T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ILGIN (ÇAVUŞÇU) GÖLÜ'NDEKİ ENDEMİK AKŞEHİR TATLISU KEFALİ, *SQUALIUS RECURVIROSTRIS* (PISCES, CYPRINIDAE)' İN SİTOGENETİK ANALİZİ

Ahmed Sadeq Jaber DOORI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyoloji Anabilim Dalı

Temmuz-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ILGIN (ÇAVUŞÇU) GÖLÜ'NDEKİ ENDEMİK AKŞEHİR TATLISU KEFALİ, *SQUALIUS RECURVIROSTRIS* (PISCES, CYPRINIDAE)' İN SİTOGENETİK ANALİZİ

Ahmed Sadeq Jaber DOORI

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Atilla ARSLAN

2019, 59 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Atilla ARSLAN
Prof. Dr. Leyla KALYONCU
Prof. Dr. Musa DİKMENLİ

Bu çalışmada, Ilgın (Çavuşçu) Gölü ve havzasındaki akarsularda dağılış gösteren lokal endemik tür Akşehir tatlısu kefali, *Squalius recurvirostris*'in standart giemsa boyama, gümüş nitrat (Ag-NOR) boyama ve C-bantlama tekniği uygulanarak, ayrıntılı sitogenetik özellikleri araştırılmıştır. Diploid kromozom sayısı 50 ve karyotipinin 6 çift metasentrik, 9 çift submetasentrik, 5 çift subtelosentrik ve 4 çift akrosentrik kromozom setinden oluştuğu tespit edilmiştir. Dişi bireylerde karyotip içerisinde bir çift heteromorf kromozom tespit edilmiştir. Bu farklılık erkek bireylerde gözlemlenmemiştir. Bu nedenle dişi bireylerdeki heteromorf kromozom çiftinin ZZ/ZW sistemi ile ifade edilen cinsiyet kromozomu olduğu belirlenmiştir. Dişi bireylerdeki Z kromozomu büyük akrosentrik ve W kromozomu ise orta büyüklükte submeta/subtelosentriktir. Dişi bireylerde temel kromozom kol sayısı değeri NF=90 ve otozomal kromozom kol sayısı değeri NFa=88 olarak hesaplanmıştır. Kromozom seti içerisinde, bazı iki kollu ve akrosentrik kromozomların sentromer bölgesinde C-bantlar gözlemlenmiştir. Bazı kromozomlarda ise hafif sentromerik veya perisentromerik C-bantlar gözlemlenirken diğer kromozom çiftlerinin C-negatif olduğu tespit edilmiştir. Çalışılan popülasyonlarda iki farklı aktif NOR tespit edilmiştir. NOR'lardan birisi iki kollu kromozom çiftinin uzun kolunun tamamında ve diğeri iki kollu kromozom çiftinin kısa kolunun tamamında tespit edilmiştir. Tespit edilen aktif Ag-NOR'lar heteromorftur.

Anahtar Kelimeler: Akşehir Tatlısu Kefali, Kromozom, Karyotip, Türkiye

ABSTRACT

MS THESIS

CYTOGENETIC ANALYSIS OF ENDEMIC AKŞEHİR CHUB, *SQUALIUS RECURVIROSTRIS* (PISCES, CYPRINIDAE) IN ILGIN (ÇAVUŞCU) LAKE

Ahmed Sadeq Jaber DOORI

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN BIOLOGY

Advisor: Prof. Dr. Atilla ARSLAN

2019, 59 Pages

Jury
Prof. Dr. Atilla ARSLAN
Prof. Dr. Leyla KALYONCU
Prof. Dr. Musa DİKMENLİ

In this study, Ilgın (Çavuşçu) Lake and showing distribution in the basin, local endemic species Akşehir freshwater chub detailed cytogenetic properties of *Squalius recurvirostris* were investigated by standard giemsa staining, silver nitrate (Ag-NOR) staining and C-banding technique. The number of diploid chromosomes was determined 50 and the karyotype consisted of 6 pairs of metacentric, 9 pairs of submetacentric, 5 pairs of subtelocentric and 4 pairs of acrocentric chromosomes. A pair of heteromorphic chromosomes within the karyotype were detected in female subjects. This difference was not observed in male individuals. Therefore, the heteromorphic chromosome pair in female individuals was determined to be the sex chromosome expressed by the ZZ/ZW system. The female Z chromosome is large acrocentric and the W chromosome is medium-sized submeta/subtelocentric. In female subjects, the basic chromosome number of arms was NF = 90 and the autosomal chromosome number of arms was calculated as NFa = 88. Within the chromosome set C-bands were observed in the centromere region of some bi-armed and acrocentric chromosomes. In some chromosomes, mild centromeric or pericentromeric C-bands were observed, while other chromosome pairs were found to be C-negative. Two different active NORs were detected in the studied populations. One of the NORs, was detected on the entire long arm of one of the homologues of the bi-armed chromosome pair and the other on the short arm of one of the homologues of the bi-armed chromosome pair. The active Ag-NORs detected are heteromorphic.

Keywords: Akşehir Chub, Chromosome, Karyotype, Turkey

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim esnasında, laboratuvar çalışmalarında, tez yazımında desteğini ve her türlü yardımını esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Atilla ARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca öğrenim hayatımda beni sürekli destekleyen, maddi ve manevi hiçbir fedakârlıktan kaçınmayıp benim bugünlere ulaşmamda çok büyük emekleri olan değerli aileme de teşekkür ederim.

Tez çalışmamda ve arazide örnekleme çalışmalarımda balıkların temininde bana yardımcı olan başta Zafer ALPASLAN olmak üzere Yaşar ALPASLAN, Mustafa ADIGÜZEL ve Sinan ALTUN'a teşekkürlerimi iletirim. Ayrıca, yüksek lisans sürecinde daima yanımda olan çocukluk ve ev arkadaşım Osman Bedri ve Mehmed İzzo'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmamı, maddi ve manevi yönden destekleyen S. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Ahmed Sadeq Jaber DOORI
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

2.1. Kromozom 4
2.1.1. Kromozomun genel yapısı 5
2.1.2. Kromozomun ince yapısı 6
2.1.3. Kromozomların şekli 9
2.1.4. Kromozomların sayısı 10
2.1.5. Kromozomların büyüklüğü 12
2.2. Karyotip 13
2.3. Kromozom Boyama ve Bantlama Yöntemleri 14
2.3.1. Standart giemsa boyama 15
2.3.2. C-bantlama tekniği 15
2.3.3. Ag-NOR boyama 16
2.4. Çalışma Konusu Familya, Cins ve Tür Hakkında Genel Bilgiler 17
2.5. Cyprinidae Familyasına Ait Türlerin Karyotip Çalışmaları 20

3. MATERYAL VE METOT **26**

3.1. Materyal 26
3.2. Metot 28
3.2.1. Standart giemsa boyama 28
3.2.2. C-bantlama 28
3.2.3. Ag-NOR boyama 29

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **31**

4.1. Standart Giemsa Boyama 31
4.2. C-bantlama 35
4.3. Ag-NOR Boyama 37

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **44**

5.1. Sonuçlar 44
5.2. Öneriler 44

KAYNAKLAR **45**

ÖZGEÇMİŞ.....59

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a	: Akrosentrik
$AgNO_3$	: Gümüş nitrat
$Ba(OH)_2$	: Baryum hidroksit
H_2O	: Su
HCl	: Hidroklorik asit
HPO_4	: Hidrofosfat
KCl	: Potasyum klorür
KH_2HPO_4	: Potasyum dihidrojen fosfat
m	: Metasentrik
Na_2HPO_4	: Disodyum fosfat
NF	: Kromozom kol sayısı
NH_3	: Amonyak
pH	: Çözeltinin bazik ya da asitlik derecesini tarif eden ölçü birimi
sm	: Submetasentrik
st	: Subtelosentrik
t	: Telosentrik
°C	: Santigrat derece
n	: Haploid kromozom sayısı
2n	: Diploid kromozom sayısı
%	: Yüzde
N	: Mol sayısı

Kısaltmalar

A	: Adenin bazı
T	: Timin bazı
g	: Gram
m	: Metre
km	: Kilometre
ml	: Mililitre
DNA	: Deoksiribonükleik asit
RNA	: Ribonükleik asit
mtDNA	: Mitokondriyal DNA
nm	: Nanometre
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
rRNA	: Ribozomal RNA
µm	: Mikrometre
bp	: Baz çifti

1. GİRİŞ

Anadolu, geçmişteki jeolojik değişikliklerin ve klimatolojik özelliklerin yanısıra Asya ve Avrupa kıtaları arasında yer almasından ötürü farklı kökenli canlıların geçiş noktası konumundadır (Demirsoy, 2002). Tatlı su balıkları açısından bakıldığında, tür çeşitliliğindeki en büyük etken Anadolu'nun Miyosen'e kadar su altında kalması gösterilebilir. Anadolu'nun Miyosenin başlarından itibaren yükselmeye başlaması ile birlikte, boğazlar sistemi ve dağ sıraları gibi yalıtımların oluşması söz konusu çeşitlilikte önemli rol oynamıştır (Demirsoy, 2002). Miyosen'den itibaren oluşmaya başlayan Anadolu tatlısu balık faunası ile ilgili olarak ilk çalışma, 1835 yılında Abbot tarafından yapılmış ve birçok yerli ve yabancı araştırıcı tarafından günümüze kadar sürdürülmüştür (Bayçelebi ve ark., 2015). Türkiye tatlı su balıkları hakkında bir çok çalışma mevcut olmasına rağmen, bu çalışmaların çoğunluğunu, fauna tespiti ve ticari değeri yüksek olan türlerin biyolojik özelliklerinin belirlenmesi hakkındaki çalışmalar oluşturmaktadır (İlhan ve ark., 2014).

Türkiye, tür sayısı ve çeşitliliği göz önünde bulundurulduğunda tek başına bir kıta özelliği göstermektedir. Tatlı su balık faunası ve endemik tür bakımından oldukça zengin olmasına karşın türler arası ve tür içi benzerlikler konusunda çeşitli sorunlar yaşanmaktadır (Korkmaz, 2014).

Mevcut balık türlerinin sayısı kesin olarak belirlenmemiştir. Bununla birlikte, Linneaus, 1758 yılında 478 türü tanımlamasından bu yana küresel olarak tahminler mevcuttur. Berra (2001), mevcut türlerin tamamının tanımlanması halinde 31.500 balık türünün olduğunu ifade etmiştir. Nelson ve ark. (2006) ise yaşayan omurgalı türlerinin % 51'inin (yaklaşık 55.000) tatlı su ve tuzlu su balıklarının oluşturduğunu belirtmiştir. Tatlı su balığı türlerinin dünyanın sadece % 1'ini kapsayan göl ve nehirlerde, tuzlu sularda yaşayan türlerin ise dünyanın % 70'ini kaplayan deniz ve okyanuslarda yaşadığı bilinmektedir. Sonuç olarak günümüzde, tür ve alt tür olmak üzere yaşayan balık türü sayısının yaklaşık 33.000 civarında olduğu tahmin edilmektedir (Nelson ve ark., 2006; Froese ve Pauly, 2015).

Kalıtım üniteleri olarak bilinen genler, hücre çekirdeğindeki kromozomlar içerisinde yer alır. Kromozomlar, genetik bilginin nesilden nesile aktarılmasında temel taşıyıcı rolü üstlenmektedir. Sitogenetik olarak adlandırılan bilim dalı, kromozomların yapılarını, sayısal ve yapısal değişmelerini ve bu değişmelerin nesilden nesile nasıl aktarıldığını inceler (Emiroğlu ve Bürün, 2017). Bu yüzden taksonomik sınıflandırmada

ve organizmalar arasındaki evrimsel ilişkilerin anlaşılmasında ve araştırılmasında kromozomlar önemli bir rol oynamaktadır (Geng ve ark., 2013).

İnsan ve primatlar arasındaki evrimsel ilişkinin anlaşılmasında, tıbbi genetik ve gen haritalama çalışmalarını araştırmak için kromozom bantlama teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. Buna karşılık, bitkiler ve diğer omurgalı hayvanlar üzerinde yapılan kromozom bantlama çalışmalarında sınırlı bir başarı elde edilmiştir (Greilhuber, 1977; Schempp ve Schmid, 1981; Hartley ve Horne, 1985).

Kromozomal çalışmalar, sistematik ve filogenetik çalışmalara önemli katkılar sağladığından dolayı kromozomal çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Reddy ve John, 1986). Sitogenetik analizler sayesinde balıkların genetiği ve evrimsel süreçleri hakkında önemli bilgiler elde edilmektedir (Esmaeili ve ark., 2010). Çünkü kromozom sayısı ve morfolojisindeki farklılıklar ve benzerlikler ile türler arasındaki akrabalık derecesi tayin edilmektedir (Cataudella ve ark., 1977).

Sistematik, filogenetik, yapay hibritleşme ve balık üretimi gibi farklı alanlardaki çalışmaların düzenli olarak yürütülebilmesi için balık genetiğinin iyi bilinmesi ve balık kromozomlarının uygun bir metotla elde edilmesi gerekmektedir. Balık sitogenetiğindeki çalışmalar sayesinde, su kirliliği belirlenmekte ve biyolojik gösterge olarak kullanılmaktadır (Karahan ve Ergene, 2010). Bu sebeple balıklardaki karyolojik çalışmalara ihtiyaç duyulmuştur (Al-Sabti ve ark., 1983; Kligerman, 1991; Turan ve ark., 2005).

Memeli sitogenetiğindeki başarılı sonuçlar, balık sitogenetiği çalışmalarının artmasına ve gelişmesine yardımcı olmuştur. 1960'dan beri balık sitogenetiğinde yeni metotların geliştirilmesine çalışılmıştır (Turan ve ark., 2005). Fakat balıklar üzerinde uygulanan karyolojik metotların yetersizliği ve özellikle de bantlama çalışmalarındaki eksiklikler, memeli kromozomlarına oranla çok küçük ve sayıca fazla olması gibi temel sebeplerden dolayı istenilen başarı elde edilememiştir (Bolla, 1987; Gold ve ark., 1990; Padilla ve ark., 1993; Gül ve ark., 2004).

Kromozomal analiz, balık populasyonlarının genetik olarak ayrışması ve kültür balıkçılığı yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği için önemli bir kaynaktır (Nur ve ark., 2008; Felip ve ark., 2009). Balık kromozomları üzerinde yapılan çalışmaların hibritleme (melezleme), taksonomik sınıflandırma ve evrim süreçlerinin araştırılmasına katkı sağladığı da aşikardır (Gül ve ark., 2003).

Karyotip, ökaryotik hücredeki metafaz kromozom çiftlerinin belirli bir düzende (sayı, şekil, büyüklük, sentomer pozisyonu vs.) sıralanmasıdır. Karyotip, bir türün

kromozom sayısı, cinsiyet kromozomlarının tespiti ve kromozom anormallikleri hakkında bilgi verir (Saygun, 2005).

1990'lı yıllara kadar birçok tür ve alt türün karyotipi yapılmış ve bu tarihten itibaren karyoloji çalışmaları hız kazanmıştır. 1970'lerde 481 tür/alttür'ün; 1990'larda yaklaşık 1.318 tür/alttür'ün karyotipi çıkarılmıştır. Şimdiye kadar da 3.425 tür/alttür'ün kromozom sayısı tespit edilmiştir (Klinkhardt ve ark., 1995; Arai, 2011).

Akşehir Tatlısu Kefali olarak adlandırılan *Squalius recurvirostris*, Akarçay Havzası, Eber, Akşehir ve Ilgın Gölü havzasında dağılış gösteren yerel endemik bir türdür (Özuluğ ve Freyhof, 2011). Ilgın gölü ve havzasında yapılan bu çalışmada, *Squalius recurvirostris*'in standart giemsa boyama, C-bantlama ve Ag-NOR bantlama teknikleri ile sitogenetiğinin araştırılması amaçlanmıştır. İlk kez bu çalışma ile elde edilen veriler diğer türlerle karşılaştırılmıştır.

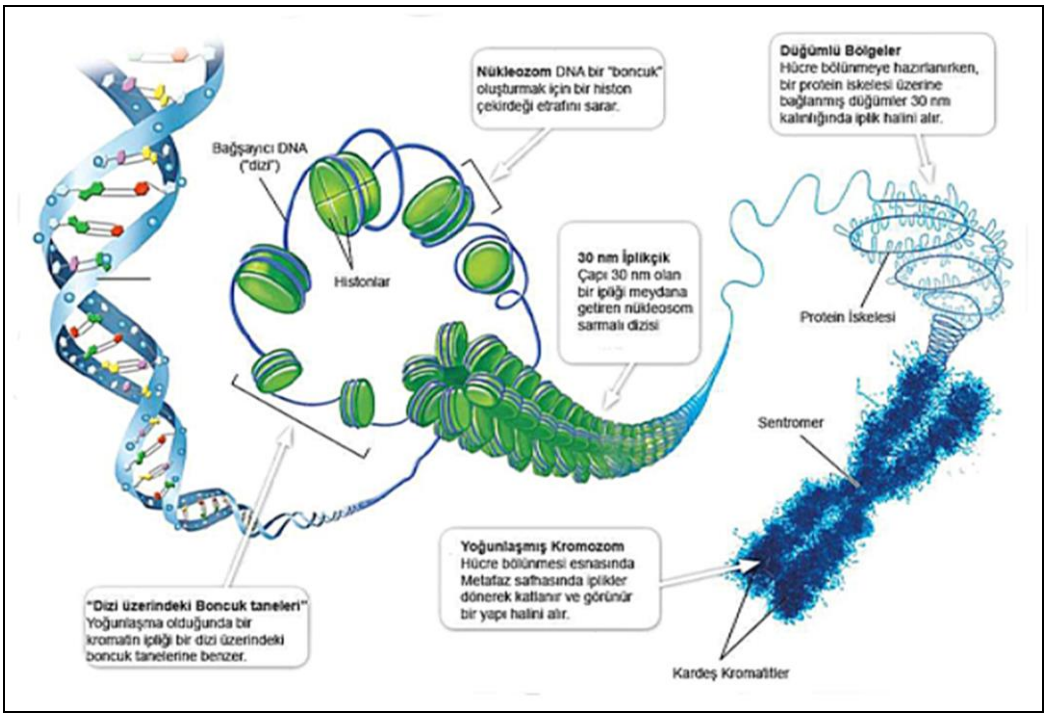
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kromozom

Kromozom terimi, Yunanca'da chroma; renk ve soma: vücut kelimelerinden türemiştir (Karol ve ark., 2000). Botanikçi Hofmeister, 1840 yılında ilk defa görürken, 1888 yılında Waldeyer boyayla kuvvetli bir şekilde boyanan bu yapılar için "kromozom" terimini kullanmıştır (Temizkan, 1994).

Bölünmekte olan ökaryotik hücre çekirdeğindeki interfaz evresinde kromatin iplikler halinde bulunan ve bu ipliklerin kısalıp kalınlaşmasıyla görünür vaziyete geçen yapı kromozom olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.1). Kromozom, her canlı için belirli şekil, sayı ve yapıda olan, karakterlerin oluşumunda rol oynayan ve genlerin nesilden nesile aktarılmasını sağlayan, özel boyalarla boyanan, nükleik asit ve proteinden meydana gelmiş kompleks bir yapıdır (Temizkan, 1994; Bilgin, 2004; Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).

Kromozom yapı olarak nükleik asit olarak adlandırılan DNA ve bazik yapıya sahip histon proteinleri ve asidik yapıya sahip histon olmayan proteinlerden oluşmaktadır. Bahsedilen bu maddeler bir araya gelerek interfaz evresindeki kromatin yapıyı oluşturur (Karol ve ark., 2000; Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).



Şekil 2.1. Kromozomun yapısı ve kromatin iplik (Anonymus, 2018)

2.1.1. Kromozomun genel yapısı

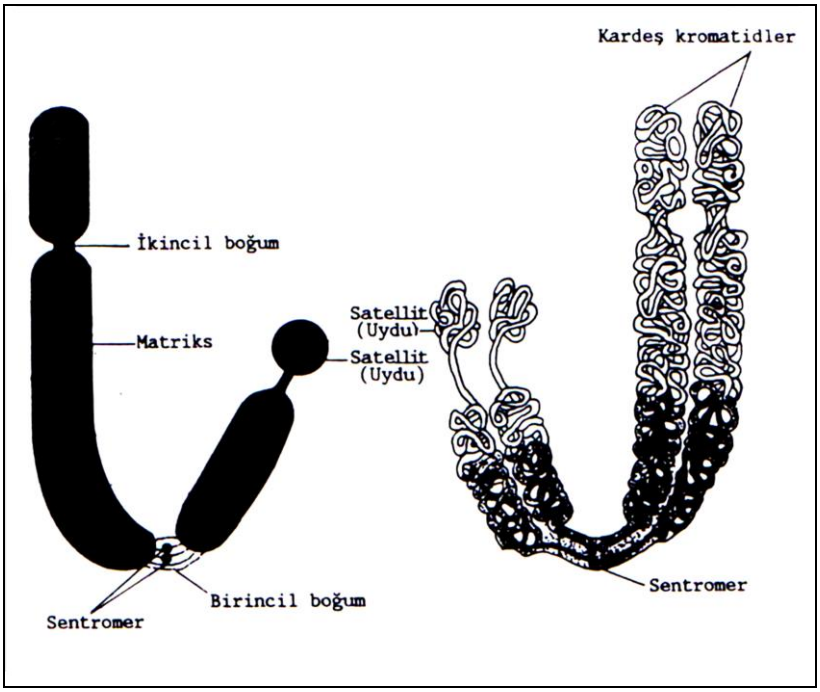
Bir kromozomonun morfolojisini; sentromer, matriks, birincil boğum, ikincil boğum, satellit ve telomer olarak adlandırılan kısımlar oluşturmaktadır.

Sentromer: Kromozom kollarının birbirine bağlandığı bölge "sentromer" olarak adlandırılır. Sentromer, hücre bölünmesi esnasında kromatitlerin birbirinden ayrılmasından sorumludur. Sentromeri olmayan kromozom hücre bölünmesine katılamaz (Akman, 1998)

Matriks: İzole hücrelerde yapılan biyokimyasal çalışmalarda, metafaz kromatitlerinin iç kısmında orta eksenleri boyunca, esnek ve helezon yapabilen bir yapının oluştuğu ortaya konmuştur. Bu yapı kromozom matriksi olarak ifade edilmektedir (Emiroğlu ve Bürün, 2017).

Birincil boğum: Kromozomlardaki sentromerin bulunduğu daralma bölgeleridir. Kromozom kollarının açı yapması ile ikincil boğumdan ayrılır (Demirsoy, 1991; Akman, 1998).

