T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDEMİK ANADOLU İNCİ BALIĞI, *ALBURNUS NASREDDINI* BATTALGİL, 1943 ÜZERİNE SİTOGENETİK ARAŞTIRMALAR

Zafer ALPASLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyoloji Anabilim Dalı

Temmuz-2020
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Zafer ALPASLAN tarafından hazırlanan "Endemik Anadolu İnci balığı, *Alburnus nasreddini* Battalgil, 1943 Üzerine Sitogenetik Araştırmalar" adlı tez çalışması 02/07/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Prof. Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK	……..
Danışman Prof. Dr. Atilla ARSLAN	……..
Üye Dr. Öğr. Üyesi Elif Gülbahçe MUTLU	……..

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması S. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından 18201128 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDEMİK ANADOLU İNCİ BALIĞI, *ALBURNUS NASREDDINI* BATTALGİL, 1943 ÜZERİNE SİTOGENETİK ARAŞTIRMALAR

Zafer ALPASLAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Atilla ARSLAN

2020, 76 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Atilla ARSLAN
Prof. Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK
Dr. Öğr. Üyesi Elif Gülbahçe MUTLU

Alburnus nasreddini Battalgil, 1943 (Anadolu İnci balığı) Akarçay havzasında (Eber, Akşehir ve Karamık gölleri), Ilgın Gölü (Aşağı Çiğil Deresi) havzasında ve Beşgöz kaynağında (Sarayönü) yerel endemiktir. Bu çalışmada, *A. nasreddini*'nin sitogenetik özellikleri standart giemsa boyama, C-bantlama ve Ag-NOR boyama teknikleri kullanılarak araştırıldı. Diploid kromozom sayısı 2n=50 olan Anadolu İnci balığı'nın karyotipi, 6 çift metasentrik (m), 12 çift submetasentrik (sm) ve 7 çift akrocentrik (a) otozomdan oluşmaktadır (NF=86). Karyotipte morfolojik olarak ayırt edilebilir heteromorfik cinsiyet kromozomları tespit edilmedi. Otozomların çoğu sentromerik ve perisentromerik C-heterokromatin (bazı kromozomlar hafifçe) bloklara sahipken, diğer otozomal çiftler C-negatiftir. Ayrıca on birinci submetasentrik kromozom çiftinin kısa kolu tamamen C-pozitifti. Nükleolar düzenleyici bölgeler, orta büyüklükteki submetasentrik otozomal çiftte lokalize edildi. C-heterokromatin ile ilişkili aktif NOR'lar, on birinci submetasentrik kromozom çiftinin kısa kolunun tamamında gözlemlendi ve bu aktif NOR'lar homomorfikti. *A. nasreddini*'nin bantlı karyotipleri ilk kez bu çalışmada bildirilmiştir. Bu araştırmada elde edilen önemli bulgular, *Alburnus* türlerinin yanı sıra Anadolu ve Avrupa lösisinlerinin sitotaksonomisine katkı da bulunabilir.

Anahtar Kelimeler: *Alburnus nasreddini*, Anadolu İnci balığı, Karyotip, Türkiye

ABSTRACT

MS THESIS

CYTOGENETIC STUDIES ON ENDEMIC CENTRAL ANATOLIAN BLEAK, *ALBURNUS NASREDDINI* BATTALGIL, 1943

Zafer ALPASLAN

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

Advisor: Prof. Dr. Atilla ARSLAN

2020, 76 Pages

Jury
Prof. Dr. Atilla ARSLAN
Prof. Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK
Asst. Prof. Dr. Elif Gülbahçe MUTLU

Alburnus nasreddini Battalgil, 1943 (Anatolian Bleak) are local endemic in Akarçay basin (Eber, Akşehir and Karamık lakes), Ilgın Lake (Aşağı Çiğil Creek) basin and Beşgöz spring (Sarayönü). In this study, cytogenetic properties of *A. nasreddini* were investigated using standard giemsa staining, C-banding and Ag-NOR staining techniques. The karyotype of Anatolian bleak, a diploid chromosome number of was found to be 2n = 50, consists of six pairs of metacentric, 12 pairs of submetacentric and seven pairs of acrocentric automosomes (NF=86). No morphologically distinguishable heteromorphic sex chromosomes were detected in karyotype. While most of the autosomes have centromeric and pericentromeric C-heterochromatin (some chromosomes slightly) blocks, are C-negative the other autosomal pairs. Also the short arm of the eleventh submetacentric chromosome pair was entirely C-positive. The nucleolar organizer regions were localized in medium-sized submetacentric autosomal pair. Active NORs associated with the C-heterochromatin were observed in whole of the short arm of eleventh chromosome pair and there active NORs were homomorphic. The banded karyotypes of *A. nasreddini* is reported in this study for the first time. Important findings obtained in this research may be contribute to cytotaxonomy of Anatolian and European leuciscins as well as *Alburnus* species.

