes grubu kan, karaciğer ve böbrek kuyruk momenti değerinde diğer gruplara göre yükselme; diğer gruplarla karşılaştırıldığında kafes grubu kan, karaciğer ve böbrek kuyruk göçü değerinde de yükselme olduğu gözlenmiştir (Tablo 1).

Mikronükleus değerleri incelendiğinde, en yüksek kan mikronükleus değerlerinin kafes grubunda olduğu, bunu sırasıyla Emeğil, Örenşehir, Potuklu ve havuz grubunun takip ettiği gözlenmiştir (Tablo 2).

Tartışma ve Sonuç

Çalışmada komet analizlerinde Kafes grubu kan kuyruk uzunluğu, kuyruk yoğunluğu, kuyruk momenti ve kuyruk göçü değerlerinin diğer gruplara göre yüksek seyrettiği, baş yoğunluğu değerinin ise azaldığı gözlenmiştir. Kan mikronükleus değerlerine bakıldığında da Kafes grubunda mikronükleus oluşumunun diğer gruplara göre önemli derecede fazla olduğu görülmüştür. Bu çalışmada özellikle Kafes grubu kan komet ve mikronükleus parametrelerinin diğer gruplara göre anlamlı farklılıklar göstermesi, bu gruptaki balıklarda diğer

gruplara göre daha belirgin bir genetik hasarın olduğuna işaret etmektedir. Teknolojinin gelişimi, endüstriyel etkiler ve nüfus artışı ile beraber sucul ortamlarda çevre kirliliği ve genotoksik etkili kimyasalların balık üretimi için önemli bir tehdit olduğu bildirilmektedir (16). Belirtilen etkiler sebebiyle sucul ortamlarda da kirletici olarak bulunabilen ve genotoksik etkileri olduğu bilinen pestisit, ağır metal, petrol ürünleri atıkları ve endüstriyel atıklar organizmada reaktif oksijen türevleri üretmeleri nedeniyle DNA molekülünde yapısal değişikliklere yol açabilmektedirler (8). Çevre kirleticilerinin özellikle sedimente yoğun olarak tutunması, zamana bağlı olarak sedimentte artan düzeylerde birikmesi nedeniyle sucul canlılar genotoksik etkili kimyasallara değişik oranlarda maruz kalabilmektedirler (16). Kafes grubunda bulunan balıklar, kafeste yetiştirilme nedeniyle çeşitli stres faktörlerine maruz kalmakta (4); yine kafeste yetiştirilmede balıklar dışarıdan verilen yemlerle beslenmekte, yemleme sonucu askıda kalan yemlerin zamanla dibe çökmesi nedeniyle özellikle zemindeki ortamın oksijen yoğunluğunda azalmalar görülebilmektedir. Bu çalışmada da kafes grubundaki balıklarda komet ve mikronükleus parametrelerindeki değişimlerin diğer gruplara göre daha belirgin olması, belirtilen nedenlerle birlikte bölgedeki tarımsal faaliyetler sonrası ortama yansıyan kirleticilerle (9) de ilişkili olabilir.

Kan mikronükleus sonuçları incelendiğinde en düşük mikronükleus sayılarının Havuz grubunda olduğu görülmektedir. Bu durum örnekleme yapılan havuzun su taze su kaynağına en yakın yere konumlandırılması, havuzdaki yetiştirme şartlarının daha kontrollü olması, havuzun bulunduğu alandaki kontaminasyon kaynaklarının az olması ile ilişkilendirilebilir.

Dokulardaki komet değerleri incelendiğinde kafes grubu kan ve karaciğer kuyruk uzunluk değerleri ile Kafes ve Örenşehir gruplarında böbrek kuyruk uzunluğu değerinin diğer grup-

Tablo1. Kan, karaciğer ve böbrek örneklerinde komet sonuçları (*Ort ± Std hata; n=6, p<0,05*)