İkincil boğum: Birincil kromozom dışında, sentromer dışında bir boğum daha bulunur. Bu boğum "ikincil boğum"olarak bilinmektedir. Nüklolusun (çekirdekçik) oluştuğu bölgelerde ikincil boğum tespit edildiği için nükleoulus organize edici bölge (NOR) olarak belirtilir (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010; Emiroğlu ve Bürün, 2017).



Şekil 2.2. Kromozomun genel yapısı (Kühn, 1967)

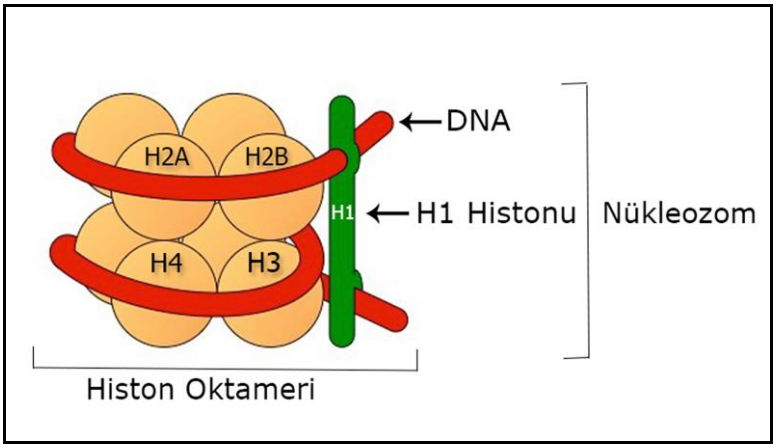
Satellit: İkincil boğum ile kromozom ucu arasında kalan parçadır. Kromozom çapına eşit veya küçük olabilir. Her kromozomda bulunmamakla birlikte satellit bulunduran kromozomlara "SAT-kromozom" adı verilmektedir (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).

Telomer: Kromozomların, DNA ve protein içeren uç noktalarıdır. Hücrelerin yaşlanması, Mayoz I safhasında homolog kromozomların ayrılması ve crossing-over olayı gibi çeşitli faktörlerde rol oynamaktadır (Güneri ve ark., 2009).

2.1.2. Kromozomun ince yapısı

DNA makromolekülünün proteinler ile oluşturduğu özel yapı kromatin olarak adlandırılır. İnterfaz safhasındaki kromozomların esas komponenti kromatindir ve elektron mikroskobu ile gözlenebilmektedir. Hücre bölünmesinin metafaz safhasında kromatitler kısalıp kalınlaşarak kromozomların en belirgin halini oluşturur (Demirsoy, 1995). Kromatin, Zubay ve Doty (1959) tarafından yarı saf formdaki dananın timüs dokusundan izole edilerek saflaştırılmış ve sonraki aşamalarda geliştirilmiştir. Fare ciğerinden izole edilmiş kromatinin yapısında histon proteinlerinin DNA'ya oranı 1:1 iken, histon olmayan proteinlerin DNA'ya oranı 0.61 olarak bilinmektedir. RNA miktarı daha az olup RNA/DNA oranı 0.1:1'dir (Bonner, 1979).

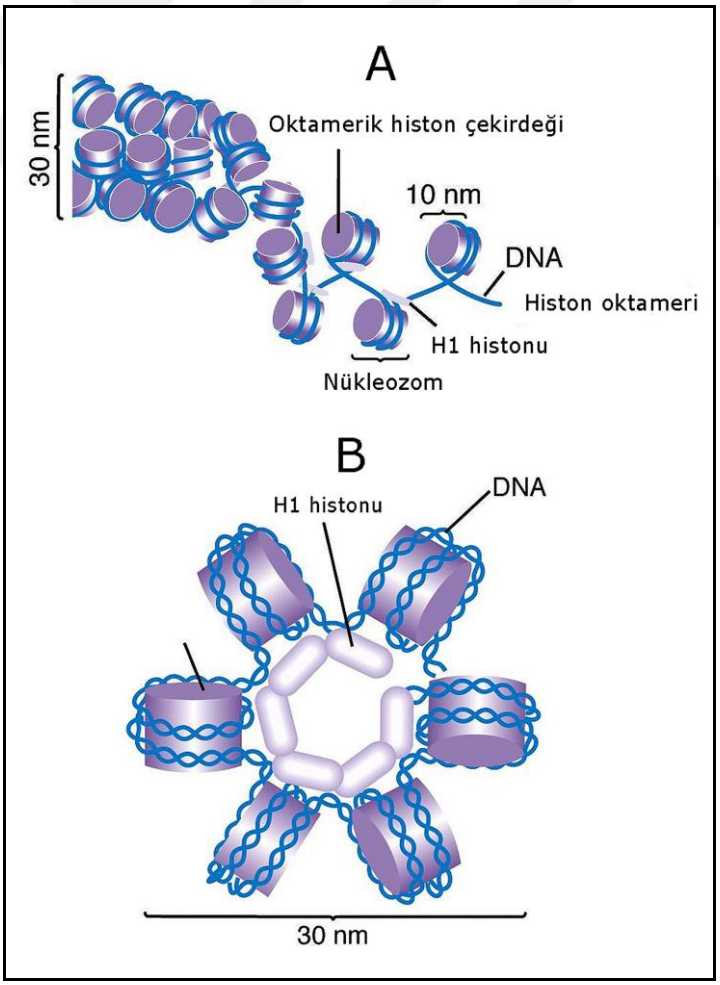
Olins ve Olins (1974), kromatinin boncuk şeklindeki alt ünitelerinin 100 Å çapında olduklarını ve bu alt üniteler arasında yaklaşık 40 baz çifti (40 bp) uzunlukta DNA olduğunu saptamışlardır. Aynı yıl içerisinde Garrard ve ark. (1974) kromatinin yapısını aydınlatan önemli bir keşifte bulunmuş, H2A, H2B, H3 ve H4 histon proteinlerinin yaklaşık 1:1:1:1 oranında olduklarını ve bu histonların her birinden ikişer tane olduklarını açıklamışlardır (Bonner, 1979).



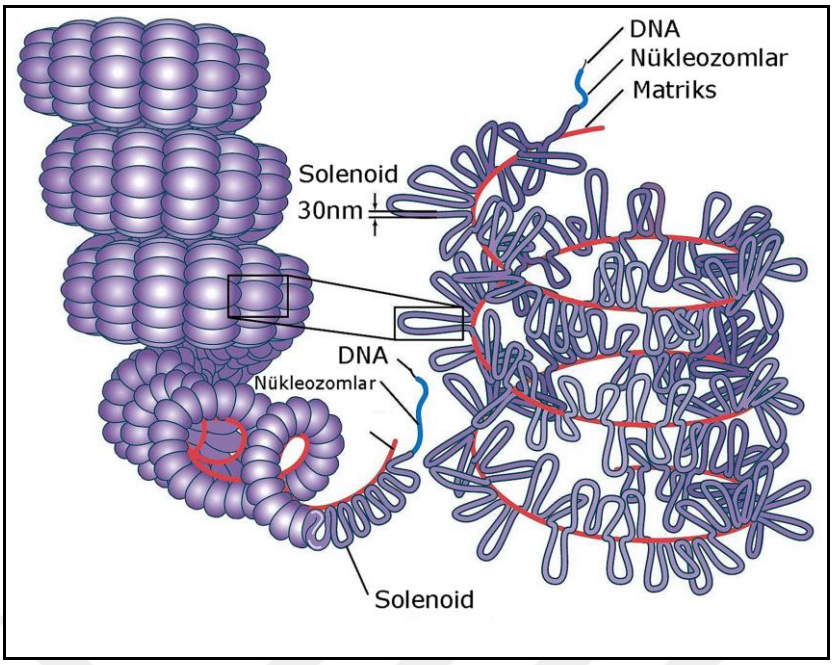
Şekil 2.3. Histon oktameri ve nükleozom oluşumu (Anonymus, 2019)

Histonlar, arjinin ve lizin gibi bazik aminoasitlerce zengin olduğundan dolayı asidik DNA'ya sıkıca bağlanabilmektedirler. Kromozomların yapısında beş farklı tipte histon proteini vardır. Bunlar: H1, H2A, H2B, H3 ve H4'tür. DNA ve bazik yapıdaki bu proteinler kompleks bir yapı oluşturarak ökaryotik hücrenin alt ünitesi olan nükleozomu oluştururlar (Karol ve ark., 2000).

Kromatini oluşturan nükleozom, iki alt birimden oluşmaktadır. İlk kısım nükleozom çekirdeği olarak adlandırılan kompleks bir yapıya sahiptir. Şekil 2.3'de şematik olarak gösterildiği gibi ortada dört histon proteininin ikişer tanesinden oluşan histon oktameri yer alır. Bunların etrafında ise 146 bp uzunluğundaki DNA, helezon şeklinde 1.7 tur atar. İkinci bölgede çeşitli varyasyonlar gösteren H1 histonu yer alır. Bu histon, DNA molekülünün nükleozom çekirdeğiyle birleştiği ve tur sonrası ayrıldığı kısımlar arasına tekrar yerleştiği ve diğer proteinlerle birlikte kromatinin daha kondanse duruma geçtiği saptanmıştır (Emiroğlu ve Bürün, 2017).

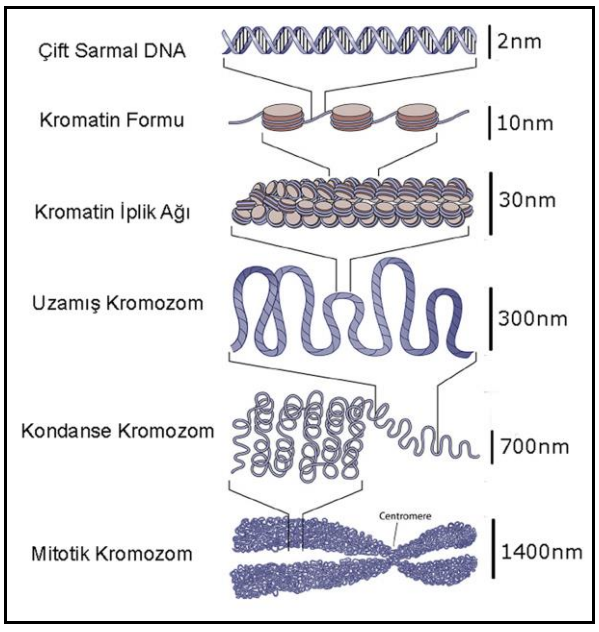


Şekil 2.4. DNA molekülünün histon oktamerini çevreleyerek paketlenmesi (A) ve altı nükleozomun H1 histonları ile birlite solenoid olarak toplanması (B) (Anonymus, 2019a)



Şekil 2.5. Solenoidlerin skaffolda (matrik) bağlanarak dönmesi (Anonymus, 2019a)

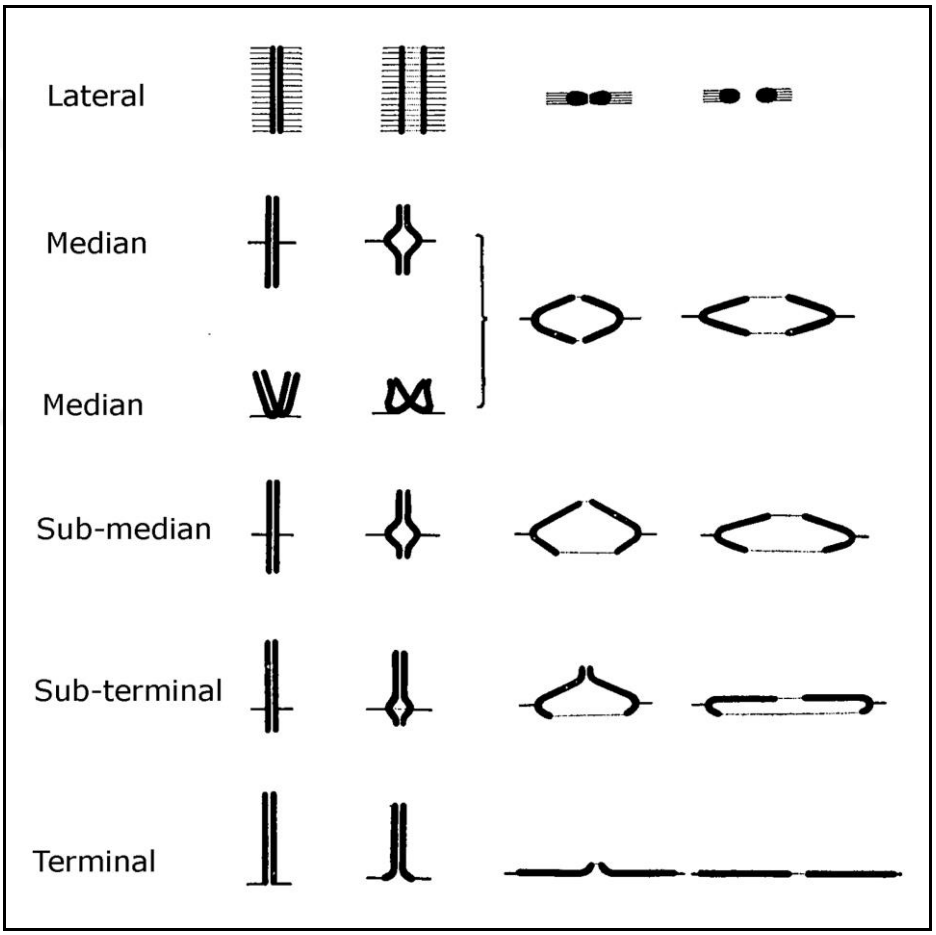
Nükleozom oluşumundan sonra DNA'nın boyu yaklaşık olarak 10 kat kısalırken, kalınlığı da 5 kat artış göstermektedir. Yaklaşık 6 ile 120 kromozomun bir araya gelmesiyle yeni katlanmalar oluşur ve kromatin boyu daha da kısalarak fibrin çapı 20 nm'ye ulaşır. Hücre bölünmesinin metafaz safhasına kadar bu kısalıp kalınlaşma sürekli devam eder. Sonuçta, DNA'nın boyu başlangıçtaki boyuna oranla 9.000 kat daha kısalmış ve başlangıçtaki kalınlığının 400 ile 1000 katı kadar artmıştır (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010)



Şekil 2.6. Kromatin yapısı ve kondenzasyonu (Anonymus, 2019a)

2.1.3. Kromozomların şekli

Kromozomların morfolojik olarak ayırt edilmesinde, büyüklükleri, primer boğumların yani sentromerin pozisyonu ve ikincil boğumun varlığı gibi kriterler önemlidir (Temizkan, 1994; Demirsoy, 1995). Kromozomal çalışmaların başlamasıyla, kromozomların mitoz bölünmenin safhalarında kutuplara çekildiği ve sentromer bölgelerinin farklı olduğu anlaşılmıştır. Artan sitogenetik araştırmalar sonucunda, araştırmacılar arasındaki karışıklığı önlemek amacıyla Levan ve ark. (1964), kromozomların sentromer yerlerini belirtmede kullanılmak üzere ortak bir nomenklatür yayınlamışlardır.



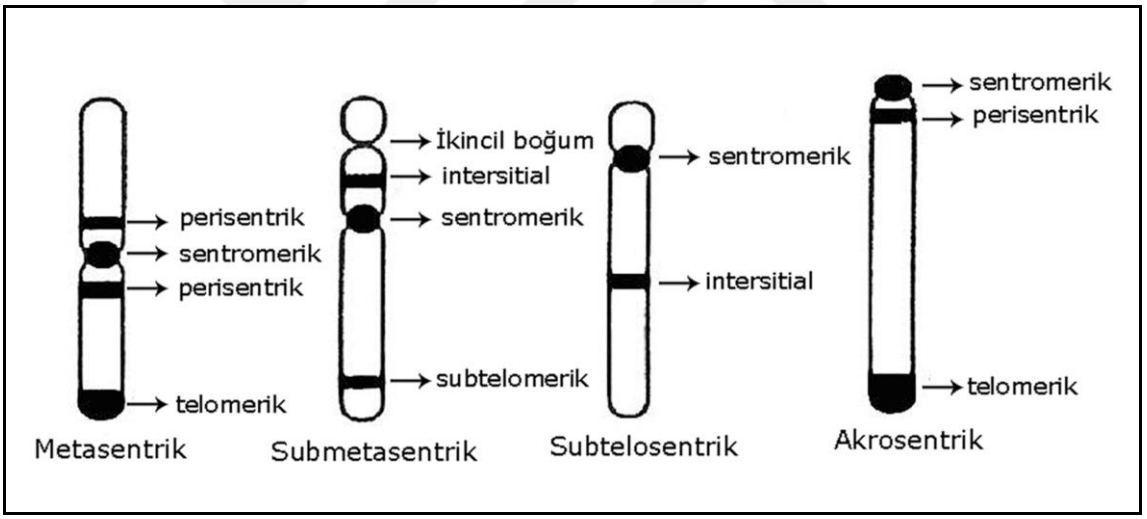
Şekil 2.7. Kromozomların somatik mitozda iğ ipliklerine bağlanma tipleri (Levan ve ark., 1964)

Levan ve ark. (1964), daha önceden kullanılan median (medyan), submedian (submedyan), subterminal ve terminal terimlerini tercih etmekle birlikte median terimini sadece kromozomun orta yerinde bulunduğu için değil aynı zamanda ortaya yakın sentromerler için de önermişlerdir. Bu nedenle tam medyan içi "M", medyan bölgede olan için "m" ile sembolize etmişlerdir (Şekil 2.7).

Çizelge 2.1. Sentromer pozisyonuna göre kromozom tipleri (Levan ve ark., 1964)

Sentromer Yeri	Kol oranı (q/p)	Kromozom Tipi
Tam medyan	1.0	Metasentrik (M/m)
Medyan bölgede	1.0 - 1.7	
Submedyan	1.7 - 3.0	Submetasentrik (sm)
Subterminal	3.0 - 7.0	Subtelosentrik (st)
Terminal bölgede	7.0 - ∞	Akrosentrik (a)
Tam terminal	∞	Telosentrik (t)

Sentromer pozisyonlarına göre kromozomlar metasentrik, submetasentrik, akrosentrik ve telosentrik olarak gruplandırılmaktadır (Gülkaç, 1987). **Metasentrik** kromozomda, sentromer kromozomun ortasında ya da ortasına yakın konumdadır. Kollar birbirine eşittir. **Submetasentrik** kromozomda, sentromer kromozomun tam ortasında değildir. Kısa ve uzun kol olarak adlandırılan uzunlukları eşit olmayan iki kol bulunur. **Akrosentrik** kromozomda**,** sentromer bir uca daha yakındır. **Telosentrik** kromozomda ise sentromer tam uç pozisyondadır.



Şekil 2.8. Kromozom morfolojisi ve bantların pozisyonu için kullanılan yaygın terminoloji (Hillis ve ark., 1996)

2.1.4. Kromozomların sayısı

Kromozom sayısı ve şekli, her canlı türüne özgüdür ve değişiklik göstermektedir. Bu şekil, sayı ve yapılar arasındaki farklılıklardan yola çıkarak türlerin sınıflandırılması yapılmaktadır (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).

Bir organizmada hücreden hücreye hatta alt türler içerisindeki bireyden bireye kromozom sayısı sabit olarak kalmaktadır. Gelişmiş yapılı canlıların soma (vücut) hücrelerindeki kromozom sayısı diploid (2n) iken mayoz bölünme sonucu oluşan sperm

ve ovumun kromozom sayısı haploid (n) olarak adlandırılır. Diploidlerde daima birer çift bulunur ve biçimleri aynı olanlara "otozom" kromozom; biçimleri aynı veya farklı olanlara da "gonozom" (eşey kromozomları) adı verilir. Otozomal kromozomlar sayı ile ifade edilirken cinsiyet kromozomları olan gonozomlar "X" ve "Y" gibi harfler ile gösterilirler (Denton, 1973).

Bir türün kromozom sayısı genelde farklılık göstermez. Fakat yapılan bazı araştırmalarda bir türe ait bireyler arasında farklı kromozom sayılarına rastlanılmıştır. Bu farklılık preparatların hazırlanışından, incelemenin yetersiz oluşundan ya da kromozom morfolojisindeki değişikliklerden kaynaklanabilir. Bu durumda kromozomların diğer özelliklerine başvurulabilir (Karsavuran, 1981).

Bitkilerde ve hayvanlarda kromozom sayısının çok değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. Kromozom sayısı ve DNA miktarı ile canlının gelişmişlik düzeyi arasında bir ilişki bulunmamaktadır.

Hayvanlar alemindeki en düşük kromozom sayısına, Avustralya karınca türü olan *Myrmecia pilosula*'nın erkeklerinde rastlanılmıştır. Kromozom sayısı 2n=2 ve somatik hücrelerinde sadece bir kromozom bulunmaktadır (Crosland ve Crozier, 1986). Bir nematod türü olarak bilinen *Parascaris univalens* ise 2n=2 kromozomludur (Goday ve Pimpinelli, 1989). Hayvanlardaki en yüksek kromozom sayısına sahip canlı ise bir protozoa olan *Aulantha* türü olduğu (2n=1600) bildirilmiştir (Tyagi ve Pande, 2009). Yine bir kelebek türü olan *Lysandra atlantica*'nın ise 2n=446 kromozoma sahip olduğu bilinmektedir (Tyagi ve Pande, 2009).

Memelilerde en yüksek kromozom sayısına sahip olan iki kemirgen türü bilinmektedir. Birisi Venezuela'da yarısucul olan kemirgen *Ichthyomys pittieri* (2n=82) (Schmid ve ark., 1988) iken bir diğeri Güney Amerika Çöl kemirgeni *Tympanoctomys barrerae*'dir (2n=102) (Contreras ve ark., 1990).

Bitkilerde saptanmış en düşük kromozom sayısı ise Angiospermlerde 2n=2 olarak ifade edilmektedir. Asteraceae türü olan *Haplopappus gracilis* ve *Brachycome dichromosomatica* ile monokotiledon türler olan *Zingeria biebersteiniana* ve *Colpodium versicola* 2n=4 kromozoma sahiptir (Bennett, 1998). Kromozom sayısı en yüksek bitki, eğrelti otu olan *Ophioglossum reticulatum*'dur (2n=1262) (Tyagi ve Pande, 2009). Endemik olan yağmur ormanı palmiyesi *Voaniola gerardii*'nin diploid kromozom sayısı 600 civarındadır (Bennett, 1998).

Çizelge 2.2. Bazı türlerin diploid kromozom sayısı (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010)

Tür	**Kromozom Sayısı (2n)**
Homo sapiens (İnsan)	46
Pan troglodytes (Şempanze)	48
Bos taurus (Sığır)	60
Canis familaris (Köpek)	78
Felis domesticus (Kedi)	38
Equus cabalus (At)	64
Mus musculus (Ev faresi)	40
Apis mellifera (Bal arısı)	32
Musca domesticus (Karasinek)	12
Allium cepa (Soğan)	16
Hordeum vulgare (Arpa)	14
Zea mays (Mısır)	20
Lycopersicum esculentum (Domates)	24
Phaseolus vulgaris (Fasulye)	22
Saccharomyces cerevisiae (Bira mayası)	17 ve 34
Neurospora crassa (Ekmek mantarı)	7
Chlamydomonas reinhardtii (Yeşil alg türü)	16

2.1.5. Kromozomların büyüklüğü

Kromozomların morfolojik özellikleri mitozun metafaz ve anafazında bireysel olarak ortaya çıkar. Kromatitlerin kondenzasyonu sebebiyle kromozomların uzunluklarında önemli derecede değişiklikler meydana gelir (Sasaki, 1960).

Genel olarak metafaz safhasında ölçüleri iyi bilinen bir kromozomun büyüklüğü ya da uzunluğu o canlı türü için sabittir; fakat bir canlının çeşitli dokuları hatta aynı doku içerisindeki çeşitli hücrelerinden elde edilen değerlerde bile farklar görülebilir.

Bu farklılığın temel sebepleri, hücrenin içerisinde bulunduğu ortam veya koşullar, hücrenin mitoz ve mayozdaki farklı safhaları ve bu safhaların başlangıcı ile sonu ve hücrenin bulunduğu hipotonik sıvının yani tekniğin etkisidir. Genellikle kontraksiyon arttıkça kromozomun boyu kısalır. Preparatın hazırlanması esnasında kromozomların preparata gömülmelerindeki farklılıktan dolayı bir hücreden bir hücreye kromozom gözlemlerinde farklılıklar oluşur.

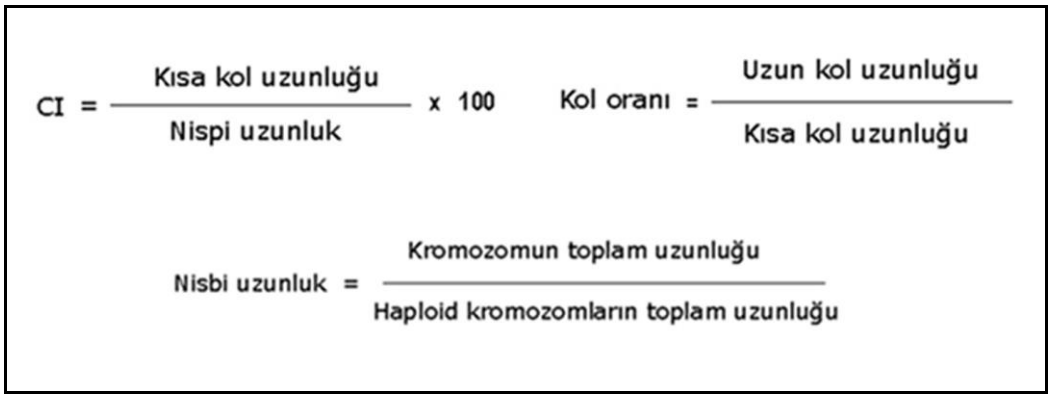
Kromozomların büyüklükleri sabit olup uzunluğu 0,2- 50 µm, genişliği ise 0,2-2 µm arasında değişmektedir. En büyük insan kromozomu 6,8 en küçüğü de 1,1 µm uzunluğundadır (Levan ve ark., 1964).

2.2. Karyotip

Karyoloji, hücre genetiği hakkında yapılan çalışmalarla ilgilenen bilim dalıdır. Karyotip terimi ise bir organizmanın kromozom sayısını, büyüklüğünü ve morfolojisini hatta saptanmış diğer ayırt edici özelliklerini kapsar (Emiroğlu ve Bürün, 2017). Diğer bir ifadeyle karyotip, bir türün metafaz kromozomlarının şekil, büyüklük ve görünüşlerine göre sıralanmasıdır.

Karyotip incelemeleri, mitoz bölünmenin görüldüğü yani aktif olarak çoğalabilen doku ve hücrelerde yapılmaktadır. Karyotip analizi sayesinde türün kromozom sayısı, bazı türlerin cinsiyet kromozomlarının tespiti, aynı tür ve farklı türler arasındaki benzerlik ve farklılıklar ve kromozomal hastalıkların teşhisi yapılabilmektedir (Saygun, 2005; Ruhi, 2018). Bazı araştırmacılar, karyotip değişikliği sonucunda hayvanlarda yeni türlerin oluşumunun kromozomların morfolojik olarak yeniden düzenlenmesi veya heterokromatindeki kantitatif değişiklikler sonucunda meydana geldiğini ifade etmektedir (Nadler, 1969; Savic ve Soldatovic, 1979; Yüksel ve Gülkaç, 1990).

Karyotip formülünün belirlenmesinde kromozomların sentromer yerleri esas alınmaktadır. Buna bağlı olarak bir kromozomun ölçülebilen ve tanımlanabilen iki özelliği olan kromozom boyu ve sentromer indeksidir. Kromozomun boyu içerisinde değerlendirilen özellikler sentromer indeksi, kol uzunluğu ve kromozomun nispi uzunluğudur. Sentromer indeksi (CI) ve kol oranı kromozomun kendi büyüklüğü hakkında bilgi verirken, nispi uzunluk kromozomun diğer kromozomlarla olan büyüklük ilişkisini açıklamaktadır (Macgregor ve Varley, 1988).



Şekil 2.9. Kromozomal uzunluğun ölçülmesi (Macgregor ve Varley, 1988)

Hayvanların çeşitli dokularından elde edilen kromozom preparatları standart giemsa boyama, C- bantlama ve NOR bantlama gibi diğer boyama teknikleriyle boyandıktan sonra mikroskopta en kaliteli metafaz plaklarının fotoğrafları çekilerek bilgisayar ortamına aktarılır. Kromozom ölçümleri (şekil, boy, kol uzunluğu, NF değeri vb.) ve karyotip analizi için bilgisayara aktarılan metafaz fotoğrafları, çeşitli programlar vasıtasıyla düzenlenir. İdeogram adı verilen şemada, karyotipe ait kromozomların numaraları ve boy uzunlukları, kısa ve uzun kol değerleri gibi istatistiksel değerleri oluşturulur.

Karyotip sunumu, görsel olarak farklı şekillerde yapılabilir. Basit olarak kromozomların net olarak görülebildiği metafaz kromozomları fotoğraflanır. Bu fotoğraf üzerindeki kromozomlar kesilerek kâğıt üzerinde eşleştirmesi yapılır. Diğer bir yöntem olarak metafaz kromozomları kâğıda çizilerek gruplandırma yapılabilir.

Karyotip düzenlemesi çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. Kromozomları önce sentromer yerlerine (metasentrik, submetasentrik vb.) göre gruplandırma daha sonrada bunları kendi içerisinde büyüklük sırasına koyma şeklinde düzenlenebilir. İstenirse kromozomlar büyükten küçüğe sentromer hizası aynı olacak şekilde bir çizgi üzerinde sıralanabilir. Genel olarak eşey kromozomları bulunan organizmaların eşey kromozomları en sona yerleştirelecek şekilde karyotip yapılır (Emiroğlu ve Bürün, 2017).

2.3. Kromozom Boyama ve Bantlama Yöntemleri

Kromozomal analiz, sitogenetik ve tıbbi çalışmalar için büyük öneme sahip bir alan olmuştur. Mikroskop altında basit boyalar kullanılarak başlatılan normal ve anormal kromozomları inceleme teknikleri, geliştirilen farklı boyama yöntemleriyle daha da ileriye taşınmıştır (Qaisar ve ark., 2017).

Kromozom bantlama teknikleri, kromozomlardaki yapısal farklılıkları ve değişmeleri, kromozomların tek düze boyanmalarına göre çok daha iyi ortaya koyabilmektedir (Gill ve Kimber, 1974). Özellikle memelilerde, bireysel kromozomların tanınması, kromozomal polimorfizm ve mutasyonların analiz edilmesine yardımcı olmuştur (Schweizer ve Ehrendorfer, 1976). Bu yüzden bilgisayarlı imaj analiziyle birleştirilerek karyotip belirleme ve idiogram oluşturmada ve moleküler teknikler sayesinde kromozom parça değiş-tokuşlarının tanımlanmasında kullanılmaktadır (Xu ve Kasha, 1992; Bauchan ve Hossain, 2001).

2.3.1. Standart giemsa boyama

Giemsa boyama tekniği, kimyager olan Gustav Giemsa tarafından ilk olarak sıtma parazitinin patolojik olarak tanılanmasında kullanılırken daha sonra *Treponema pallidum*'un boyanması için modifiye edilmiştir (Giemsa, 1902; Giemsa, 1907; Barcia, 2007). Bazı araştırmacılar, fare kromozomları üzerinde yaptıkları çalışmalarda giemsa boyamanın farklı özelliklerini kullanmışlardır (Pardue ve Gall, 1970).

Kromozom üzerinde her kromozoma özgü açık ve koyu bantlar bulunmaktadır. Bantlar, tripsin veya proteaz ön muamelesinden sonra kromozomların giemsa ile boyanması sonucunda elde edilmektedir. Bantların oluştuğu bölgelerde kromatin sıkı bir şekilde kondenzasyon gösterir ve A-T yönünden oldukça zengindir (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).

2.3.2. C-bantlama tekniği

Konstitutif kromatin ya da C-bantlama, Heitz tarafından 1928 yılında keşfedilmiş ve interfaz çekirdeğinde görülen koyu bölgeler olarak ifade edilmiştir. Kromozom veya çekirdek üzerinde bulunan heterokromatin bölgelerin DNA'sı sıkı bir şekilde paketlenmiştir. Koyu olan bölgeler heterokromatin açık olan bölgeler ise ökromatin olarak adlandırılır. Ökromatin yoğunluğu az, erişilebilir ve genellikle daha kolay kopyalanırken, heterokromatin tipik olarak yüksek derecede yoğunlaştırılmış, erişilemez ve nükleozomal dizilerce sıralanmıştır (Huisinga ve ark., 2006; Grewal ve Jia, 2007).

Heterokromatin bloklar (C-bantlar), tekrarlayan DNA dizilerini içerir ve aktif değildir (Balíček ve ark., 1977). Bu sebepten dolayı bu blokların bozulma ihtimali düşük ve nesiller boyu korunabilmektedir (Varley ve ark., 1980; Sperling ve ark., 1987). C-bantlar kromozomun üzerinde herhangi bir bölgede bulunabildiği fakat genelde kromozomun sentromer bölgesinde bulunduğu ifade edilmektedir.

C-bantlama metodu, türlere ait kromozomların ayrıntılı olarak çalışılması, kromozomal tür teşhisi, bir türün cinsiyet kromozomlarının tespit edilmesi bakımından önemli bir tekniktir (Haaf ve Schmid, 1984; Arslan ve Arslan, 2007).

2.3.3. Ag-NOR boyama

1930'lu yıllarda Heitz ve ardından McClintock, mitotik kromozomların daha az yoğunluk gösteren bölgelerinin, ikincil daralma sayısı ve uzunlukları bakımından sayısal bir ilişki içerisinde olduğunu gözlemlemiş ve bugün bu bölgelerin boyutları ve daralmaları çekirdekçik organize edici bölge veya NOR olarak ifade edilmektedir (Heitz, 1931; McClintock, 1934).

1960'lı yıllara gelinceye kadar, NOR'un 18S, 5.8S ve 28S ribozomal RNA'larını kodlayan genleri içerdiği anlaşılıncaya kadar kesin olarak fonksiyonu belli değildi (Ritossa ve Spiegelman, 1965; Birnstiel ve Chipchase, 1970). Daha sonra nükleolus'un, bir hücre çekirdeğindeki en belirgin yapı olduğu ve ribozomal RNA (rRNA) trankskripsiyonu, rRNA ön işlemesi ve ribozom alt birimlerinin düzenlenmesi gibi farklı görevleri üstlendiği anlaşılmıştır (Lam ve ark., 2005). Nükleolus'un (çekirdekçik) sadece çekirdek anatomisi olarak değerlendirilen genel kabulün aksine 1960'lı yılların başında gen etkisinin sitolojik ifadesi olarak adlandırılması sitogenetik biliminde büyük bir buluşsal ilerleme olarak kabul edilmiştir (Pederson, 2011).

NOR bölgeleri heterokromatin bölgelerdir ve ışığı kırma özelliklerinden dolayı kromozom preparatları hazırlanarak NOR'lar, amonyak veya formik asit gümüş nitrat boyama ile hızlı ve net bir şekilde görüntülenebilmektedir (Derenzini ve ark., 1998; Gaffaroglu ve Yuksel, 2005). Gümüş boyama (Ag-NOR), histon olmayan proteinlerin iyonik gümüşe bağlanması sonucunda gümüşün indirgendiği reaksiyondur (Pekol, 1999). NOR'lar genelde kromozomun kısa kol ucunda görülür. Fakat uzun kol, sentromere yakın bölgede ya da sentromer bölgesinde de görülebilir (Gold ve ark., 1990; Gaffaroğlu, 2003).

NOR tekniği, taksonomik çalışmalarda, tür içi ve türler arası akrabalığın belirlenmesinde ve çeşitli kromozom varyasyonlarında kullanılmaktadır (Gold ve Zoch, 1990). Türler arası heteromorfizmin belirlenmesinde; genomdaki mutlak NOR sayısı ve NOR'ların kromozomdaki pozisyonu ve yerleşimi değerlendirilirken tür içi heteromorfizmin değerlendirilmesinde NOR büyüklüğü ve hücredeki aktif NOR'ların dağılımı dikkate alınmaktadır. Pekol (1999), NOR heteromorfizmini üç farklı tipte tanımlamıştır; NOR büyüklüğü ya da NOR boyu heteromorfizminde homolog kromozomlar farklı büyülükte NOR'lara sahiptir. NOR silinmesinde homolog kromozomların birisinde NOR silinmiştir. NOR aktivite heteromorfizmi.

2.4. Çalışma Konusu Familya, Cins ve Tür Hakkında Genel Bilgiler

Cyprinidae (Sazangiller) familyası, dünyadaki birçok tatlısu ekosistemlerinde dağılış gösteren Asya, Avrupa, Kuzey Amerika ve Afrika ihtiyofaunasının önemli bir unsurunu oluşturmaktadır (Nur ve ark., 2008; Ergene ve ark., 2010). Türkiye tatlısu ekosistemlerinde 31 familyaya ait 368 tür dağılış göstermekte ve en baskın familya 188 tür ile Cyprinidae familyasıdır (Çiçek ve ark., 2015).

Cyprinidae familyası, içerdiği tür çeşitliliği sebebiyle filogenetiği tam olarak aydınlatılamamıştır. Familyanın "Acheilognathinae, Alburninae, Cultrinae, Cyprininae, Gobioninae, Leuciscinae, Squaliobarbinae, Tincinae, and Xenocypridinae" alt familyalarından oluştuğu tahmin edilmektedir (Tang ve ark., 2010).

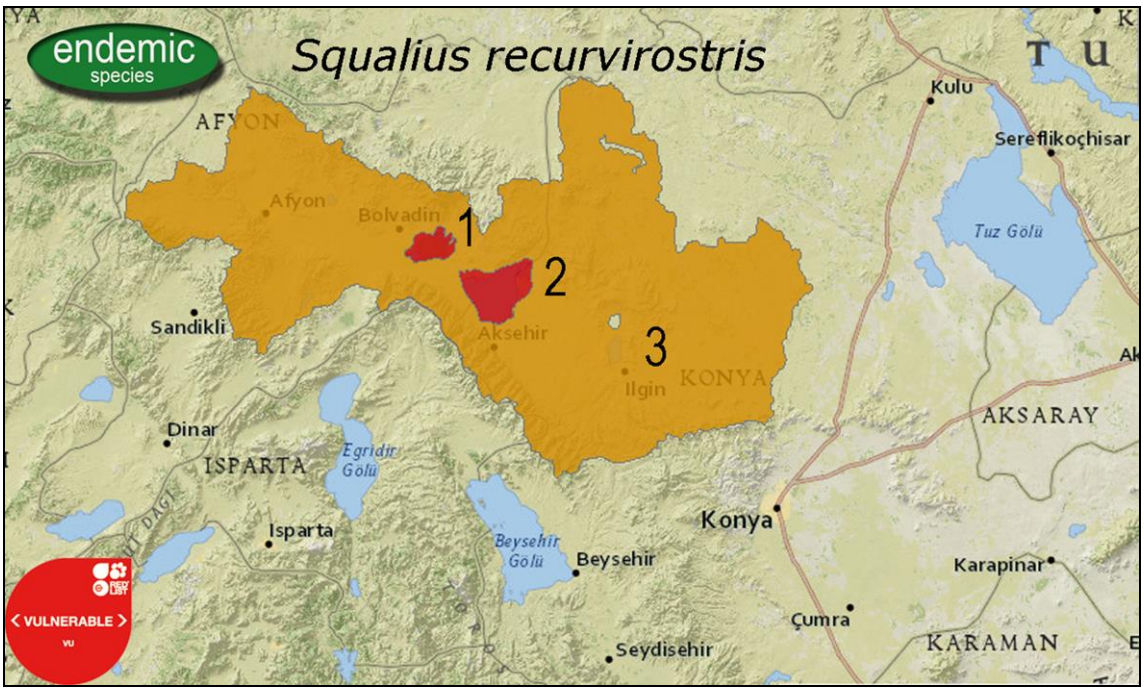
Bu familyadaki türlerin karakteristik özellikleri: çenelerinde diş benzeri yapılar olan yutak dişlerin bulunması, vücudun sırt kısmında daime tek dorsal yüzgecin varlığı, tam gelişmemiş mide yapısı, yüzme keselerinin varlığı, sikloyit tipte pul yapısı ve ağız yapısının yukarıya dönük olmasıdır (Geldiay ve Balık, 2009; Kuru, 2011). Çoğu türler sürüler halinde yaşar. Üreme dönemi ilkbahar ve yaz olmak üzere iki mevsimdir. Üreme döneminde parlak ve çok daha süslü bir görünüm alan erkekler dikkat çekmektedir (Geldiay ve Balık, 2009).

Genel olarak ekonomik değerlerinin yüksek olması, geniş adaptasyon yetenekleri, hızlı büyüme, yapay yöntemlerle döllenme ve suni yemlere alışkanlık göstermeleri sebebiyle doğal yaşam alanları dışındaki birçok ülkeye süs ve akvaryum balıkçılığı amacıyla taşınmıştır (Geldiay ve Balık, 2009). Cyprinidae (Sazangiller) familyası içerisinde yer alan ve Anadolu'daki Leuciscinae altfamilyasının üyelerinden biri olan *Squalius* cinsi, tatlısu kefallerininde içinde bulunduğu, Avrupa, Batı Asya ve Kafkasya'ya dağılmış ve 45 tür ile temsil edilen orta büyüklükteki balıklardan oluşmaktadır (Durand ve ark., 2000; Sanjur ve ark., 2003; Özuluğ ve Freyhof, 2011; Sülün, 2014). Anadolu'da ki akarsu, göl ve barajların birçoğunda bulunmasına rağmen cins-seviye taksonomisi kesinlik kazanmamıştır (Ünal, 2011; Becer ve Sarı, 2017). Bu yüzden cins, morfolojik ve moleküler bilgileri anlaşılıncaya kadar literatürde *Leuciscus* cinsi içerisinde yer almıştır (Perea ve ark., 2010).

Çizelge 2.3. Anadolu'daki *Squalius* türlerinin dağılış alanları (Çiçek ve ark., 2015)

Tür Adı	Yayılış Alanı
Squalius adanaensis Turan, Kottelat & Doğan, 2013	Seyhan Nehri
Squalius anatolicus Bogutskaya, 1997	Beyşehir Gölü
Squalius aristotelis Özuluğ & Freyhof, 2011	Batı Anadolu
Squalius berak Heckel, 1843	Aşağı Fırat Nehri Havzası
Squalius borysthenicus Kessler, 1859	Marmara ve Karadeniz Havzaları
Squalius cappadocicus Özuluğ & Freyhof, 2011	Tuz Gölü Havzası
Squalius carinus Özuluğ & Freyhof, 2011	Işıklı Göl Havzası
Squalius cephaloides Battalgil, 1942	Kuzey Armutlu Yarımadası
Squalius cephalus Linnaeus, 1758	Batı Anadolu
Squalius cii Richardson, 1857	Kuzeybatı Anadolu Su Havzaları
Squalius fellowesii Günther, 1868	Güneybatı Anadolu
Squalius kosswigi Karaman, 1972	Tahtalı Nehri
Squalius kottelati Turan, Yilmaz & Kaya, 2009	Asi, Fırat ve Dicle Nehir Havzaları
Squalius lepidus Heckel, 1843	Asi, Fırat ve Dicle Nehir Havzaları
Squalius orientalis Nordmann 1840	Doğu Anadolu, Aras Nehri Havzası
Squalius orpheus Kottelat & Economidis, 2006	Avrupa Karadeniz Havzaları
Squalius pursakensis Hankó, 1925	Sakarya Nehri Havzası
***Squalius recurvirostris* Özuluğ & Freyhof, 2011**	**Akşehir, Eber ve Ilgın Gölü Havzaları**
Squalius seyhanensis Turan, Kottelat & Doğan, 2013	Zamantı Deresi, Seyhan Nehri Havzası
Squalius spurius Heckel, 1843	Asi Nehir Havzası
Squalius turcicus De Filippi, 1865	Kura ve Aras Nehir Havzaları

Squalius recurvirostris, Akşehir, Eber ve Ilgın gölleri havzasında dağılış gösteren lokal endemik bir türdür (Özuluğ ve Freyhof, 2011).



Şekil 2.9. *Squalius recurvirostris*'in dağılış alanı (IUCN, 2019)

Squalius recurvirostris'in dış görünüşü: vücut uzunlamasına basık, ventral ve dorsal yüzeyler dış bükey; başı düz ve burun sivri; ağız terminal pozisyonda ve çene dört köşeli; baş ve gövde sarımsı, periton siyahımsı renktedir (Özuluğ ve Freyhof, 2011).