	İstasyonlar	n	Kan	Karaciğer	Böbrek
Kuyruk uzunluğu	Emeğil	6	12.22±0.10 ^a	12.24±0.23 ^a	12.40±0.17 ^a
	Havuz	6	11.53±0.10 ^a	11.24±0.15 ^a	9.92±0.11 ^a
	Kafes	6	25.5±0.36 ^b	24.79±0.45 ^b	38.74±0.66 ^c
	Örenşehir	6	12.9±0.15 ^a	17.76±0.4 ^a	23.76±0.4 ^b
	Potuklu	6	11.08±0.11 ^a	10.76±0.14 ^a	11.37±0.2 ^a
P değeri			P<0.01	P<0.01	P<0.01
Baş yoğunluğu	Emeğil	6	95.49±0.36 ^b	88.56±0.65 ^b	90.58±0.56 ^c
	Havuz	6	95.69±0.26 ^b	94.95±0.41 ^b	94.47±0.35 ^c
	Kafes	6	87.18±0.65 ^a	79.76±1.03 ^a	67.33±1.33 ^a
	Örenşehir	6	93.24±0.47 ^b	88.91±0.68 ^b	80.09±0.94 ^b
	Potuklu	6	95.27±0.37 ^b	94.8±0.39 ^b	91.82±0.44 ^c
P değeri			P<0.01	P<0.01	P<0.01
Kuyruk yoğunluğu	Emeğil	6	4.51±0.36 ^a	11.44±0.65 ^a	9.42±0.56 ^{ab}
	Havuz	6	4.31±0.26 ^a	5.05±0.41 ^a	5.53±0.35 ^a
	Kafes	6	12.65±0.63 ^b	20.23±1.03 ^b	32.67±1.33 ^c
	Örenşehir	6	6.75±0.47 ^a	11.08±0.68 ^a	19.9±0.94 ^{bc}
	Potuklu	6	4.72±0.37 ^a	5.198±0.39 ^a	8.17±0.44 ^a
P değeri			P<0.01	P<0.01	P<0.01
Kuyruk moment	Emeğil	6	0.32±0.03 ^a	0.83±0.06 ^a	0.66±0.05 ^a
	Havuz	6	0.29±0.02 ^a	0.35±0.04 ^a	0.34±0.03 ^a
	Kafes	6	1.66±0.1 ^b	3.12±0.22 ^b	6.44±0.36 ^c
	Örenşehir	6	0.48±0.03 ^a	1.28±0.11 ^a	2.72±0.18 ^b
	Potuklu	6	0.32±0.03 ^a	0.34±0.034 ^a	0.55±0.03 ^a
P değeri			P<0.01	P<0.01	P<0.01
Kuyruk göçü	Emeğil	6	1.02±0.08 ^a	3.33±0.20 ^a	2.57±0.15 ^a
	Havuz	6	1.01±0.08 ^a	1.26±0.11 ^a	0.97±0.08 ^a
	Kafes	6	6.54±0.29 ^b	8.39±0.48 ^b	18.67±0.8 ^c
	Örenşehir	6	2.33±0.12 ^a	3.89±0.27 ^a	8.99±0.4 ^b
	Potuklu	6	1.19±0.1 ^a	2.03±0.11 ^a	2.73±0.15 ^a
P değeri			P<0.01	P<0.01	P<0.01

a,b,c: Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Tablo 2. Kan mikronükleus sonuçları (Median; n=6)

Group	Mikronükleus	
	Median	Minimum ve Maksimum değerleri
Emeğil	12.5 ^b	(9-15)
Havuz	3 ^a	(1-4)
Kafes	26.5 ^c	(17-43)
Örenşehir	7 ^b	(4-15)
Potuklu	6 ^{ab}	(1-9)
P değeri	P<0.05	

a,b,c: Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

lara göre yüksek seyrettiği; Kafes grubu karaciğer ve böbrek baş yoğunluğu değerlerinde ise diğer gruplara göre daha belirgin bir azalmanın olduğu; Kafes grubu karaciğer ve böbrek kuyruk yoğunluğu değerinde diğer gruplara göre önemli derecede bir azalmanın olduğu, ayrıca Kafes ve Örenşehir kuyruk yoğunluğu değerinde diğer gruplara göre azalma ile Kafes grubu karaciğer ve böbrek kuyruk momenti değerinde diğer gruplara göre yükselmenin olduğu; Kafes grubu karaciğer ve böbrek kuyruk göçü değerinin de diğer gruplarla göre yüksek seyrettiği görülmüştür. Bu bulgular da Kafes grubunda bulunan balıklardaki genetik hasarın diğer gruplara göre daha fazla olduğu sonucunu desteklemektedir.

Kan örneklerinde komet ve mikronükleusla belirlenen DNA hasarı, organizmanın genel durumunu ortaya koymasından önem taşımaktadır. Çalışmada kan örneklerinde komet ve mikronükleus değerleri ile birlikte karaciğer ve böbrek komet parametrelerindeki değişimler özellikle Kafes grubundaki balıklarda hem

sistemik hem de organ bazlı bir DNA hasarının olduğunu ortaya koymaktadır.

Organizmalarda homeostazisin sağlanması ve sonraki nesillere sağlıklı aktarımlar yapılabilmesi için DNA'nın yapısının korunması son derece önemlidir. Sucul canlıların çevresel kirlenmelere maruz kalması sonucu hücresel stresin indüklenmesi ile genotoksik etkiler ortaya çıkabilmektedir. Mutasyonel etkiler pek çok generasyonda ortaya çıkmayabilir olsa da, populasyonun gen havuzunu etkileyebilmektedirler (17). Bu nedenle balık yetiştiriciliği yapılan sucul ortamların kirlilik yönünden değerlendirilmesinde su kalitesinin yanı sıra balıklarda çeşitli biyokimyasal, hematolojik ve gen hasarı parametrelerinin rutin olarak izlenmesi önerilmektedir (1). Her ne kadar Bahçelik barajının mezotrofik karakterde bir göl olduğu ve barajda yoğun bir kirlilik baskısının olmadığı bildirilmekteyse de (4), Bahçelik barajındaki kirlenme durumu ve ortamda bulunan balıklarda gen düzeyindeki toksik etkilerin detaylı olarak

ortaya konabilmesi için farklı mevsimlerde ve aylarda, farklı bölgelerden ve daha çok balık örneği alınarak kapsamlı bir çalışma yapılması; bu çalışmalarla eş zamanlı olarak balık dokuları, su ve sediment örneklerinin de kirlenmeler yönünden incelenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