Şekil 2.10. *Squalius recurvirostris*'in akvaryumdaki görüntüsü

Squalius recurvirostris'in sistematikteki yeri:

Kingdom (Alem)	: Animalia (Hayvanlar)
Phylum (Şube)	: Chordata (Kordalılar)
Classis (Sınıf)	: Actinopterygii (Işınsal Yüzgeçliler)
Order (Takım)	: Cypriniformes (Sazansılar)
Familia (Aile)	: Cyprinidae (Sazangiller)
Genus (Cins)	: *Squalius* (Bonaparte, 1837)

Species (Tür)	: *Squalius recurvirostris* (Özuluğ & Freyhof, 2011)
Holotip (İlk bulunduğu yer)	: Akşehir Gölü (Ortaköy deresi)
Türkçe Adı	: Akşehir Tatlısu Kefali

2.5. Cyprinidae Familyasına Ait Türlerin Karyotip Çalışmaları

Abramis cinsinin tek temsilcisi olan *Abramis brama*'nın Avrupa'daki farklı lokalitelerdeki çalışmalarda diploid kromozom sayısı (2n) 50 ve 52 bulunmuştur. Polonya'daki çalışmada, karyotipi 7 çift metasentrik, 11 çift submetasentrik ve 7 çift akrosentrik kromozom şeklinde belirtilmiştir. Temel kromozom kol sayısı (NF) değeri ise 82 olarak tespit edilmiştir. En büyük kromozomun, tek kollu olan kromozom çiftinin olduğu ifade edilmiştir (Wolf ve ark., 1969; Nygren ve ark., 1975; Nahavandi ve ark., 2001; Ocalewicz ve ark., 2004).

Türkiye'deki çalışmalarda *Acanthobrama marmid* ve *Acanthobrama mirabilis*'in kromozom sayısı 2n=50 bulunmuştur. *A. marmid*'in karyotip formülü 8 metasentik, 13 submetasentrik ve 5 subtelosentrik-akrosentrik kromozom çiftinden oluşmaktadır (Gaffaroğlu ve ark., 2006). *A. mirabilis*'in karyotipinin 5 çift metasentrik, 3 çift submetasentrik, 5 çift subtelosentrik ve 12 çift akrosentrik kromozom ve NF=76 şeklindedir (Uysal, 2011). *Acanthobrama microlepis* (Syn: *Acanthalburnus microlepis*)'in 2n=50 olmak üzere karyotipi, Türkiye popülasyonu 8 metasentrik, 7 submetasentrik ve 10 akrosentrik; Ermenistan popülasyonu ise 10 metasentrik, 14 submetasentrik ve 6 subtelosentrik-akrosentrik kromozom çifti içermektedir. NF değeri 80 ve 88 olarak hesaplanmıştır (Nur ve ark., 2008; Vasilyan ve ark., 2009). Her iki çalışmada da eşey kromozomları tespit edilememiştir.

Dicle Nehri'ndeki *Alburnoides bipunctatus*'un kromozom sayısı 2n=50 ve farklı lokalitelerdeki çalışmalarda karyotipi, Çek Cumhuriyetinde 8 metasentrik, 12 submetasentrik ve 8 subtelosentrik; 8 metasentrik, 12 submetasentrik ve 6 subtelosentrik-akrosentrik; İranda 7 metasentrik, 10 submetasentrik ve 8 akrosentrik-telosentrik / 9 metasentrik, 14 submetasentrik ve 2 subtelosentrik-akrosentrik şeklindedir. NF değeri sırasıyla 96, 88, 84 ve 96'dır (Rab, 1981; Kılıç-Neval ve Ünlü, 2004; Nazari ve ark., 2010; Khosravanizadeh ve ark., 2013). Türkiye'deki çalışmada, çok sayıdaki kromozomun sentromerinde C-bantların olduğu ve 1 çift kromozomun kısa kolunda ise NOR saptanmıştır (Gaffaroğlu ve ark., 2014a).

Alburnus türlerinin kromozom sayısının 2n=50 olduğu farklı çalışmalarda doğrulanmıştır. Bu türlerden *A. akili*'nin karyotipi 9 metasentrik ve 16 submetasentrik kromozom çifti şeklindedir (Arkhipchuk, 1999). *Alburnus alburnus*'un karyotipi 7 metasentrik, 13 submetasentrik ve 5 telosentrik-akrosentrik kromozom çifti içermekte ve NF=90 olarak bulunmuştur (Pourkazemi ve ark., 2011). İran'daki çalışmada *Alburnus filippi*'nin karyotipi 6 metasentrik, 9 submetasentrik, 4 subtelosentrik ve 6 akrosentrik kromozom çifti içerdiği ve NF değerinin 88 olduğu bildirilmiştir (Nazari ve ark., 2010). Hazar Gölü'ndeki *Alburnus tarichi* (Syn: *Chalcalburnus tarichi*)'nin karyolojik çalışmasında karyotipinin 7 metasentrik, 9 submetasentrik ve 9 akrosentrik kromozom çifti şeklinde olduğu anlaşılmıştır (Gül ve ark., 2004). *Alburnus mossulensis* (Syn: *Chalcalburnus mossulensis*)'de 2n=50 ve karyotipinin 6 çmetasentrik, 8 submetasentrik, 5 subtelosentrik ve 6 akrosentrik kromozom çiftinden oluştuğu bildirilmiş ve 2 çift submetasentrik kromozomda NOR tespit edilmiştir (Yüksel ve Gaffaroğlu, 2008a). İnci kefali ya da Van balığı olarak bilinen *Alburnus tarichi*'nin Van Gölü'nde yapılan çalışmasında karyotipinin 8 çift metasentrik, 5 çift ubmetasentrik ve 12 çift akrosentrik kromozomdan oluştuğu belirtilmiştir. Ayrıca bazı kromozomların sentromer bölgelerinde konstitütif heterokromatin bölgeler tespit edilmiştir (Yüksel ve Gaffaroğlu, 2008a).

Barbus türleri üzerinde yapılan karyolojik çalışmalarda: *B. capito*'nun kromozom sayısı 2n=100 olduğu ve karyotipini 6 metasentrik, 19 submetasentrik, 19 subtelosentrik ve 6 telosentrik kromozom çiftinin oluşturduğu ifade edilmiştir. NF=150 olarak saptanmıştır (Geng ve ark., 2013). Asi Nehri'ndeki *B. rajanorum*, *B. longiceps* ve *B. capito pectoralis*'in sitogenetik analizinde kromozom sayısı sırasıyla 125, 148 ve 150 olarak bulunmuştur (Turan ve ark., 2005). Bir diğer çalışmada *B. plebejus lacerta*'da 2n=48 ve karyotipi 16 metasentrik ve 8 akrosentrik kromozom çifti şeklindedir (Ergene ve ark., 1998).

Blicca bjoerkna (Syn: *Blicca bjoerkna transcaucasica*)'nın Yugoslavya, Romanya ve İran'da yapılan karyolojik çalışmada diploid kromozom sayısı 2n=50 olarak bulunmuştur. Karyotip formülleri Yugoslavya'da 2n=8m+18sm+12st+12a ve NF=88, Romanya'da 2n=14m+22sm+14a ve NF=86, İran'da 2n=12m+20sm+18st ve NF=100 şeklindedir (Vujosevic ve ark., 1983; Luca ve ark., 2010).

Türkiye'ye endemik *Capoeta antalyensis* ve *Capoeta baliki*'nin sitogenetik analizinin yapıldığı çalışmada, her iki türünde kromozom sayısı 2n=150 olarak tespit edilmiştir. *C. antalyensis*'in karyotipinin 42 metasentrik-submetasentrik ve 33

subtelosentrik-akrosentrik (NF=234), *C. baliki*'nin ise 44 metasentrik-submetasentrik ve 31 subtelosentrik-akrosentrik (NF=238) kromozom çifti içerdiği bildirilmiştir (Ayata ve ark., 2017). İran'daki çalışmada *Capoeta capoeta*'nın iki farklı bölgedeki popülasyonlarının 2n=150 kromozoma sahip olduğu ve karyotip formülünün 2n=24m+60sm+14st+52t (NF=234) ve 2n=24m+56sm+14st+56t (NF=230) şeklinde değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir (Safar ve ark., 2000). *Capoeta damascina*'nın sitogenetik analizinde diploid kromozom sayısı İsrail'deki çalışma da 2n=148 (2n=78m-sm+32st+32a ve NF=258), Türkiye'deki çalışma da 2n=150 (2n=78m-sm+32st+38a ve NF=238) olarak bulunmuştur (Gorshkova ve ark., 2002; Ünal, 2015). Dicle Nehri'ndeki yapılan araştırma diploid kromozom sayısı *Capoeta trutta*'nın 2n=150 (2n=70m-sm+80st-a ve NF=220) ve *Capoeta capoeta umbla*'nın 2n=150 (2n=86m-sm+64st-a ve NF=236) olarak tespit edilmiştir (Kılıç Demirok, 2000). Yapılan bu çalışmalarda eşey kromozomları ayırt edilememiştir.

Türkiye tatlısularında dağılış gösteren iki *Carasobarbus* türünün karyolojik özellikleri çalışılmıştır. Bu türlerden *Carasobarbus luteus*'un kromozom sayısı 2n=150, *Carasobarbus kosswigi* (Syn: *Kosswigobarbus kosswigi*)'nin 148'dir. Karyotip formülleri *C. luteus*'un 2n=34m+54sm+14st+48a (NF=238) / 2n=84m-sm+66st-a (NF=234) ve *C. kosswigi*'nin 2n=86m-sm+62st-a (NF=234) şeklinde tespit edilmiştir (Kaya, 2009; Değer ve ark., 2011a; 2011b).

Havuz balığı ve Çin Sazanı olarak adlandırılan *Carassius* türlerinin sitogenetik çalışmaları farklı lokalitelerde (Japonya, Türkiye, Yugoslavya) yapılmıştır. Bu türlerden: *C. auratus*'un diploid kromozom sayısı (2n) Japonya'da 100, Türkiye'de 104 (2n=24m+34sm+46a ve NF=162) olarak bulunmuştur. Yugoslavyadaki çalışmada *C. auratus gibelio*'nun kromozom sayısı 2n=160 (2n=14m+28sm+14st+90a) ve lokalitesi bildirilmeyen iki farklı çalışmada ise 2n=98 ve 150 bulunmuştur (Raicu ve ark., 1972; Vujosevic ve ark., 1983; Zhou ve Gui, 2002). Diğer çalışmalarda diploid kromozom sayısı *C. carassius*'da 2n=100 (2n=20m+36sm+44st-a) ve *C. gibelio*'da 2n=100 şeklindedir (Knytl ve ark., 2013a; Knytl ve ark., 2013b).

Beyşehir Gölü'nde endemik *Chondrostoma beysehirense*'nin ilk defa yapılan karyoloji çalışmasında diploid kromozom sayısı 2n=50 (NF=92) ve karyotipinin 5 çift metasentrik, 16 çift submetasentik-subtelosentrik ve 4 çift akrosentik kromozomdan oluştuğu tespit edilmiştir. Altınca submetasentrik kromozomun kısa kolunda ikincil boğum ve bu kromozom çiftinde NOR saptanmış ve C-pozitif olduğu anlaşılmıştır. Eşey kromozomlarında morfolojik farklılaşma görülmemiştir (Arslan ve Gündoğdu,

2016). Kromozom sayısı, İran'daki *Chondrotoma regium*'da ve Türkiye'deki *Chondrostoma meandrense*'de 2n=52 olarak saptanmıştır. Karyotipinin *C. regium*'da 21 çift submetasentrik ve 5 çift subtelosentrik (NF=58), *C. meandrense*'de 9 çift metasentrik, 3 çift submetasentrik, 3 çift subtelosentrik ve 11 çift akrosentrik (NF=82) kromozom şeklinde olduğu ifade edilmiştir. Her iki türde de eşey kromozomları tespit edilememiştir (Esmaeili ve ark., 2010; Uysal, 2011).

Doğu Asya'ya özgü olan ve Ot sazanı olarak bilinen *Ctenopharyngodon idella*'nın kromozom sayısının 2n=48 olduğu belirtilmiştir. Karyotipinin 8 çift metasentrik ve 16 çift submetasentrik (Liu, 1980), 10 çift metasentrik, 8 çift submetasentrik ve 6 çift subtelosentrik kromozomdan oluştuğu ifade edilmiştir (Nowruzfashkhami ve ark., 2002).

Cyprinion kais'in karyolojik özelliklerinin ilk defa araştırıldığı çalışmada, diploid kromozom sayısı 2n=50 ve karyotipi 8 çift metasentrik ve 7 çift submetasentrik, 3 çift subtelosentrik ve 7 çift telosentrik (NF=86) kromozom şeklinde tespit edildiği bildirilmiştir (Nasri ve ark., 2010). Türkiye'deki çalışmalarda *Cyprinion macrostomum* (Syn: *Cyprinion macrostomus*)'un kromozom sayısı 2n=48 (4m+26sm+18st) ve NF=82; 2n=50 (6m+26sm+18st / 6m+24sm+12st+8t) ve NF=92 olarak tespit edilmiştir (Çolak ve ark., 1985; Kılıç Demirok, 2000; Muhammet ve Eşref, 2004; Yılmaz ve ark., 2005; Yüksel ve Gaffaroğlu, 2008b).

Kozmopolit bir tür olan ve familyaya ismini veren *Cyprinus carpio* (Sazan)'ın sitogenetik analizleri hakkında yapılan çalışmaların sayısı oldukça fazladır. Genel itibariyle türün kromozom sayısı 2n=98 ve 100 ve NF=148 ve 156 olarak tespit edilmiştir. Ukrayna'daki bir çalışmada karyotipinin 13 çift metasentrik, 15 çift submetasentrik, 15 çift subtelosentrik ve 7 çift telosentrik kromozomdan oluştuğu saptanmıştır. Eşey kromozomları ayırt edilememiştir (Raicu ve ark., 1972; Wu ve Yang, 1980; Al-Sabti, 1986; Hamalosmanoğlu ve Kuru, 2003; Wang ve ark., 2009).

Garra rufa'nın kromozom sayısı 2n=44, 46, 48 ve 50 olmak üzere aynı veya farklı lokalitelerde değişkenlik gösterdiği yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir. Karyotip formülleri: Almanya'da 2n=22m+20sm+2st-a; Türkiye'de 22m+20sm+2a ve NF=85 / 2n=32m+6sm+6st+2a ve NF=90 / 2n= 28m+14sm+4st+4a ve NF=96; İran'da 2n=34m+ 12sm+2t-a şeklinde tespit edilmiştir (Wolf ve ark., 1969; Gözükara ve Çavaş, 2004; Karahan ve Ergene, 2009; Gorshkova ve ark., 2012; Nezameslami ve ark., 2015). Savur Irmağı'ndaki *Garra variabilis*'in kromozom sayısı 2n=102 ve iki farklı karyotipi: dişi bireyde 42m+18sm+24st+18a (FN=186) ve erkek breyde 41m+18sm+24st+19a

(NF=185) şeklinde tespit edilmiştir. Birçok kromozomda NOR tespit edilmiş ve en büyük kromozomun submetasentrik olduğu ifade edilmiştir (Karahan ve Ergene, 2010).

Seyhan Nehri'ndeki çalışmada, *Luciobarbus pectoralis*'un diploid kromozom sayısı 2n=100 (20 metasentrik, 42 submetasentrik, 38 akrosentrik-telosentrik) olarak bulurken NF değerinin 162 olduğunu ifade edilmiştir. Bazı kromozomlarda perisentromerik heterokromatin bloklar ve bir çift submetasentrik kromozomun kısa kolunun ucunda NOR tespit ettiklerini belirtmişlerdir (Ünal ve Gaffaroğlu, 2016). Asi Nehri'ndeki *Luciobarbus longiceps* (Syn: *Barbus longiceps*)'in kromozom sayısı 2n=148 olarak bildirilmiştir (Turan ve ark., 2005).

Petroleuciscus borysthenicus (Syn: *Leuciscus borysthenicus*)' un Çek Cumhuriyeti'nde yapılan karyoloji çalışmasında; 2n=50 ve karyotipinin 8 çift metasentrik, 14 çift submetasentrik ve 3 çift subtelosentrik kromozom setinden oluştuğu tespit edilmiştir. NF değeri ise 94 olarak hesaplanmıştır. Tüm metasentrik ve dört çift submetasentrik-subtelosentrik kromozomda heterokromatin bloklar tespit edilmiştir (Ráb ve ark., 1996).

Phoxinus phoxinus'un yapılan farklı bölgelerde yapılan sitogenetik analizinde, diploid kromozom sayısı 2n=50 olarak bulunmuştur (Labat ve ark., 1983; Ueno ve Ojima, 1984). Karyotipi 4 metasentrik, 16 submetasentrik ve 5 akrosentrik-telosentrik kromozom çifti ve NF=90 şeklindedir. C-bantlamada 7 çift kromozomun sentromerinde heterokromatin bölgeler tespit edilmiştir. Ayrıca bir çift metasentrik ve submetasentrik kromozomun telomerinde NOR saptanmıştır (Boroń, 2001).

Pseudophoxinus türleri üzerinde yapılan karyolojik çalışmalarda türlerin tamamının kromozom sayısı 2n=50 olarak tespit edilmiştir. Bu türlerin karyotipleri; *Pseudophoxinus antalyae*'nin 8m+7sm+6st+4a ve NF=92 (Ergene ve ark., 2010); *Pseudophoxinus firati*'nin 19m-sm+6st ve NF=88 (Karasu ve ark., 2011); *Pseudophoxinus elizavetae*'nin 4m+17sm+4st ve NF=92 (Gaffaroğlu ve ark., 2014); *Pseudophoxinus crassus* ve *Pseudophoxinus hittitorum*'un sırasıyla 6m+15sm+4t-a ve NF=92, 7m+13sm+5t-a ve NF=90 (Unal ve ark., 2014); *Pseudophoxinus zekayi*'nin 8m+13sm+4t-a ve NF=92 (Ünal, 2015); *Pseudophoxinus battalgilae, Pseudophoxinus burduricus, Pseudophoxinus egridiri, Pseudophoxinus evliyae, Pseudophoxinus fahrettini* ve *Pseudophoxinus* m*aeandri*'nin sırasıyla 8m+14sm+3t-a ve NF=94; 9m+13sm+3t-a ve NF=94; 7m+14sm+4t-a ve NF=92; 7m+15sm+3t-a ve NF=94; 8m+13sm+4t-a ve NF=92; 5m+16sm+4t-a ve NF=92 kromozom çifti olarak ifade etmişlerdir (Ayata ve ark., 2016).

Kızılırmak nehri'nde yaşayan *Pseudorasbora parva*'nın standart karyotip analizinin yapıldığı çalışmada; 2n=50 ve karyotipinin 7 çift metasentrik, 10 çift submetasentrik ve 8 çift subtelosentrik kromozomdan oluştuğu bildirilmiştir. NF değeri 100 olarak hesaplanmıştır (Gaffaroğlu ve ark., 2009). Japonya'daki çalışmada elde edilen sonuçlar: 2n=50 ve NF=100 (2n=36m+14sm) şeklindedir (Ojima ve ark., 1972).

Rhodeus amarus'un İtalya ve Polonya popülasyonlarının kromozom sayısı 2n=48 ve NF=76 olarak tespit edilmiştir. Karyotip formülü: İtalya popülasyonun da 2n=8m+20sm+20st; Polonya popülasyonunda 2n=8m+20sm+20st-a şeklindedir. İtalya'daki çalışmada 7. kromozom çiftinin kısa kolunda NOR tespit edilmiştir. Polonya'daki çalışmada ise iki submetasentik kromozomun kısa kolunda NOR saptanmıştır (Libertini ve ark., 2008; Kirtiklis ve ark., 2014).

Rutilus rutilus'da kromozom sayısı 2n=50 ve karyotipinin 7 çift metasentrik, 8 çift submetasentrik, 5 çift subtelosentrik ve 5 çift akrosentrik kromozomdan oluştuğu belirtilmiştir (Vujosevic ve ark., 1983).

Scardinius erythrophthalmus'un kromozom sayısı 2n=50 olarak tespit edilmiştir. Karyotip formülü İtalya'da 2n=20m+12sm+12st+6a; Romanya'da 2n=16m+28sm+8st-a şeklindedir. İtalya'daki çalışmada, submetasentrik kromozomun kısa kolunda NOR saptanmıştır (Bianco ve ark., 2004; Luca ve ark., 2010).

Tinca Tinca (Kadife Balığı)'nın sitogenetik çalışmalarında, diploid kromozom sayısı İtalya'da 2n=50 (2n=8m+12sm+10st+18a); Türkiye'de 2n=48 (2n=12m+16st+20a / 2n=12m+20sm+16st ve NF=80) olarak tespit edilmiştir (Cataudella ve ark., 1977; Hamalosmanoğlu ve Kuru, 2004; Arslan ve Taki, 2012). Beyşehir Gölü'ndeki çalışmada, kromozomların tamamının iki kollu olduğu, perisentromerik ve sentromerik C-bantlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca iki çift kromozomda heteromorf C-bantlar ve üç nolu metasentrik kromozom çiftinde NOR saptanmıştır.

Vimba vimba ve *Vimba melanops*'un 2n=50 kromozo sayısına sahip olduğu ve karyotipinin 5 çift metasentrik, 14 çift submetasentrik ve 3 çift subtelosentrik kromozom seti içerdiği ifade edilmiştir. NF değeri 94 olarak saptanmıştır (Rábová ve ark., 2003).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan balıklar: Ilgın (Çavuşçu) Gölü, Sarayönü Beşgöz Kaynakları ve Doğanhisar'daki tatlı su kaynaklarından serpme ağ ve balık kepçesi yardımıyla örnekleme işlemi yapılmıştır. Örnekleme işlemlerinde yöredeki balıkçılardan yardım alınmıştır. *Squalius recurvirostris* örnekleri, doğal yaşam alanlarından alınarak bidonlar yardımıyla laboratuvar ortamına getirildikten sonra havalı akvaryuma alınarak karyolojisi çalışıldı. Balıkların cinsiyetleri, gonadları yardımıyla tespit edildi.



Şekil 3.1. Ilgın (Çavuşçu) gölünden serpme ağlar ile yakalan örnekler



Şekil 3.2. Doğanhisar'da yakalanan örnek (A) ve tatlı su kaynağı (B)



Şekil 3.3. Sarayönü (Beşgöz) göleti üzerinde kurulan alabalık tesisinden balıkçı kepçesi ile yakalanan *Squalius recurvirostris* örneği. Gölet üzerine kurulmuş alabalık tesisi (A) ve yakalanan örnek (B)

3.2. Metot

Tutuldukları ortamdan alınan balıklar, içinde bu ortamdaki sudan bulunan bidonlara konarak, bidonlara oksijen bağlanmıştır. Ortalama ağırlıkları 120-180 gram, uzunlukları 10-16 cm olan balıklara eşey farkı gözetilmeksizin, vücut ağırlığının her 1 gr için 0.0006 gr Kolşisin (Colchicine) solüsyon halinde hazırlanarak abdominal boşluktan enjekte edildi. Enjeksiyondan sonra balıklar havalandırılmış akvaryuma alındı. Kolşisin verildikten yaklaşık 3.5-4 saat sonra rejenerasyonun yoğun olduğu böbrek dokusu bistüri yardımıyla alınarak ufak parçalara ayrıldı ve deney tüplerine konularak üzerlerine KCI (0.046) solüsyonu ilave edildi. Oda ısısında 30-40 dakika tutulduktan sonra 2000 rpm de 10 dakika santrifüj edildi ve süpernatan atılarak hipotoniğin hücrelerden ayrılması sağlandı. Fiksasyonu sağlamak için, 3:1 methanol:asetik asit karışımından hücreler üzerine yaklaşık 7 cc karıştırıcı yardımıyla eklenerek aynı devir ve süreyle santrifüj edilerek süpernatan atılarak, bu işlem iki defa tekrarlandı. Son santrifüj işleminden sonra süpernatant'ın büyük bir kısmı atıldı ve tüpün taban kısmında kalan 2-3 cc'lik hücre süspansiyonu iyice karıştırıldı. Hücre süspansiyonunun, lamlar üzerine yüksekten 1-2 damla damlatılmak suretiyle yayılması sağlandı. Preparatlar havada kurutularak ve bazıları %5'lik Giemsa boyası olan Sorenson tamponu içerisinde 20-30 dakika boyandı (Reddy ve John, 1986).

3.2.1. Standart giemsa boyama

Preparatların boyanması için 10 ml giemsa 90 ml söransan fosfat tamponu ile karıştırılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan preparatların tamamı kurutulduktan sonra 10-15 dk %10'luk sörensan giemsa boya solüsyonunda bekletilmiştir.

3.2.2. C-bantlama

Kullanılan çözeltiler:

1) 0,2 N HCl: 0,7246 ml HCl 100 ml bidistile suya dilue edildi.

2) %5'lik $Ba(OH)_2$ (Baryum hidroksit): 5 g $Ba(OH)2*8H_2O$ 100 ml bidistile suyla karıştırıldı. Karıştırılan solüsyonlar, 37°C'de ağzı kapalı olacak şekilde etüvde saklandı.

c) 2XSSC (2X Standart tuzlu sitrat) solüsyonu: 1,7530 g NaCl (Sodyum klorür) 100 ml bidistile suda çözündü. 0,8823 g Na-Sitrat 100 ml bidistile suda çözünür. İki solüsyon birbiriyle karıştırıldı.

d) Söransan fosfat tamponu: 11,88 g HPO_4 1.000 ml bidistile suda çözünür (Stok). 9,08 gr KH_2HPO_4 (Potasyum-di-hidrojen fosfat) 1.000 ml bidistile suda çözünür (Stok). Behere önce bir miktar Na_2HPO_4 solüsyonu konur. Üzerine KH_2HPO_4 ilave edilerek pH= 6,8'e ayarlandı.

e) Boya solüsyonu: 49 ml Söransan tamponu içine, 1 ml giemsa ilave edilerek hazırlandı.

Yapılışı: C-bantlama, Sumner (1972)'ın metoduna göre yapılmıştır. Preparatlar oda sıcaklığında 1 saat 0,2 N HCl solüsyonu içinde bekletildiler. Preparatlar beher içindeki distile suda 3-4 kez çevrildikten sonra çıkarıldılar. 37°C'de etüvde saklanan %5'lik $Ba(OH)_2$ solüsyonu 100 ml'lik beherin içine karıştırılarak aktarıldı. Beher içindeki ayran görümündeki solüsyon 50°C'ye ayarlanan etüve konuldu ve solüsyonun sıcaklığı 50°C oluncaya etüvde bekletildi. Preparatlar beher içine daldırıldı ve 15 dk beklendi. Beher içindeki distile suda çalkalandılar. Preparatlar, 60°C su banyosuna yarım saat önce konan ve içinde 2xSSC bulunan 100 ml'lik beher içinde 1 saat bekletildi. Preparatlar beher içindeki distile suda çalkalama yapıldıktan sonra 1,5 saat %2'lik giemsa boyası ile boyandılar. Beher içindeki distile suda çalkalandılar ve havada kurutuldular.

3.2.3. Ag-NOR boyama

Kullanılan çözeltiler:

1) %50'lik Gümüş Nitrat çözeltisi: 1 g $AgNO_3$, 2 ml distile su içinde çözünür. Alüminyum folyo ile sarıldı ve buzdolabında (+4°C) saklandı.

2) Amonyak çözeltisi: 6,4 ml NH_3, 3,6 ml su ile karıştırılarak stok solüsyonu hazırlandı.

3) Amonyak-Gümüş Nitrat çözeltisi: 0,5 gr $AgNO_3$ üzerine stok amonyak solüsyonundan 1,25 ml ilave edildi ve karıştırıldı. Alüminyum folyo ile sarıldı, +4°C'de saklandı.

4) %35'lik Formaldehit çözeltisi: 3,5 ml Formaldehit üzerine 6,5 ml distile su ilave edilerek karıştırıldı.

Yapılışı: Howell ve Black (1980)'in "One-Step" metoduna göre yapılmıştır. Hazırlanan preparatlar 5-7 gün kadar bekletildikten sonra preparatın yayma olmayan bir köşesine 140 ml %50'lik gümüş nitrat çözeltisi, diğer köşesine 70 ml koloidal geliştirici, pipetle damlatılarak iki sıvının karışması sağlanmıştır. Yaymanın üzerine

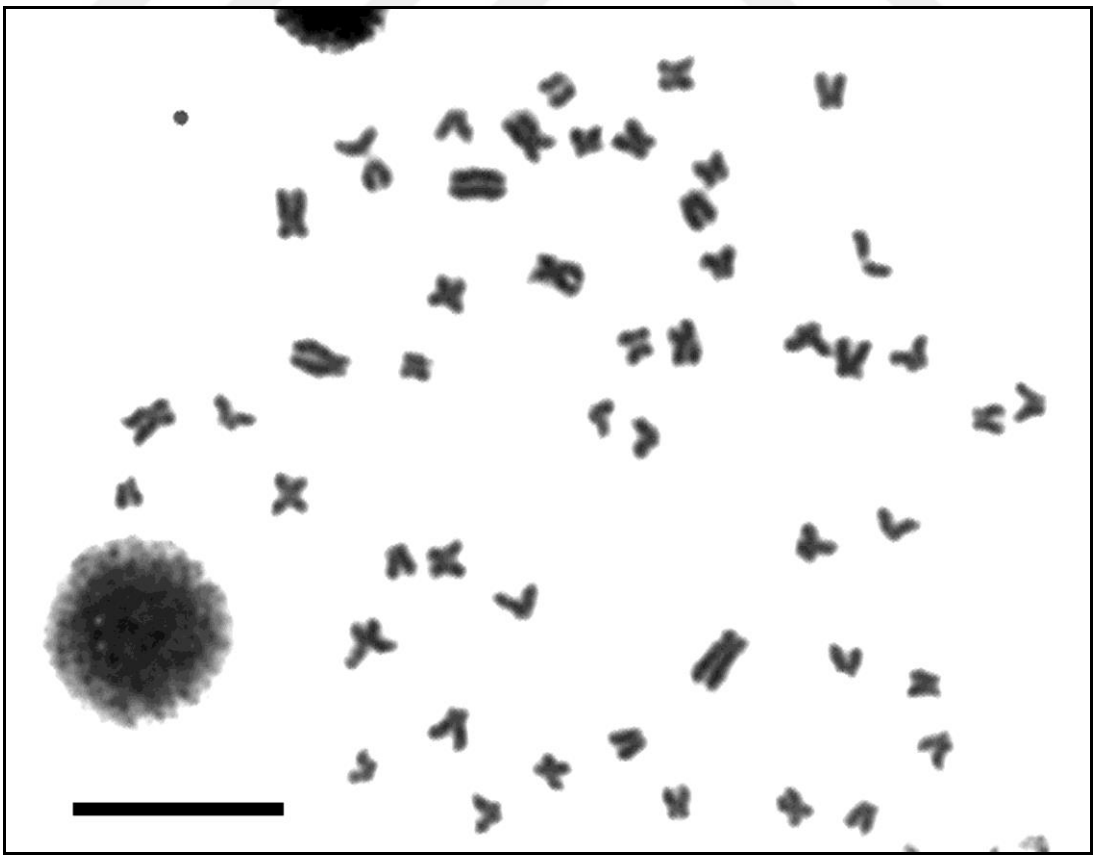
gelecek şekilde solüsyon üzerine lamel kapatıldı ve ısıtıcıda 70 °C'de 30 sn bekletilip preparatın renginin altın-kahverengiye döndüğü gözlendi. Preparatlar ısıtıcı üzerinden kaldırılıp ve üzerindeki lamel alındı ve preparatlar distile suda yıkandı ve daha sonra kurutma kâğıdı üzerine bırakılarak kuruması beklenmiştir. Kuruduktan sonra üzerine sodyum tiyosülfat çözeltisinden 1-2 ml damlatılıp 20-30 sn bekletildikten sonra preparatlar distile suda yıkandı. %5'lik Giemsa çözeltisinde 5 dk boyandıktan sonra boyama işlemini takiben lamlar, her birinde 30 sn tutulmak suretiyle 2 kez aseton, 1 kez 1/1 oranındaki aseton/ksilol ve 2 kez de ksilol ihtiva eden dehidrasyon banyolarından geçirildi. Banyo işlemi tamamlandıktan sonra lamlar havada kurutuldu ve 1-2 damla entellan damlatılarak lamelle kapatıldı.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

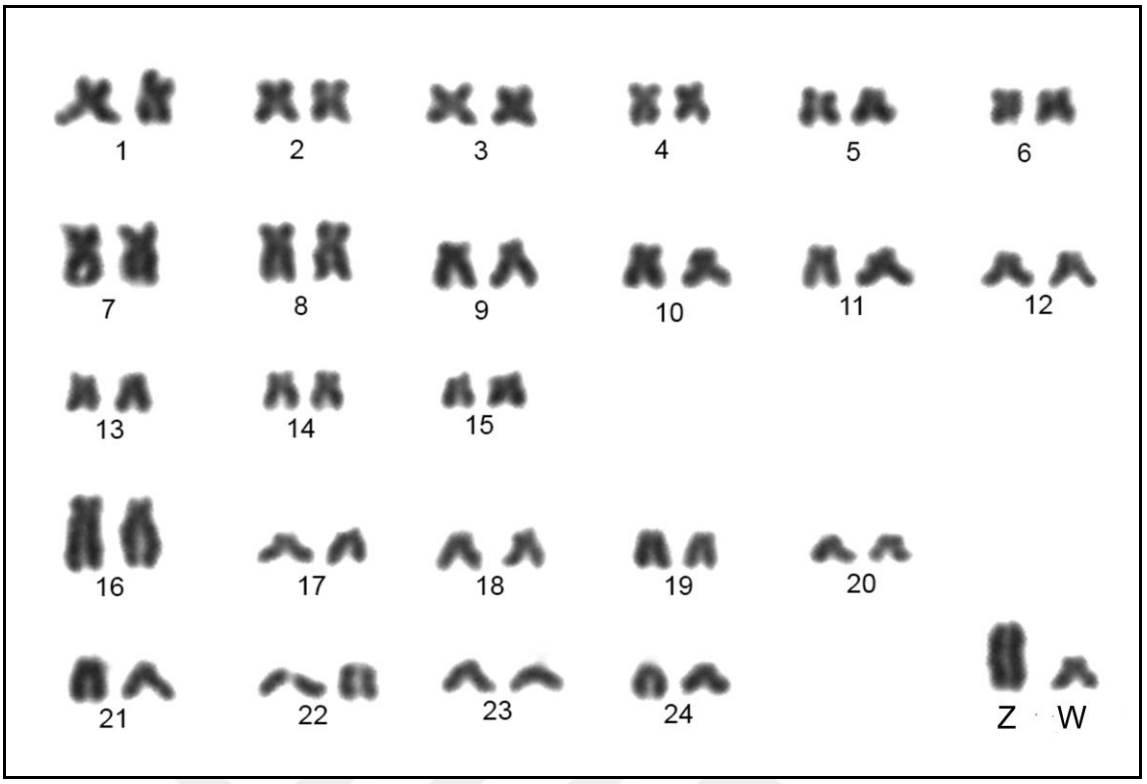
Bu çalışmada, lokal endemik Akşehir Tatlısu Kefali *Squalius recurvirostris*'in standart C ve NOR bantlı karyotip özellikleri ilk defa bu çalışmada ortaya konmuştur.

4.1. Standart Giemsa Boyama

Bu çalışmada, *Squalius recurvirostris*'in diploid kromozom sayısı 2n=50 olarak tespit edilmiştir. Kromozom seti içerisinde 6 çift metasentrik, 9 çift submetasentrik, 5 çift subtelosentrik ve 4 çift akrosentrik kromozom tespit edilmiştir. Gonadları dişi olarak tespit edilen bireylere ait karyotip içerisinde bir çift heteromorf kromozom tespit edilmiştir. Erkek bireylerde bu farklılık görülmemiştir. Bu nedenle dişi bireylerdeki heteromorf kromozom çifti cinsiyet kromozomu olduğu belirlenmiştir. Dişi bireylerdeki farklı morfolojiye sahip cinsiyet kromozomlarının olması ZZ/ZW sisteminin olduğu anlaşılmaktadır. Çalışılan dişi bireylerde Z kromozomu büyük akrosentrik ve W kromozomu ise orta büyüklükte submeta/subtelosentriktir. Bu nedenle bu türün otozomal kromozom kol sayısı değeri NFa=88 olarak tespit edilmiştir. Dişi bireyler için NF değeri 90 olarak belirlenmiştir.



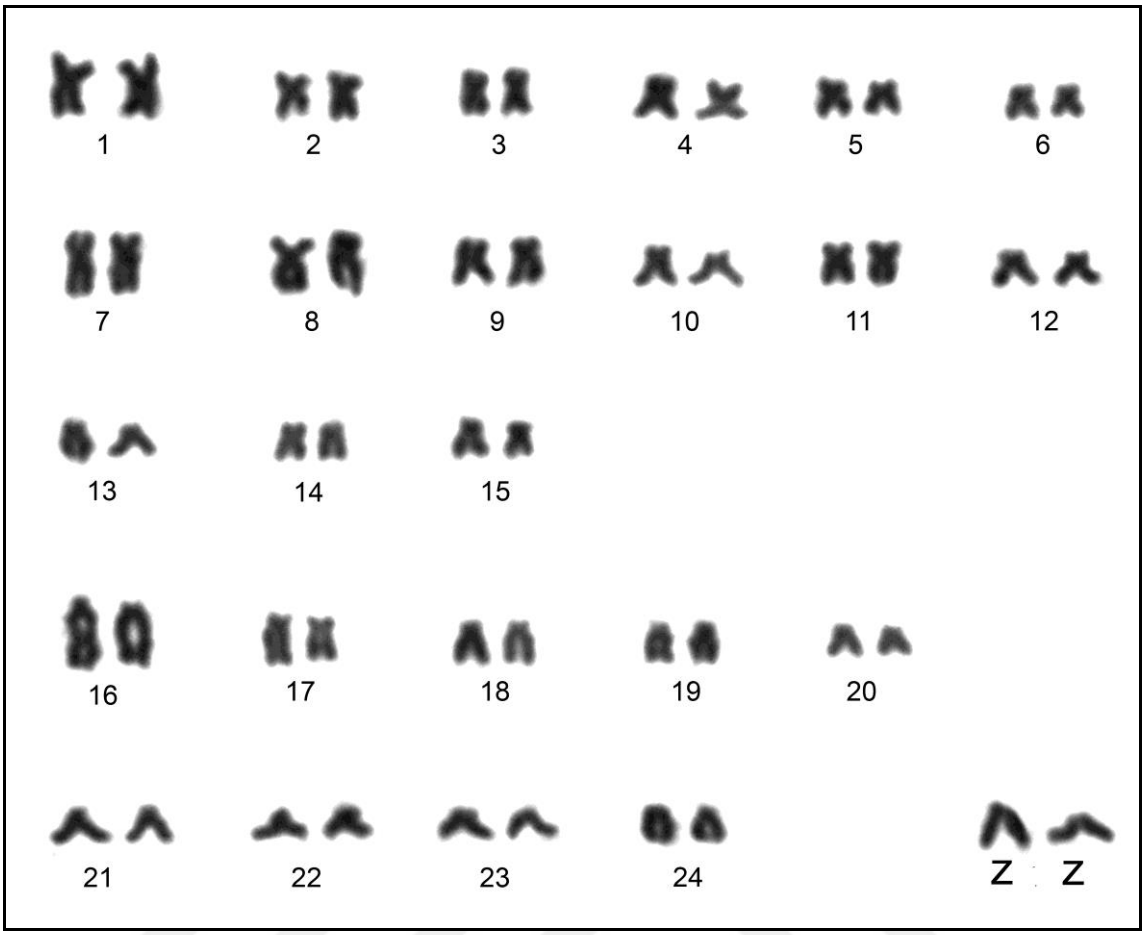
Şekil 4.1. *Squalius recurvirostris*'in metafaz plağı (Ilgın popülasyonu – Dişi birey)



Şekil 4.2. *Squalius recurvirostris*'in karyotipi (Ilgın popülasyonu – Dişi birey)



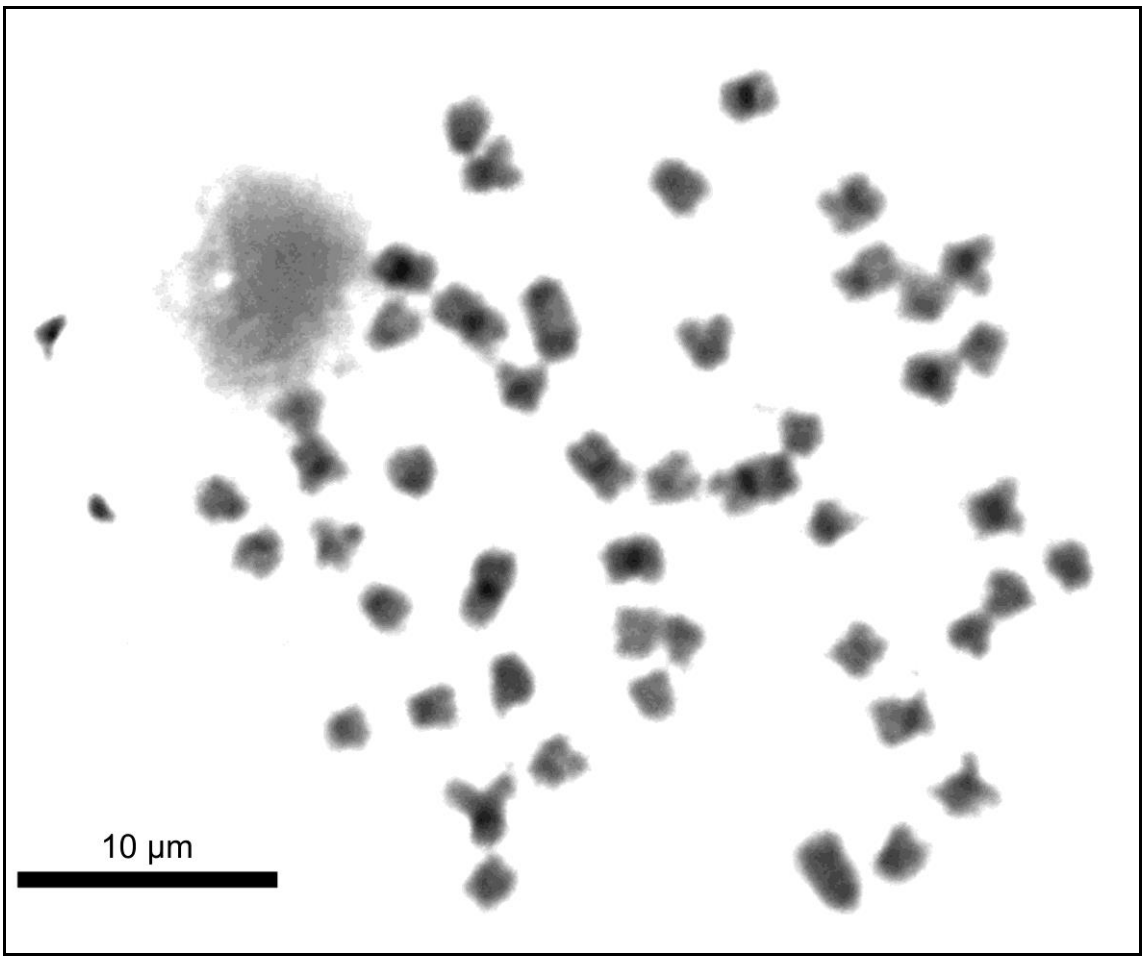
Şekil 4.3. *Squalius recurvirostris*'in metafaz plağı (Doğanhisar popülasyonu – Erkek birey)



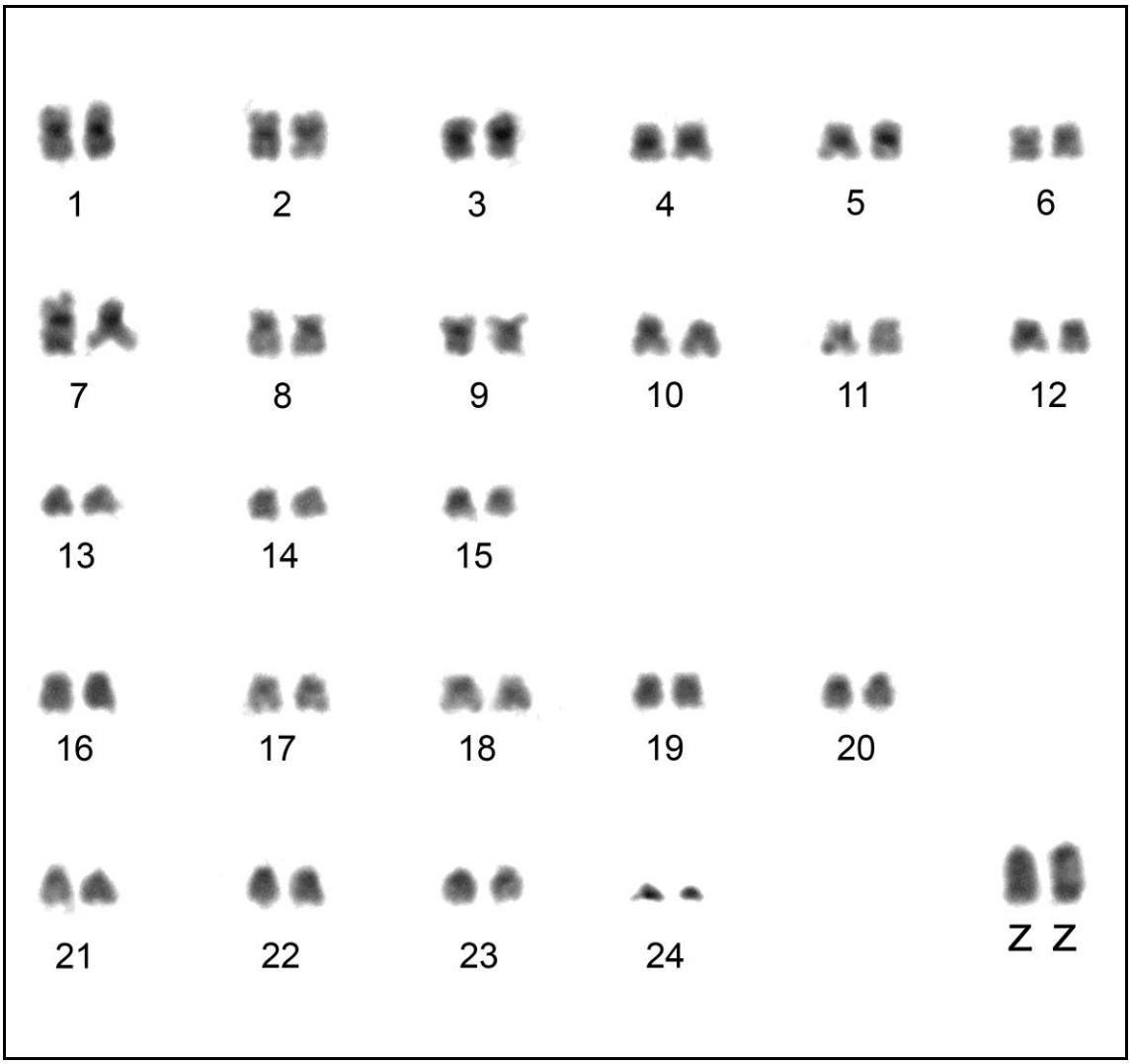
Şekil 4.4. *Squalius recurvirostris*'in karyotipi (Doğanhisar popülasyonu – Erkek birey)

4.2. C-bantlama

Akşehir tatlısu kefali'nin C bantlı karyotipi Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Kromozom seti içerisindeki bazı iki kollu ve akrosentrik kromozomların sentromer bölgesinde C-bantlar gözlemlenmiştir. Bazı kromozomlarda ise hafif sentromerik veya perisentromerik C-bantlar gözlemlenirken diğer kromozom çiftlerinin C-negatif olduğu tespit edilmiştir.