1. Andrade VM, Da Silva J, Da Silva FR, Heuser VD, Dias JF, Yoneama ML, Freitas TRO. Fish as bio indicators to assess the effects of population in two southern Brazilian rivers using the comet assay and micronucleus test. *Environ Mol Mutagen* 2004; 44(5): 459-68.
2. Carrasco, KR, Tilbury KL, Myers MS. An assessment of the piscine micronuclei test as an in situ biological indicator of chemical contaminant effects. *Can J Fish Aquat Sci* 1990; 47(11): 2123-36.
3. Collins AR, Dobson VL, Dusinská M, Kennedy G, Stetina R. The comet assay: what can it really tell us? *Mutat Res* 1997; 375(2): 183-93.
4. Çoşkun ÖF. Bahçelik baraj gölü (Kayseri) ve Zamantı ırmağında yakalanan gökkuşaağı alabalıklarından (*Oncorhynchus mykiss*) bazı kan parametrelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri-Türkiye, 2013; p. 23.
5. Çelikkale MS. Orman İçi Su Ürünleri. Birinci Baskı. Trabzon: KTÜ. Basımevi, 1991; p.15.
6. Çelikkale MS, Düzgüneş E, Okumuş G. Türkiye Su Ürünleri Sektörü ve Avrupa Birliği ile Entegrasyonu. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayını, 1999; p. 63.
7. Donnelly ET, McClure N, Lewis SE. Cryopreservation of human semen and prepared sperm: effects on motility parameters

and DNA integrity. *Fertil Steril* 2001; 76(5): 892-900.

8. Frenzilli G, Nigro M, Lyons BP. The Comet assay for the evaluation of genotoxic impact in aquatic environments. *Mutat Res* 2009; 681(1): 80-92.
9. Güner U, Muranlı FDG. Balıklarda tek hücre elektroforezi (comet assay). *Karadeniz Fen Bilim Derg* 2013; 3(9):103-14.
10. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Bahçelik Barajı, <http://www2.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=273>, Erişim tarihi: 09.11.2015
11. Hartavi Ş. Atatürk baraj gölünde mevsimsel alabalık yetiştiriciliği. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniv. Fen Bilimler Enstitüsü, Şanlıurfa-Türkiye, 1998; p.14.
12. Karataş M, Sayılı M, Koç B. Sivas ili gökkuşaağı alabalığı işletmelerinin yapısal ve ekonomik analizi. *BİBAD* 2008; 1(2): 49-55.
13. Klobučar G, Štambuk A, Pavlica M, Perić MS, Hackenberger BK, Hylland K. Genotoxicity monitoring of freshwater environments using caged carp (*Cyprinus carpio*). *Ecotoxicology* 2010; 19(1): 77-84.
14. Malins DC, Haimanot R. The etiology of cancer: Hydroxyl radical-induced DNA lesions in histologically normal livers of fish from a population with liver tumours. *Aquat Toxicol* 1991; 20(1): 122-30.
15. Martinez-Tabche L, Madrigal-Bujaidar E, Negrete T. Genotoxicity and lipoperoxidation produced by paraquat and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in the gills of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Bull Environ Contam Toxicol* 2004; 73(1): 146-52.
16. Özkan O, Gül S, Keleş O, Aksu P, Kaya TÖ, Nur G. The investigation of the mutagenic activity of Kars river sediments on *Orthrias*

angorae (Steindachner, 1897). Kafkas Univ Vet Fak 2009; 15(1): 35-40.

17. Russo C, Rocco L, Morescalchi MA, Stingo V. Assessment of environmental stress by the micronucleus test and the Comet assay on the genome of teleost populations from two natural environments. *Ecotox Environ Safe* 2004; 57(2): 168-74.

18. Tice RR, Andrews PW, Singh NP. The single cell gel assay: A sensitive technique for evaluating intracellular differences in DNA damage and repair. *Basic Life Sci* 1990; 53(1): 291-301.

19. Widela M, Koloszab Z, Jedruuc S, Lukaszczyk B, Raczek-Zwierzycka K, Vwierniakd A. Micronucleus assay in vivo provides significant prognostic information in human cervical carcinoma; The updated analysis. *International J Radiat Bio* 2001; 77(5): 631-6.

20. Yüzbaşıoğlu D, Zengin N, Ünal F. Gıda koruyucuları ve genotoksisite testleri. *Gıda* 2014; 39(3): 176-86.

Yazışma Adresi

Yrd. Doç. Dr. Korhan ARSLAN
Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi,
Genetik Anabilim Dalı, Kayseri
Tel: (0352) 207 66 66-29751
E-posta: korhanarslan@erciyes.edu.tr