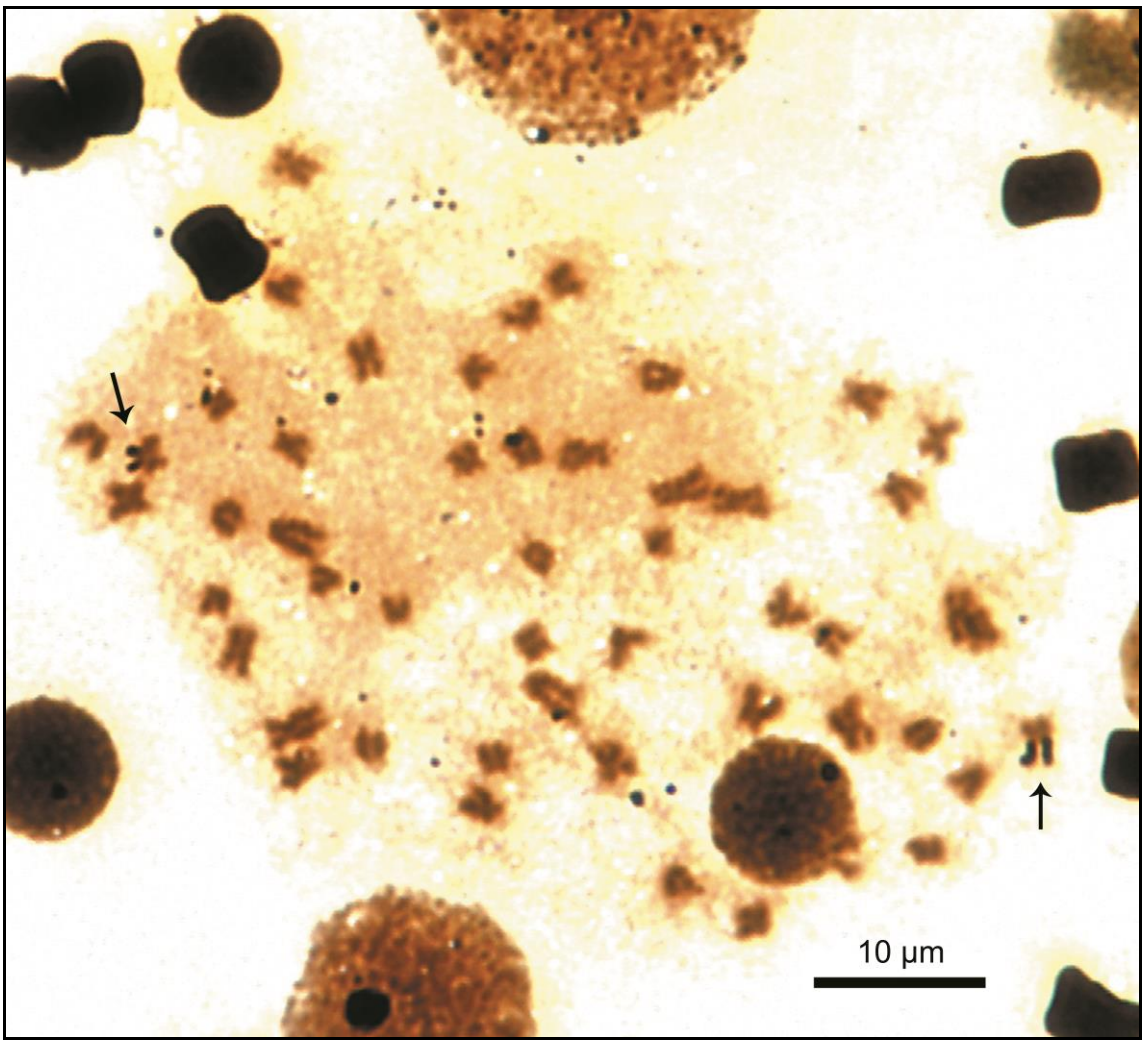
Şekil 4.5. *Squalius recurvirostris*'in C-bantlı metafaz plağı (Erkek birey)



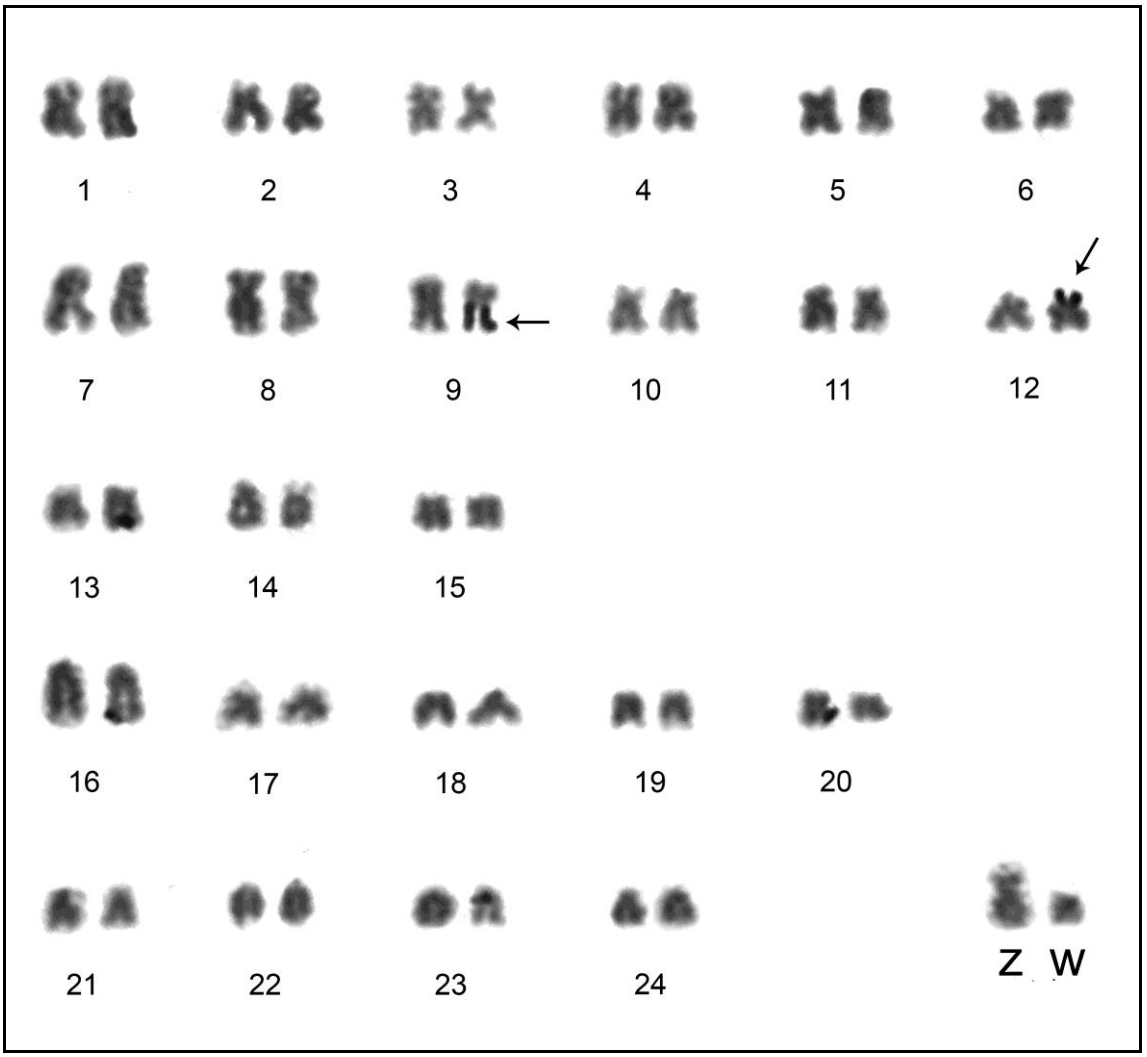
Şekil 4.6. *Squalius recurvirostris*'in C-bantlı karyotipi (Erkek birey)

4.3. Ag-NOR Boyama

Çalışılan popülasyonlarda iki farklı aktif Ag-NOR tespit edilmiştir. Bu aktif NOR'lardan bir tanesi iki kollu kromozom çiftinin homologlarından bir tanesinin uzun kolunun tamamında ve diğeri iki kollu kromozom çiftinin homoglarından bir tanesinin kısa kolunun tamamında tespit edilmiştir. Yani tespit edilen aktif Ag-NOR'lar heteromorftur (Şekil 4.8).



Şekil 4.7. *Squalius recurvirostris*'in gümüş nitrat bantlı dişi bireyin metafaz plağı (Oklar aktif NOR'ları göstermekte)



Şekil 4.8. *Squalius recurvirostris*'in gümüş nitrat bantlı dişi bireyin karyotipi (Oklar aktif NOR'ları göstermekte)

Günümüze kadar balıklar üzerinde yapılan karyotip çalışmalarının büyük bir çoğunluğunu kemikli balıklar olan teleostlar oluşturmaktadır. Cyprinidae familyası, teleostlar içerisinde en fazla karyotip çalışma yapılan familyadır. Yapılan karyotip çalışmalarda, Cyprinidae familyasına ait türlerin diploit kromozom sayısının 40 ile 160 arasında değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Karyolojisi çalışılan balıkların çok az bir kısmı dışında eşeysel kromozomları morfolojik olarak tespit edilememiştir (Jankun, 2004). Genetik, fizyolojik ve çevresel etmenler eşeysel kromozomların tespitini zorlaştıran temel faktörlerdir (Devlin ve Nagahama, 2002).

Ülkemizdeki balık karyolojisi çalışmaları son 30 yıl içerisinde artış göstermiştir. Karyotipi yapılan türlerin büyük bir çoğunluğunu Cyprinidae familyası oluşturmaktadır (Karahan ve Ergene, 2009; Arslan ve Taki, 2012; Gaffaroğlu ve ark., 2013). Türkiye'de dağılış gösteren ve Cyprinidae familyasını temsil eden 27 cinse ait 72 tür ve alttürün karyolojik çalışmaları yapılmıştır. Araştırmacılar, *Squalius* ve *Leuciscus* olarak adlandırılan iki cinsin birbiriyle sinonim olduğunu ifade etmişlerdir. Doadrio ve Carmona (2006), *Squalius anatolicus*'un *Leuciscus* olarak ifade edilen cinsin sinonim olduğunu ifade etmiştir. Yayınlanan bir çalışmada ise Bogustkaya (1997), Beyşehir Gölü'ndeki *Squalius anatolicus*'un farklı bir popülasyon olduğunu belirtmiştir.

Squalius cephalus (Syn: *Leuciscus cephalus*)'un karyolojik çalışmaları farklı lokalitelerden bildirilmiş ve bu çalışmalarda kromozom sayısı 2n=50 olarak ifade edilmiştir. Pekol (1999), *Squalius cephalus* (Syn: *Leuciscus cephalus*)'un Beyler populasyonunun 9 çift metasentrik, 6 çift submetasentrik, 10 çift subtelosentrik; Germeçtepe popülasyonunun 10 çift metasentrik, 6 çift submetasentrik, ve 9 çift subtelosentrik kromozom setinden oluştuğunu belirtmiştir. İlaveten *S. cephalus*'ta üç farklı NOR fenotpinin olduğunu açıklamıştır. Berberovic ve Sofradzija (1974) Bosna Hersek popülasyonlarının 10 çift metasentrik-submetasentrik ve 15 çift akrosentrik; Cataudella ve ark. (1974) İtalya popülasyonlarının 8 çift metasentrik, 6 çift submetasentrik, 6 çift subtelosentrik ve 5 çift akrosentrik; Hafez ve ark. (1978) Fransa popülasyonlarının 9 çift metasentrik, 10 çift submetasentrik-subtelosentrik ve 6 çift akrosentrik; Bianco ve ark. (2004) İtalya popülasyonlarının 8 çift metasentrik, 13 çift submetasentrik, 4 çift subtelosentrik-akrosentrik; Boron ve ark. (2009) Polonya popülasyonlarının 5 çift metasentrik, 11 çift submetasentrik, 5 çift subtelosentirk ve 4 çift akrosentrik; Kiliç ve Şişman (2016) Türkiye popülasyonlarının 5 çift metasentrik, 11 çift submetasentrik, 5 çift subtelosentirk ve 4 çift akrosentrik kromozom çiftinden oluştuğunu ifade etmişlerdir. Pekol ve Arslan (2015) Beyler Barajı'ndaki *Squalius*

cephalus (Syn: *Leuciscus cephalus*)'un NOR fenotipini subtelosentrik ya da akrosentrik kromozomun kısa kollarında olduğunu ifade etmiştir. Boron ve ark. (2009) bir submetasentrik kromozom çiftinin uzun kolunda ve bir subtelosentrik kromozom çiftinin kısa kolunda aktif NOR tespit ettiklerini belirtmişlerdir. Yapılan bu çalışmada aktif NOR'lar homomorf olarak tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda ise aktif NOR'lar heteromorf şeklindedir.

Kılıç Demirok (2000) *S. orienthalis*'in kromozom sayısını 2n = 50, karyotipinin 7 çift metasentrik, 10 çift submetasentrik, 8 çift subtelosentrik-akrosentrik kromozom setinden oluştuğunu ve temel kromozom kol sayısının 84 olduğunu bildirmiştir.

Ünal ve Gaffaroğlu (2016) *Squalius seyhanensis*'in kromozom sayısını 2n=50 (16 metasentik, 28 submetasentrik ve 6 akrosentrik-telosentrik) ve NF=94 olarak tespit etmişlerdir. Bir çift submetasentrik kromozomun kısa kolunun ucunda konstitütif heterokromatin tespit etmişlerdir. Ayrıca üç farklı kromozom çiftinde NOR saptanmıştır.

Ünal (2011) Beyşehir Gölü'ndeki *Squalius anatolicus*'un kromozom sayısını 2n=50 ve NF değerini 82 olarak tespit etmiştir. Çoğu kromozomun sentromerinde C-bantlar tespit etmiştir. Bir çift büyük submetasentrik kromozomun kısa kolunda NOR tespit ettiğini ve homolog kromozomlarda NOR büyüklük heteromorfizmi olduğunu ifade etmiştir. Beyşehir Gölü'ndeki bu çalışma ve bizim çalışma alanımız (Ilgın, Doğanhisar ve Sarayönü) göz önüne alındığında elde ettiğimiz sonuçlar büyük oranda benzerlik göstermektedir.

Çizelge 5.1. Karyolojisi çalışılan *Squalius* türleri

Tür	2n	Karyotip	Z	W	NF	Kaynak
		20M-SM+30A	-	-	70	Berberovic ve Sofradzija, 1974
		16M+12SM+12ST+10A	-	-	78	Cataudella, 1977
		18M+20SM-ST+12A	-	-	88	Hafez ve ark., 1988
Squalius cephalus	50	18M+12SM+20ST-A	-	-	80	Pekol, 1999
		16M+26SM+8ST-A	-	-	92	Bianco ve ark., 2004
		10M+22SM+10ST+10A	-	-	82	Boron ve ark., 2009
		10M+22SM+10ST+8A	-	-	92	Kılıç ve Şişman, 2016
Squalius anatolicus	50	10M+22SM+10ST+8A	-	-	82	Ünal, 2011
Squalius orientalis	50	14M+20SM+16ST-A	-	-	84	Kılıç Demirok, 2000
Squalius seyhanensis	50	16M+28SM+6ST-A	-	-	94	Ünal ve Gaffaroğlu, 2016
Squalius recurvirostris	50	12M+18SM+10ST+8A	A	ST	90	Bu çalışma

Ráb ve ark. (1996), Leuciscinae alt familyası içerisindeki cyprinidlerin kromozom sayısının 2n=50-52 ve temel kromozom kol sayısı değerinin NF=80-100 arasında

değişiklik gösterdiğini ifade etmiştir. Bahsedilen değerler ile araştırma sonuçlarımızın uyumlu olduğu görülmektedir.

Leucaspius delineatus'da kromozom sayısı 2n=50 olarak tespit edilmiştir. Gümüş nitrat boyamada, 23 nolu kromozomda NOR saptanmıştır (Mayr ve ark., 1986).

Leucaspius idus'un kromozom sayısı Almanya'da 2n=52; Çek Cumhuriyeti'nde 2n=50 (38m-sm+12st-a ve NF=88 / 10m+26sm+6st+8a ve NF=86) tespit edilmiştir (Lueken ve Foerster, 1969; Hinegardner ve Rosen, 1972; Sofradzija, 1977; Boron ve ark., 2009). En büyük ikinci submetasentrik kromozomun uzun kollarında aktif NOR'ların tespit edildiği bildirilmiştir.

Leuciscus türleri üzerinde yapılan çalışmalarda, *Leuciscus leuciscus*'da kromozom sayısı 2n=50 olmak üzere farklı çalışmalarda karyotipi: 2n=40m-sm+10a ve NF=90; 2n=16m+22sm+12a ve NF=88; 2n=12m+8st+6a ve NF=86 şeklindedir. Kromozomların birçoğunun sentromerinde ve NOR bölgelerinde C-bant tespit edildiği ifade edilmiştir (Hafez ve ark., 1978; Boron ve ark., 2009). *Leuciscus aspius* (Syn: *Aspius aspius*)'un kromozom sayısı İsveçte 2n=52 (21m+5a ve NF=94), Çek Cumhuriyeti'nde 2n=50 (5m+9sm+10st+6a ve NF=78 / 7m+14sm+4st-a ve NF=92) olarak tespit edilmiştir. En küçük akrosentrik kromozom çiftinin uzun kollarında NOR tespit edilmiştir (Nygren ve ark., 1975; Arefjev, 1988; Ráb ve ark., 1990).

Cinsiyet aracılığıyla üreme, çok hücreli organizmalarda nesiller arasında genetik bilginin aktarılmasında yaygın bir temadır. Cinsel üreme, döllenme sırasında iki bireyden gelen gamet füzyonunu içerir ve bu da bir zigot oluşumuna yol açar. Gametler, boyut ve biçim bakımından benzer (izogami) veya farklıdır (anizogami). Ayrı cinsiyetler olarak erkeklerin ve dişilerin varlığına yol açabilecek olan anizogamidir.

Cinsiyet çevre tarafından belirlenebilir veya genetik olarak bir otozomda veya cinsiyet kromozomlarında bulunan bir veya daha fazla lokus tarafından kontrol edilebilir (Ellegren, 2011). Cinsiyet kromozomları, Erkek heterogameti (dişiler XX ve erkekler XY'dir) ve dişi heterogameti (dişiler ZW ve erkekler ZZ'dir) şeklinde iki kalıtım düzeninden birini alabilir.

Spermin cinsiyeti belirlediği XY cinsiyet belirleme sistemi ve X0 cinsiyet belirleme sisteminin aksine, ZW sisteminde yumurta yavruların cinsiyetini belirler. Erkekler homojenik cinsiyettir (ZZ), dişiler ise heterogametik cinsiyettir (ZW). Bu sistemde, Z kromozomu daha büyüktür ve XY sistemindeki X kromozomu gibi daha fazla gen içerir (Devlin ve Nagahama, 2002).

Kemikli balıklar üzerine yapılan araştırmalarda, cinsiyet belirleme biçimlerinde dikkate değer bir çeşitlilik göstermektedir. Memeliler XX-XY ve kuşlar ZZ-ZW cinsiyet kromozomları ile nitelendirilirken, balıklarda hem morfolojik olarak farklılaşan hem de farklılaştırılmış homologları içeren cinsiyet kromozomları üzerinde kurucu genetik ve poliojenik mekanizmaların, çevresel etkilerin, hermafroditizmin ve tek cinsiyeti içeren farklı kromozom sistemleri tanımlanmıştır ve bu mekanizmaların etkisi yapılan bağımsız çalışmalarda birçok kez ortaya çıkmıştır (Nanda ve ark., 1992; Devlin ve Nagahama, 2002; Mank ve Avise, 2009). Diğer omurgalı sınıfları ile karşılaştırıldığında balık türlerinin cinsiyet kromozomları sitogenetiği çalışılan türlerin yaklaşık % 10'unda tespit edilmiştir (Haaf ve Schmid, 1984; de Almeida Toledo ve Foresti, 2001).

Bir popülasyondaki bireyler arasındaki diğer kromozom çiftleri ile benzer farklılıklar bulunabilir ancak kromozom yapısındaki bu farklılıklar bir cinsiyetle sınırlı olduğunda, cinsiyet kromozomlarının mevcudiyeti kuvvetle belirtilir. Bugüne kadar sitolojik olarak tanımlanan balıklarda bulunan tüm cinsiyet kromozomları bir cinsiyette belirgin şekilde heteromorfiktir ve bu nedenle basit geleneksel boyama yöntemleri ile tanınabilir (Beçak, 1983). Karyotipik analiz, hangi cinsiyetin heterogametik olduğunu ve hangisinin homogametik olduğunu ortaya koyar, böylelikle türlerin uyguladığı cinsiyet belirleme mekanizması hakkında bilgi verir (Devlin ve Nagahama, 2002).

Koehler ve ark. (1995) yapmış olduğu çalışma da, farklı *Scardinius erythrophthalmus* bireylerinin cinsiyetini gonadları yardımıyla tespit ederek erkek ve dişi olarak karyotipleme yapmıştır. Karyotip formüllerini dişi ve erkek bireylerde 48 metasentrik/submetasentrik şeklinde tespit ettiğini ve eşey kromozomlarının erkeklerde bir çift büyük metasentrik (ZZ), dişilerde büyük bir metasentrik ve küçük bir akrosentrik (ZW) şeklinde ifade etmiştir.

Parise-Maltempi ve ark. (2007) *Leporinus elongatus*'un ZZ/ZW kromozom sistemine sahip olduğunu ifade etmiştir.

Diniz ve ark. (2008) kromozom sayısı 2n=52 olan Characidae familyasından bir balık türü olan *Triportheus nematurus*'un erkek ve dişi bireylerin aynı karyotip formülüne sahip olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, dişiler bir ZZ / ZW cinsiyet kromozom sistemini karakterize eden bir çift farklılaşmış heteromorfik kromozom içerdiğini ve Z kromozomunun büyük metasentrik kromozom olduğu ifade edilmiştir.

Vujosevic ve ark. (1983) *Squalius cephalus* (Syn: *Leuciscus cephalus*)'un eşey kromozomlarının ZZ/ZW kromozom sisteminde olduğunu ve W kromozomunun en

büyük submetasentrik olduğunu ifade etmiştir. Çalışmamızda, dişi bireydeki W kromozomunun submetasentrik/subtelosentrik olarak tespit edilmesi bahsedilen bu çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Yapılan bu çalışmada, *Squalius recurvirostris*'in dişi bireylerin karyotipinde heteromorf bir çift kromozom tespit edilmiştir. Ancak erkek bireylerde bu farklılık tespit edilememiştir. Bu nedenle bu türün eşey kromozomları ZZ/ZW sistemi ile ifade edilebileceği ortaya çıkmıştır. Bu şekildeki eşey kromozom sistemi Türkiye'de çalışılan tatlısu balık türlerinde ilk defa tespit edilmiş olması önemli bir bulgudur. (Çizelge 5.1.).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1) Ilgın (Çavuşçu) gölü, Sarayönü ve Doğanhisar'daki tatlı su kaynaklarında dağılış gösteren ve lokal endemik tür olan *Squalius recurvirostris*'in ayrıntılı karyolojik özellikleri ilk defa bu çalışmada tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada, diğer *Squalius* türlerinden farklı olarak dişi bireylerde bir çift heteromorf kromozomun tespit edilmesi ile eşey kromozomlarının ZZ/ZW sisteminde olduğu belirlenmiştir. Bu sistemin kesin olarak belirlenebilmesi için moleküler sitogenetik tekniklerden FISH uygulanabilir.

2) Mevcut literatür verilerinden elde edilen bilgilere göre balık sitogenetiği çalışmalarında standart giemsa boyamanın sıklıkla tercih edildiği anlaşılmaktadır. Diğer bantlama ve moleküler sitogenetik (FISH vs.) tekniklerin de balıkların karyolojik çalışmalarında uygulanması kesin sonuçlara ulaşma açısından önemlidir.

5.2. Öneriler

Yaptığımız karyolojik analiz sonucu Ilgın Gölü ve havzasında lokal endemik olan türün sitogenetik özelliklerinin ilk kez belirlenmesi balık sitogenetiği açısından önem arz etmektedir. Bantlama ve moleküler sitogenetik çalışmalar, standart giemsa boyamaya göre daha ayrıntılı ve güvenilir bilgiler verdiğinden dolayı bu tekniklerin geliştirilmesi faydalı olacaktır. Yapılan bu çalışmanın, Cyprinidae familyası içerisindeki tür ve alt türlerin ayrımında faydalı olabileceği gibi *Squalius* türleri üzerinde yapılacak sitogenetik çalışmalara açıklık getireceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akman, Y., 1998, Botanik: bitki biyolojisine giriş, *Palme Yayıncılık, Ankara*, p. 494.

Al-Sabti, K., Fijan, N. ve Kurelec, B., 1983, A simple and fast technique for the chromosome preparation in the fish, *Veterinarski Arhiv* 53 (6), 283-290.

Al-Sabti, K., 1986, Karyotypes of *Cyprinus carpio* and *Leuciscus cephalus*, *Cytobios*, 47 (188), 19-25.

Anonymus, 2018, https://ramneetkaur.com/category/genetics/chromosomes/, [Erişim tarihi: 11.11.2018].

Anonymus, 2019, https://pixgood.com/chromosome-structure.html, [Erişim tarihi: 05.05.2019].

Anonymus, 2019a, http://www.mun.ca/biology/scarr/Histone_Protein_Structure.html, [Erişim tarihi: 05.09.2019].

Arai, R., 2011, Fish karyotypes: a check list, Springer Science & Business Media, p. 347.

Arefjev, V., 1988, Karyotipy dvuch vidov karpovych ryb. ierecha *Aspius aspius* (L.) i goriaka Rhodeus sericeus amarus (Bloch), *Bjul. Mosk. O-va Ispyt. Prirody, Otd. biol*, 93, 57-61.

Arkhipchuk, V., 1999, Chromosome database. Database of Dr. Victor Arkhipchuk, *Fishbase World Wide Web electronic publication. Version (02/2007)*.

Arslan, A. ve Arslan, E., 2007, Karyosistematik de C-bantlama (Konstitutif heterokromatin)'nın önemi, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 2 (29), 121-126.

Arslan, A. ve Taki, F. N., 2012, C-banded karyotype and nucleolar organizer regions of *Tinca tinca* (Cyprinidae) from Turkey, *Caryologia*, 65 (3), 246-249.

Arslan, A. ve Gündoğdu, H., 2016, Cytogenetic studies on the endemic Beyşehir nase, *Chondrostoma beysehirense* (Bogutskaya, 1997) in Turkey, *Caryologia*, 69 (2), 116-120.

Ayata, M. K., Yüksel, E. ve Gaffaroğlu, M., 2016, Cytogenetic studies on six species of the leuciscine genus *Pseudophoxinus* Bleeker, 1860 (Teleostei, Cyprinidae), *Caryologia*, 69 (3), 215-222.

Ayata, M. K., Ünal, S. ve Gaffaroğlu, M., 2017, Karyotypes of *Capoeta antalyensis* (Battalgil, 1944) and *Capoeta baliki* Turan, Kottelat, Ekmekçi & İmamoğlu, 2006 (Actinopterygii, Cyprinidae), *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17 (2), 269-273.

Balíček, P., Žižka, J. ve Skalská, H., 1977, Length of human constitutive heterochromatin in relation to chromosomal contraction, *Human genetics*, 38 (2), 189-193.

Barcia, J. J., 2007, The Giemsa stain: its history and applications, *International journal of surgical pathology*, 15 (3), 292-296.

Bauchan, G. R. ve Hossain, M. A., 2001, Distribution and characterization of heterochromatic DNA in the tetraploid African population alfalfa genome, *Crop science*, 41 (6), 1921-1926.

Bayçelebi, E., Turan, D. ve Japoshvili, B., 2015, Fish fauna of Çoruh River and two first record for Turkey, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15, 783-794.

Beçak, W., 1983, Evolution and differentiation of sex chromosomes in lower vertebrates, In: Mechanisms of Gonadal Differentiation in Vertebrates, Eds: *Springer*, p. 3-12.

Becer, Z. A. ve Sarı, E., 2017, Distribution areas of *Squalius* genus in Turkey, *International Journal of Contemporary Research and Review*, 8 (11), 20247-20251.

Bennett, M. D., 1998, Plant genome values: how much do we know?, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95 (5), 2011-2016.

Berberovic, L. ve Sofradzija, R., 1974, Basic data about diploid chromosome complement of *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae: Pisces), *Bulletin Science*, 19.

Berra, T. M., 2001, Freshwater fish distribution, Academic Press, p. 587.

Bianco, P. G., Aprea, G., Balletto, E., Capriglione, T., Fulgione, D. ve Odierna, G., 2004, The karyology of the cyprinid genera *Scardinius* and *Rutilus* in Southern Europe, *Ichthyological Research*, 51 (3), 274-278.

Bilgin, B., 2004, Düzce ili ve çevresindeki Gökkuşağı alabalığı (*Oncohynchus mykiss*) üretim tesislerindeki balıklarda kromozom farklılıklarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.

Birnstiel, M. ve Chipchase, M., 1970, The nucleolus: pacemaker of the cell, *Science Journal*, 6, 41-48.

Bogustkaya, N., 1997, Contribution to the knowledge of leuciscinae fishes of Asia Minor. Part 2. An annotated check-list of leuciscinae fishes (Leuciscinae, Cyprinidae) of Turkey with description of a new species and two new subspecies, *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zool. Museum und Institut*, 94, 161-186.

Bolla, S., 1987, Cytogenetic studies in Atlantic salmon and rainbow trout embryos, *Hereditas*, 106 (1), 11-17.

Bonner, J., 1979, Properties and composition of isolated chromatin, In: *Chromatin Structure and Function*, Eds: Springer, p. 3-13.

Boron, A., Porycka, K., Ito, D., Abe, S. ve Kirtiklis, L., 2009, Comparative molecular cytogenetic analysis of three *Leuciscus* species (Pisces, Cyprinidae) using chromosome banding and FISH with rDNA, *Genetica*, 135 (2), 199.

Boroń, A., 2001, Comparative chromosomal studies on two minnow fish, *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758) and *Eupallasella perenurus* (Pallas, 1814); an associated cytogenetic-taxonomic considerations, *Genetica*, 111 (1-3), 387-395.

Cataudella, S., Civitelli, M. ve Capanna, E., 1974, Chromosome complements of the Mediterranean mullets (Pisces Perciformes), *Caryologia*, 27 (1), 93-105.

Cataudella, S., Sola, L., Muratori, R. A. ve Capanna, E., 1977, The chromosomes of 11 species of Cyprinidae and one Cobitidae from Italy, with some remarks on the problem of polyploidy in the Cypriniformes, *Genetica*, 47 (3), 161-171.

Çiçek, E., Birecikligil, S. S. ve Fricke, R., 2015, Freshwater fishes of Turkey: a revised and updated annotated checklist, *Biharean Biologist*, 9 (2), 141-157.

Çolak, A., Sezgin, İ. ve Süngü, S., 1985, Sazangiller familyasina (Cyprinidae) ait beni baliginda (*Cyprinion macrostomum* Heckel, 1843) kromozomal arastirmalar, *Doga Türk biyoloji dergisi*, 9, 193-195.

Contreras, L., Torres-Mura, J. ve Spotorno, A., 1990, The largest known chromosome number for a mammal, in a South American desert rodent, *Experientia*, 46 (5), 506-508.

Crosland, M. W. ve Crozier, R. H., 1986, Myrmecia pilosula, an ant with only one pair of chromosomes, *Science*, 231 (4743), 1278-1278.

de Almeida Toledo, L. ve Foresti, F., 2001, Morphologically differentiated sex chromosomes in neotropical freshwater fish, *Genetica*, 111 (1-3), 91-100.

Değer, D., Ünlü, E. ve Gaffaroğlu, M., 2011a, Dicle Nehri'nde Yaşayan *C. luteus* (Heckel, 1843) Türünün Karyolojik Özellikleri. X. Ekoloji ve Çevre Kongresi. 4-7 Ekim, Çanakkale.

Değer, D., Ünlü, E. ve Gaffaroğlu, M., 2011b, *Kosswigobarbus kosswigi* (Ladiges, 1960) türünün karyotip analizi. FABA. 7-9 Eylül, Samsun.

Demirsoy, A., 1991, Yaşamın temel kuralları, *Meteksan Matbaacılık ve Teknik Sanayi Tic. Ltd. Şti., Ankara*, p. 1-560.

Demirsoy, A., 1995, Kalıtım ve Evrim, *Meteksan A.Ş., VII. Baskı, Ankara*, p. 902.

Demirsoy, A., 2002, Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası "Hayvan Coğrafyası", *Meteksan A.Ş. Ankara*, p. 1007.

Denton, T. E., 1973, Fish chromosome methodology, Thomas; Springfield, p. 1-166.

Derenzini, M., Trere, D., Pession, A., Montanaro, L., Sirri, V. ve Ochs, R. L., 1998, Nucleolar function and size in cancer cells, *The American journal of pathology*, 152 (5), 1291-1297.

Devlin, R. H. ve Nagahama, Y., 2002, Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences, *Aquaculture*, 208 (3-4), 191-364.

Diniz, D., Moreira-Filho, O. ve Bertollo, L. A. C., 2008, Molecular cytogenetics and characterization of a ZZ/ZW sex chromosome system in *Triportheus nematurus* (Characiformes, Characidae), *Genetica*, 133 (1), 85.

Doadrio, I. ve Carmona, J. A., 2006, Phylogenetic overview of the genus Squalius (Actinopterygii, Cyprinidae) in the Iberian Peninsula, with description of two new species, *Cybium*, 30, 199-214.

Durand, J. M., Ünlü, E., Doadrio, I., Pipoyan, S. ve Templeton, R. A., 2000, Origin, radiation, dispersion and allopatric hybridization in the chub Leuciscus cephalus, aspinine relationships, *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 96, 599-620.

Ellegren, H., 2011, Sex-chromosome evolution: recent progress and the influence of male and female heterogamety, *Nature Reviews Genetics*, 12 (3), 157.

Emiroğlu, Ü. ve Bürün, B., 2017, Kromozomlar temel kavramlar ve mekanizmalar, *Ege Üniversitesi Yayınları*, p. 426.

Ergene, S., Kuru, M. ve Çavaş, T., 1998, Karyological Analysis of *Barbus plebejus lacerta* (Heckel, 1843), II, *II. Uluslararası Kızılırmak Fen Bilimleri Kongresi*, 426-433.

Ergene, S., Karahan, A. ve Kuru, M., 2010, Cytogenetic analysis of *Pseudophoxinus antalyae*, Bogustkaya, 1992 (Pisces: Cyprinidae) from the eastern Mediterranean river basin, Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, 34 (1), 111-117.

Esmaeili, H. R., Zareian, H., Gholamhosseini, A., Ebrahimi, M., Gholami, Z., Teimori, A. ve Ansari, T. H., 2010, Karyotype analysis of the King Nase fish, *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) (Actinopterygii: Cyprinidae) from Iran, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 477-481.

Felip, A., Carrillo, M., Herráez, M., Zanuy, S. ve Basurco, B., 2009, Advances in fish reproduction and their application to broodstock management: a practical manual for sea bass, *Options Méditerranéennes. Série B, Études et Recherches*, 63, 1-95.

Froese, R. ve Pauly, D., 2015, FishBase 2015: World Wide Web electronic publication, *Google Scholar*.

Gaffaroglu, M. ve Yuksel, E., 2005, *Chalcalburnus mossulensis* Hekel, 1843 (Pisces: Cyprinidae)'in karyotipi, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17 (1), 144-120.

Gaffaroğlu, M., 2003, Karakaya Baraj Gölü'nde yaşayan Cyprinidae familyasına ait bazı türlerin karyolojik analizleri, Doktora Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya*, 65.

Gaffaroğlu, M., Yüksel, E. ve Ráb, P., 2006, Note on the karyotype and NOR phenotype of leuciscine fish *Acanthobrama marmid* (Osteichthyes, Cyprinidae), *Biologia*, 61 (2), 207-209.

Gaffaroğlu, M., Yılmaz, M. ve Yılmaz, M., 2009, Karyotype of *Pseudorasbora parva* (Temminck and Schlegel 1846)(Pisces, Cyprinidae) in Kızılırmak River, Turkey, *Kafkas Univ. Vet. Fak. Dergisi*, 15 (3), 407-409.

Gaffaroğlu, M., Ayata, M. K., Ünal, S. ve Arslan, A., 2013, Chromosomal studies of two different populations (Turkey) of *Luciobarbus escherichii* (Steindachner, 1897), *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13 (5), 875-879.

Gaffaroğlu, M., Ünal, S. ve Yüksel, E., 2014. FABA2014: International Symposium on Fisheries and Aquatic Science; 25–27 September; Trabzon.

Gaffaroğlu, M., Ayata, M. K., Ünal, S. ve Kalkan, E., 2014a, *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782)(Actinopterygii, Cyprinidae)'un kromozomal özellİklerİ, *Caucasian Journal of Science*, 1 (1), 37-42.

Garrard, W., Pearson, W., Wake, S. ve Bonner, J., 1974, Stoichiometry of chromatin proteins, *Biochemical and biophysical research communications*, 58 (1), 50-57.

Geldiay, R. ve Balık, S., 2009, Türkiye tatlısu balıkları, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:46, Bornova/İzmir*, p. 644.

Geng, L., Xu, W., Jiang, H. ve Tong, G., 2013, Karyotype analysis of *Barbus capito* (Güldentstädt, 1773) using curve measurement software, *Journal of Applied Ichthyology*, 29 (4), 922-924.

Giemsa, G., 1902, Färbemethoden für malariaparasiten, *Zentralbl Bakteriol*, 31, 429-430.

Giemsa, G., 1907, Beitrag zur Färbung der Spirochäte pallida (Schaudinn) in Ausstrichpräparaten, *DMW-Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 33 (17), 676-679.

Gill, B. S. ve Kimber, G., 1974, The Giemsa C-banded karyotype of rye, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 71 (4), 1247-1249.

Goday, C. ve Pimpinelli, S., 1989, Centromere organization in meiotic chromosomes of Parascaris univalens, *Chromosoma*, 98 (3), 160-166.

Gold, J., Li, Y., Shipley, N. ve Powers, P., 1990, Improved methods for working with fish chromosomes with a review of metaphase chromosome banding, *Journal of Fish Biology*, 37 (4), 563-575.

Gold, J. R. ve Zoch, P. K., 1990, Intraspecific variation in chromosomal nucleolus organizer regions in *Notropis chrysocephalus* (Pisces: Cyprinidae), *The Southwestern Naturalist*, 35 (2), 211-215.

Gorshkova, G., Gorshkov, S. ve Golani, D., 2002, Karyotypes of *Barbus canis* and *Capoeta damascina* (Pisces, Cyprinidae) from the Middle East, *Italian Journal of Zoology*, 69 (3), 191-194.

Gorshkova, G., Gorshkov, S., Abu-Ras, A. ve Golani, D., 2012, Karyotypes of *Garra rufa* and *G. ghorensis* (Pisces, Cyprinidae) inhabiting the inland water systems of the Jordan basin, *Italian journal of zoology*, 79 (1), 9-12.

Gözükara, S. E. ve Çavaş, T., 2004, A karyological analysis of *Garra rufa* (Heckel, 1843)(Pisces, Cyprinidae) from the Eastern Mediterranean River basin in Turkey, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28 (3), 497-500.

Greilhuber, J., 1977, Why plant chromosomes do not show G-bands, *Theoretical and Applied Genetics*, 50 (3), 121-124.

Grewal, S. I. ve Jia, S., 2007, Heterochromatin revisited, *Nature Reviews Genetics*, 8 (1), 35.

Gül, S., Çolak, A., Sezgin, I. ve Kaloglu, B., 2003, Van Gölüne endemik olan İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi* Pallas 1811) kromozomlarinin C, G ve restriksiyon endonükleazlar (Alu I, Nhe I, Hae III, Mbo I, Hinf I) ile bantlanmasi, *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 27 (6).

Gül, S., Çolak, A., Sezgin, I. ve KALOĞLU, B., 2004, Karyotype analysis in *Alburnus heckeli* (Battalgil, 1943) from lake Hazer, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28 (2), 309-314.

Gülkaç, M., 1987, Malatya yöresi körfareleri (Rodentia; Spalacidae) üzerine sitogenetik bir inceleme, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya*, 45-50.

Güneri, M., Aras, S. ve Cansaran Duman, D., 2009, Telomerlerin yaşlanma ve kanser ilişkisindeki rolü, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 66 (4), 187-195.

Haaf, T. ve Schmid, M., 1984, An early stage of ZW/ZZ sex chromosome differentiation in *Poecilia sphenops var. melanistica* (Poeciliidae, Cyprinodontiformes), *Chromosoma*, 89 (1), 37-41.

Hafez, R., Labat, R. ve Quillier, R., 1978, Etude cytogenétique chez quelques espèces de cyprinides de la ragion Midi Pyrénées, *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, 114 (1-2), 122-159.

Hamalosmanoğlu, M. ve Kuru, M., 2003, Karyotype analyses of the *Cyprinus carpio* (L., 1758)(carp) live in Mogan Lake (Ankara), *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty*, 23 (1), 1-10.

Hamalosmanoğlu, M. ve Kuru, M., 2004, Mogan Gölünde (Ankara) Yaşayan Kadife Balığının (*Tinca tinca* L., 1758) Karyotip Analizi ve İdiogramI, *Turk J Vet Anim Sci*, 28, 143-147.

Hartley, S. E. ve Horne, M. T., 1985, Cytogenetic techniques in fish genetics, *Journal of Fish Biology*, 26, 575-582.

Heitz, E., 1931, Nukleolen und chromosomen in der *Gattung Vicia*, *Planta*, 15 (3), 495-505.

Hillis, D. M., Moritz, C., Mable, B. K. ve Olmstead, R. G., 1996, Molecular systematics, *Sinauer Associates Sunderland, MA*, p. 159-160.

Hinegardner, R. ve Rosen, D. E., 1972, Cellular DNA content and the evolution of teleostean fishes, *The American Naturalist*, 106 (951), 621-644.

Howell, W. M. ve Black, D. A., 1980, Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1-step method, *Experientia*, 36 (8), 1014-1015.

Huisinga, K. L., Brower-Toland, B. ve Elgin, S. C., 2006, The contradictory definitions of heterochromatin: transcription and silencing, *Chromosoma*, 115 (2), 110-122.

İlhan, A., Balık, S. ve Sarı, H. M., 2014, Orta ve Batı Anadolu endemik içsu balıklarının günümüzdeki dağılımları ve koruma statüleri, *Turkish Journal of Aquatic Sciences*, 29 (2), 9-34.

IUCN, 2019, https://www.iucnredlist.org/species/19452394/19849375, [Erişim: 05.05.2019].

Jankun, M., 2004, Fish chromosomes-current status of knowledge, *Animal Science Papers and Reports*, 22 (2), 49-56.

Karahan, A. ve Ergene, S., 2009, Cytogenetic variation of geographically isolated four populations of *Garra rufa* [(Heckel, 1843) (Pisces, Cyprinidae)] in Turkey, *Caryologia*, 62 (4), 276-287.

Karahan, A. ve Ergene, S., 2010, Cytogenetic analysis of *Garra variabilis* (Heckel, 1843)(Pisces, Cyprinidae) from Savur Stream (Mardin), Turkey, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10 (4), 483-489.

Karasu, M., Yüksel, E. ve Gaffaroğlu, M., 2011, Karyotype, NORs, and C-banding analysis of *Pseudophoxinus firati* Bogutskaya, Küçük & Atalay, 2007 (Actinopterygii, Cyprinidae) in the Euphrates River, Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, 35 (6), 865-868.

Karol, S., Ayvalı, C. ve Suludere, Z., 2000, Hücre Biyolojisi, Öğün Matbaacılık, Ankara, p. 337.

Karsavuran, Y., 1981, Böceklerin sınıflandırılmasında kromozomlarda yararlanma, *Türk. Bit. Kor. Derg.* , 5 (2), 115-130.

Kaya, F., 2009, Göksu Nehri'nde yaşayan bazı ekonomik balıkların karyolojilerinin incelenmesi, Doktora Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin*.

Khosravanizadeh, A., Pourkazemi, M. ve Nowrozfashkhami, M., 2013, Karyology study of Spirlin (*Alburnoides bipunctatus*) in Zabol region, *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 22 (2), 137-146.

Kılıç-Neval, D. ve Ünlü, E., 2004, Karyotype of cyprinid fish *Alburnoides bipunctatus* (Cyprinidae) from the Tigris River, *Folia Biologica*, 52 (1-2), 57-59.

Kiliç, D. ve Şişman, T., 2016, Karyotype analysis of chub, *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)(Teleostei: Cyprinidae) from Karasu River, Erzurum, Turkey, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 14 (2), 95-103.

Kılıç Demirok, N., 2000, Dicle su sisteminde yasayan bazi Cyprinid tür ve alttürlerinin kromozomlari üzerine çalismalar, Doktora Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır*.

Kirtiklis, L., Ocalewicz, K., Wiechowska, M., Boroń, A. ve Hliwa, P., 2014, Molecular cytogenetic study of the European bitterling *Rhodeus amarus* (Teleostei: Cyprinidae: Acheilognathinae), *Genetica*, 142 (2), 141-148.

Kligerman, A. D., 1991, Induction of sister chromatid exchanges in the central mudminnow following in vivo exposure to mutagenic agents, *Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects*, 64 (3), 205-217.

Klinkhardt, M., Tesche, M. ve Greven, H., 1995, Database of fish chromosomes. Westarp Wissenschaften, *Trans. Am. Fish. Soc.*, 88, 197-202.

Knytl, M., Kalous, L. ve Rab, P., 2013a, Karyotype and chromosome banding of endangered crucian carp, *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758)(Teleostei, Cyprinidae), *Comparative cytogenetics*, 7 (3), 205.

Knytl, M., Kalous, L., Symonová, R., Rylková, K. ve Ráb, P., 2013b, Chromosome studies of European cyprinid fishes: cross-species painting reveals natural allotetraploid origin of a *Carassius* female with 206 chromosomes, *Cytogenetic and Genome Research*, 139 (4), 276-283.

Koehler, M., Neuhaus, D., Engel, W., Schartl, M. ve Schmid, M., 1995, Evidence for an unusual ZW/ZW'/ZZ sex-chromosome system in *Scardinius erythrophthalmus* (Pisces, Cyprinidae), as detected by cytogenetic and HY antigen analyses, *Cytogenetic and Genome Research*, 71 (4), 356-362.

Korkmaz, O., 2014, Karadeniz havzası iç sularında dağılım gösteren *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782) (Noktalı İncibalığı) populasyonlarının morfometrik varyasyonları, Yüsek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*, 74.

Kühn, A., 1967, Grundriss der Allgemeinen Zoologie, *Thieme Verlag, Stuttgart 19*.

Kuru, M., 2011, Omurgalı hayvanlar, *Palme yayıncılık 10.baskı, İzmir*, p. 841.

Labat, R., Hafez, R. ve Quillier, E., 1983, Cytogenetic studies in some species of Cyprinid fishes, *Roczniki nauk rolniczych. Seria H: Rybactwo*, 150 (2-3).

Lam, Y. W., Trinkle-Mulcahy, L. ve Lamond, A. I., 2005, The nucleolus, *Journal of Cell Science*, 118 (7), 1335-1337.

Levan, A., Fredga, K. ve Sandberg, A. A., 1964, Nomenclature for centromeric position on chromosomes, *Hereditas*, 52 (2), 201-220.

Libertini, A., Sola, L., Rampin, M., Rossi, A. R., Iijima, K. ve Ueda, T., 2008, Classical and molecular cytogenetic characterization of allochthonous European bitterling *Rhodeus amarus* (Cyprinidae, Acheilognathinae) from Northern Italy, *Genes & genetic systems*, 83 (5), 417-422.

Luca, C., Suciu, R. ve Costache, M., 2010, Comparative karyotype in different lineages of cyprinid fish (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae), *Studia Universitatis "Vasile Goldiş", Seria Ştiinţele Vieţii*, 20, 37-41.

Lueken, W. ve Foerster, W., 1969, Chromosomenuntersuchungen bei Fischen mit einer vereinfachten Zellkulturtechnik, *Zoologischer Anzeiger*, 183, 168-176.

Macgregor, H. C. ve Varley, J. M., 1988, Working with animal chromosomes, *Wiley-Interscience Publ., Chichester*, p. 1-250.

Mank, J. ve Avise, J., 2009, Evolutionary diversity and turn-over of sex determination in teleost fishes, *Sexual Development*, 3 (2-3), 60-67.

Mayr, B., Rab, P. ve Kalat, M., 1986, NORs and counterstain-enhanced fluorescence studies in Cyprinidae of different ploidy level, *Genetica*, 69 (2), 111-118.

McClintock, B., 1934, The relation of a particular chromosomal element to the development of the nucleoli in *Zea mays*, *Zeitschrift für Zellforschung und mikroskopische Anatomie*, 21 (2), 294-326.

Muhammet, G. ve Eşref, Y., 2004, Karyotype analysis of *Cyprinion macrostomus*,(Heckel, 1843)(Pisces: Cyprinidae), *Gazi Üniversitesi, Kırşehir Eğitim Fakültesi*, 5 (2), 235-239.

Nadler, C. F., 1969, Chromosomal evolution in rodents, In: Comparative mammalian cytogenetics, Eds: Springer, p. 277-309.

Nahavandi, R., Rezvani, S. ve Amini, F., 2001, Karyology of *Abramis brama* in the southern waters of Caspian sea, *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 10 (3), 89-100.

Nanda, I., Schartl, M., Feichtinger, W., Epplen, J. T. ve Schmid, M., 1992, Early stages of sex chromosome differentiation in fish as analysed by simple repetitive DNA sequences, *Chromosoma*, 101 (5-6), 301-310.

Nasri, M., Keivany, Y. ve Dorafshan, S., 2010, First karyological analysis of smallmouth lotak, *Cyprinion kais* Heckel, 1843, an endemic Cyprinid fish from the Tigris–Euphrates Basin, *Italian Journal of Zoology*, 77 (3), 272-276.

Nazari, S., Pourkazemi, M. ve Porto, R., 2010, Comparative karyotype analysis of two Iranian cyprinids, *Alburnoides bipunctatus* and *Alburnus filippii* (Cypriniformes, Cyprinidae), *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 5 (2), 23-32.

Nelson, J. S., Grande, T. C. ve Wilson, M. V., 2006, Fishes of the world, John Wiley & Sons, p. 601.

Nezameslami, A., Keivany, Y. ve Dorafshan, S., 2015, Karyology of *Garra rufa* from Semirom River, Isfahan Province (Actinopterygii: Cyprinidae), *Tissue and Cell*, 6 (3), 381-388.

Nowruzfashkhami, M., Pourkazemi, M. ve Kalbasi, M., 2002, Karyotypic characterization of the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* by Leukocyte culture, *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 11 (3), 137-145.

Nur, G., Süleyman, G., Kaya, T. Ö. ve Baysal, A., 2008, Kura-Aras havzasına endemik *Acanthalburnus microlepi*s (De Flıppı, 1863) kromozomlarının C, G ve restriksiyon endonükleazlar (Alu I, Nhe I, Hae III, Mbo I, Hinf I) ile bantlanması, *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1 (2), 1-10.

Nygren, A., Andreasson, J., Jonsson, L. ve Jahnke, G., 1975, Cytological studies in Cyprinidae (Pisces), *Hereditas*, 81 (2), 165-172.

Ocalewicz, K., Jankun, M. ve Boron, A., 2004, Karyotypic characterization of bream, *Abramis brama* (Pisces, Cyprinidae), *Folia Zoologica* 53 (3), 329-334.

Ojima, Y., Hayashi, M. ve Ueno, K., 1972, Cytogenetic studies in lower vertebrates. X. Karyotype and DNA studies in 15 species of Japanese Cyprinidae, *The Japanese Journal of Genetics*, 47 (6), 431-440.

Olins, A. L. ve Olins, D. E., 1974, Spheroid chromatin units (ν bodies), *Science*, 183 (4122), 330-332.

Özuluğ, M. ve Freyhof, J., 2011, Review of the genus *Squalius* in Western and Central Anatolia, with description of four new species (Teleostei: Cyprinidae), *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 22 (2), 107-148.

Padilla, J., Fernandez-Garcia, J., Rabasco, A., Martinez-Trancon, M., de Ledesma, I. R. ve Perez-Regadera, J., 1993, Characterization of the karyotype of the tench (*Tinca tinca* L.) and analysis of its chromosomal heterochromatic regions by C-banding, Ag-staining, and restriction endonuclease banding, *Cytogenetic and Genome Research*, 62 (4), 220-223.

Pardue, M. L. ve Gall, J. G., 1970, Chromosomal localization of mouse satellite DNA, *Science*, 168 (3937), 1356-1358.

Parise-Maltempi, P., Martins, C., Oliveira, C. ve Foresti, F., 2007, Identification of a new repetitive element in the sex chromosomes of *Leporinus elongatus* (Teleostei: Characiformes: Anostomidae): new insights into the sex chromosomes of Leporinus, *Cytogenetic and genome research*, 116 (3), 218-223.

Pederson, T., 2011, The nucleolus, *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 3 (3), a000638.

Pekol, S., 1999, Comparative NORs and karyotype analysis of *Cyprinus carpio* (L., 1758) and *Leuciscus cephalus* (L., 1758) populations from Kastamonu Beyler and Germeçtepe Dam Lake, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*, 69.

Pekol, S. ve Arslan, O., 2015, *Squalius cephalus* (L., 1758)'un Nor Fenotipi Ve Sucul Ortam Ekotoksikolojik Çalışmalar Açısından Değerlendirilmesi (Kastamonu Beyler Barajı Populasyonu), *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 2 (1), 23-28.

Perea, S., Böhme, M., Zupančič, P., Freyhof, J., Šanda, R., Özuluğ, M., Abdoli, A. ve Doadrio, I., 2010, Phylogenetic relationships and biogeographical patterns in Circum-Mediterranean subfamily Leuciscinae (Teleostei, Cyprinidae) inferred from both mitochondrial and nuclear data, *BMC Evolutionary Biology*, 10 (1), 265.

Pourkazemi, M., Khosravanizadeh, A. ve Nowruz Fashkhami, M., 2011, Karyology study on Bleak (*Alburnus alburnus*) from the South Caspian Sea region, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 9 (1), 27-36.

Qaisar, U., Tayyeb, A. ve Bhat, T. A., 2017, Techniques of chromosomal studies, In: *Chromosome Structure and Aberrations*, Eds: Springer, p. 307-330.

Rab, P., 1981, Karyotypes of some cyprinid species. In: Reproduction, genetics and hybridation of fishes**:** 181-183.

Ráb, P., Roth, P. ve Arefjev, V., 1990, Chromosome studies of European Leuciscine fishes (Pisces Cyprinidae). Karyotype of *Aspius Aspius*, *Caryologia*, 43 (3-4), 249-255.

Ráb, P., Karakousis, Y., Rábová, M. ve Economidis, P. S., 1996, Banded karyotype of the cyprinid fish *Leuciscus borysthenicus*, *Ichthyological Research*, 43 (4), 463-468.

Rábová, M., Ráb, P., Ozouf-Costaz, C., Ene, C. ve Wanzeböck, J., 2003, Comparative cytogenetics and chromosomal characteristics of ribosomal DNA in the fish genus *Vimba* (Cyprinidae), *Genetica*, 118 (1), 83-91.

Raicu, P., Taisescu, E. ve Cristian, A., 1972, Diploid chromosome complement of the carp, *Cytologia*, 37 (2), 355-358.

Reddy, P. ve John, G., 1986, A method to increase miotic metaphase spreads and permanent chromosome preparation for karyotype studies in fishes, *Aquaculture Hungrica*, 5, 31-36.

Ritossa, F. ve Spiegelman, S., 1965, Localization of DNA complementary to ribosomal RNA in the nucleolus organizer region of *Drosophila melanogaster*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 53 (4), 737.

Ruhi, H. I., 2018, Kromozomal hastalıkların genetik danışmanlığı, *Turkiye Klinikleri Medical Genetics-Special Topics*, 3 (3), 59-64.

Safar, P., Mahmood, K., Bahram, K. ve Masoud, S., 2000, Karyological study of two populations of *Capoeta capoeta* from North Iran, *Cytologia*, 65 (3), 231-234.

Sanjur, O. I., Carmona, J. A. ve Doadrio, I., 2003, Evolutionary and biogeographical patterns within Iberian populations of the genus *Squalius* inferred from molecular data, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 29 (1), 20-30.

Sasaki, M., 1960, Observations on the modification in size and shape of chromosomes due to technical procedure, *Chromosoma*, 11 (1), 514-522.

Savic, I. ve Soldatovic, B., 1979, Distribution range and evolution of chromosomal forms in the Spalacidae of the Balkan Peninsula and bordering regions, *Journal of Biogeography*, 6 (4), 363-374.

Saygun, S., 2005, Karadeniz'de yaşayan çeşitli yassı balıkların (Pisces, Pleuronectiformes) kromozom yapılarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun*, 147.

Schempp, W. ve Schmid, M., 1981, Chromosome banding in amphibia VI. BrdU-Replication patterns in anura and demonstration of XX/YY sex chromosomes in *Rana esculenta*, *Chromosoma*, 83, 697-710.

Schmid, M., Fernandez-Badillo, A., Feichtinger, W., Steinlein, C. ve Roman, J., 1988, On the highest chromosome number in mammals, *Cytogenetic and Genome Research*, 49 (4), 305-308.

Schweizer, D. ve Ehrendorfer, F., 1976, Giemsa banded karyotypes, systematics, and evolution in *Anacyclus* (Asteraceae-Anthemideae), *Plant Systematics and Evolution*, 126 (2), 107-148.

Sofradzija, A., 1977, Kariologia i citotaksonomija vrsta roda *Leuciscus* iź voda Bosne i Hercegovine, *Godišnjak Biološkog Instituta Univerziteta u Sarajevu Posebno izdanje*, 30, 113-211.

Sperling, K., Kalscheuer, V. ve Neitzel, H., 1987, Transcriptional activity of constitutive heterochromatin in the mammal *Microtus agrestis* (Rodentia, Cricetidae), *Experimental cell research*, 173 (2), 463-472.

Sülün, Ş., 2014, Endemik bir tatlı su balığı, *Squalius pursakensis*' in Seydisuyu (Sakarya Havzasaı)'ndaki biyo-ekolojik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *ESOGÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir*, 111.

Sumner, A., 1972, A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin, *Exp. Cell Res.*, 75, 304-306.

Tang, K. L., Agnew, M. K., Hirt, M. V., Sado, T., Schneider, L. M., Freyhof, J., Sulaiman, Z., Swartz, E., Vidthayanon, C. ve Miya, M., 2010, Systematics of the subfamily Danioninae (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae), *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 57 (1), 189-214.

Temizkan, G., 1994, Genetik / 1. temel genetik, *İ.Ü. Fen Fakültesi Yayınları, İstanbul*, p. 281.

Topaktaş, M. ve Rencüzoğulları, E., 2010, Sitogenetik, 2. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti., Ankara, p. 176.

Turan, C., Karcıoğlu, M., Hazar, D. ve Sevenler, S., 2005, Asi Nehri (Hatay)'nde yaşayan *Barbus* (Cyprinidae) türlerinin sitogenetik analizi, *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 3 (4), 579-584.

Tyagi, K. ve Pande, B., 2009, Concepts of Biology. Class XI. Rastogi Publications, Printed in Capitod Offset Press, New Delhi.

Ueno, K. ve Ojima, Y., 1984, A chromosome study of nine species of Korean cyprinid fish, *Japanese Journal of Ichthyology*, 31 (3), 338-344.

Unal, S., Gaffaroğlu, M., Ayata, M. K. ve Yüksel, E., 2014, Karyotype, C-banding and AgNORs of two endemic leuciscine fish, *Pseudophoxinus crassus* (Ladiges, 1960) and *P. hittitorum* Freyhof & Özulug, 2010 (Teleostei, Cyprinidae), *Comparative cytogenetics*, 8 (4), 249.

Ünal, S., 2011, *Squalius anatolicus* (Bogutskaya, 1997)(Pisces, Cyprinidae)'un sitogenetik analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir*, 61.

Ünal, S., 2015, Seyhan ve Ceyhan nehir sistemlerinde yaşayan bazı cyprinid türlerinde karyolojik incelemeler, Doktora Tezi, *Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir*, 131.

Ünal, S. ve Gaffaroğlu, M., 2016, Karyology of six cyprinid fishes from Seyhan and Ceyhan rivers in Anatolia, *Caryologia*, 69 (4), 362-369.

Uysal, U. E., 2011, Büyük Menderes Nehri'nden Yakalanan *Chondrostoma meandrense* (Elvira, 1987) ve *Acanthobrama mirabilis* (Ladiges, 1960)(Cyprinidae)'in Karyotip Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın*, 46.

Varley, J. M., Macgregor, H. C., Nardi, I., Andrews, C. ve Erba, H. P., 1980, Cytological evidence of transcription of highly repeated DNA sequences during the lampbrush stage in *Triturus cristatus carnifex*, *Chromosoma*, 80 (3), 289-307.

Vasilyan, D., Stepanyan, I. ve Pipoyan, S. K., 2009, Karyotypes of some Cypriniform fishes from the water bodies of Armenia, *Journal of Ichthyology*, 49 (8), 627.

Vujosevic, M., Zivkovic, S., Rimsa, D., Jurisic, S. ve Cakic, P., 1983, The chromosomes of 9 fish species from Dunav basin in Yugoslavia, *Ichthyologia*, 15 (2), 29-40.

Wang, J.-y., Yu, L., Gao, Y.-p., Yang, J.-x. ve Tao, B.-c., 2009, Karyotype analysis of diploid and triploid Ukraine carp (*Cyprinus carpio*), *Chinese Journal of Fisheries*, 3.

Wolf, U., Ritter, H., Atkin, N. ve Ohno, S., 1969, Polyploidization in the fish family Cyprinidae, order Cypriniformes, *Humangenetik*, 7 (3), 240-244.

Wu, Z. W. C. ve Yang, H., 1980, Cytogenetic studies on fishes. 2. Karyotype analysis of *Cyprinus carpio* and *Carassius auratus* by peripheral blood lymphocyte culture, *Acta Genetica Sinica*, 7 (4), 370-375.

Xu, J. ve Kasha, K., 1992, Identification of a barley chromosomal interchange using N-banding and in situ hybridization techniques, *Genome*, 35 (3), 392-397.

Yılmaz, M., Çiğremiş, Y., Türköz, Y. ve Gaffaroğlu, M., 2005, A taxonomic study on *Orthrias insignis euphraticus* (Banarescu and Nalbant, 1964) and *Cyprinion macrostomus* (Heckel, 1843) by sarcoplasmic protein electrophoresis, *Gazi University Journal of Science*, 18 (1), 61-68.

Yüksel, E. ve Gülkaç, M., 1990, *Spalax leucodon*'un bazı alttür ve kromozomal formlarının evolusyonu ve filogenetik ilişkileri, *Doğa-Tr. J. of Biology*, 14, 59-68.

Yüksel, E. ve Gaffaroğlu, M., 2008a, The analysis of nucleolar organizer regions in *Chalcalburnus mossulensis* (Pisces: Cyprinidae), *Journal of FisheriesSciences. com*, 2 (4), 587-591.

Yüksel, E. ve Gaffaroğlu, M., 2008b, NOR phenotype of *Cyprinion macrostomus* (Osteichthyes, Cyprinidae), *Journal of Fishery Science*, 2, 114-117.

Zhou, L. ve Gui, J., 2002, Karyotypic diversity in polyploid gibel carp, *Carassius auratus gibelio* Bloch, *Genetica*, 115 (2), 223-232.

Zubay, G. ve Doty, P., 1959, The isolation and properties of deoxyribonucleoprotein particles containing single nucleic acid molecules, *Journal of Molecular Biology*, 1 (1), 1-20.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Ahmed Sadeq Jaber DOORI
Uyruğu	**:**	Irak
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Bağdat / IRAK / 11.05.1990
Telefon	**:**	
Faks	**:**	
e-mail	**:**	ahmedsdoori@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Yemen Lisesi, Bağdat / Irak	2010
Üniversite	:	Bağdat Üniversitesi / Irak	2015
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü	2019

YAYINLAR

Arslan, A. ve **Doori, A. S. J.**, 2018, Karyological study of Akşehir chub, *Squalius recurvirostris* in Turkey. 1st Internatıonal symposıum on graduate research ın scıence focus on entrepreneurshıp and ınnovatıon (ISGRS 2018) October 4-6, 2018, İstanbul: 128.