Keywords: *Alburnus nasreddini*, Anatolian Bleak, Karyotype, Turkey

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, Dünya'da sadece Akarçay Havzası ve Ilgın Gölü Havzası'nda dağılış gösteren lokal endemik tür Anadolu İnci balığı, *Alburnus nasreddini*'nin standart giemsa, C- ve Ag-NOR bantlama teknikleri kullanılarak sitogenetik özellikleri araştırıldı.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam sırasında bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Atilla ARSLAN'a teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Arazi çalışmaları, materyal temini ve taşınmasında desteklerini esirgemeyen babam İsmail ALPASLAN'a, kardeşim Yaşar ALPASLAN'a, annem Fatma ALPASLAN'a, dayım Mustafa ADIGÜZEL'e, arkadaşım Yaşar ÇİFTCİ'ye ve her daim çalışmalarımda yanımda olan Ahmed Sadeq Jaber DOORI'ye teşekkürü borç bilirim. Tür teşhisi konusunda yardımcı olan Sayın Araş. Gör. Dr. Salim Serkan GÜÇLÜ hocama teşekkür ederim.

Araştırma ve tez projesi kapsamında maddi katkılarından ve sağlamış olduğu burs desteğinden dolayı S.Ü. Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü'ne (BAP) teşekkür ederim.

Zafer ALPASLAN

KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**

ABSTRACT ..... **ii**

ÖNSÖZ ..... **iii**

İÇİNDEKİLER ..... **iv**

ŞEKİLLER ..... **vi**

ÇİZELGELER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **viii**

1. GİRİŞ **1**

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

2.1. Araştırma Konusu Familya, Cins ve Tür Hakkında Genel Bilgiler 4
2.1.1. Cyprinidae familyası 4
2.1.2. *Alburnus* Rafinesque, 1820 5
2.1.3. *Alburnus nasreddini* Battalgil, 1943 7
2.2. Kromozom ve Temel Kavramlar 10
2.3. Kromozomun Kimyasal Yapısı 12
2.3.1. DNA çift sarmalı 12
2.3.2. Kromatin 14
2.3. Kromozom Morfolojisi ve Karyotip 17
2.3.1. Kromozom morfolosi 17
2.3.2. Kromozomların sentromer pozisyonlarına göre sınıflandırılması 19
2.3.3. Karyotip 21
2.4. Kromozom Boyama ve Bantlama Yöntemleri 23
2.4.1. Giemsa boyama 23
2.4.2. C-bantlama 24
2.4.3. Gümüş nitrat (Ag-NOR) bantlama 25
2.4.4. Türkiye'de ve bazı ülkelerde dağılış gösteren karyolojisi çalışılmış cyprinid türleri 26

3. MATERYAL VE METOT **41**

3.1. Materyal 41
3.1.1. Araştırma alanı ve örnekleme 41
3.2. Metot 43
3.2.1. Balıklardan kromozom elde edilmesi 43
3.2.2. Karyolojik analiz (Collares-Pereira, 1992) 44
3.2.3. C-bantlama tekniği (Sumner, 1972) 45
3.2.4. Ag-NOR bantlama (Howell ve Black, 1980) 46

4. BULGULAR **47**

4.1. Diploid Kromozom Sayısı ve Karyotip 47
4.2. C-bantlama 49
4.3. Ag-NOR Bantlama 50

5. TARTIŞMA 51

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 55

6.1. Sonuçlar 55
6.2. Öneriler 55

KAYNAKLAR 56

ÖZGEÇMİŞ 75

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. *Alburnus nasreddini*'nin dağılış alanı 7
Şekil 2.2. *Alburnus nasreddini* genel görünüm 8
Şekil 2.3. *Alburnus nasreddini*'de canlı ve formalin içerisindeki bireylerde renk..... 9
Şekil 2.4. Hücre'deki kromozom, dna ve gen hiyerarşisi..... 10
Şekil 2.5. Ökaryotik diploid altı kromozomlu (2n = 2x = 6) somatik model bir organizmadaki genom ve kromozom takımı kavramları 11
Şekil 2.6. Bilgisayar tarafından oluşturulan bölünme aşamasında olmayan nükleus içerisindeki ve bölünmekte olan *Oncopeltus fasciatus*'taki anafaz evresinde kromatin ipliklerin dağılımı 11
Şekil 2.7. Kromozom üzerindeki sentromer ve kinetokor bölgelerinin şematik gösterimi 12
Şekil 2.8. Nüleotit-nükleozit yapısı ve tamamlayıcı baz çiftleri 13
Şekil 2.9. DNA iki sarmalının şematik görünümü; şeker, fosfat ve hidrojen bağlarının ayrıntılı görünümü ve sarmalın antiparalel yapısı 14
Şekil 2.10. Kromatini oluşturan nükleozomların yapısı..... 15
Şekil 2.11. Kromatin kondensasyonu..... 16
Şekil 2.12. Kromozomun genel görünümü..... 18
Şekil 2.13. Bantlı kromozomda satellitin gösterimi 19
Şekil 2.14. Sentromer pozisyonlarına göre kromozomların sınıflandırılması..... 21
Şekil 3.1. Laboratuvar ortamındaki akvaryuma alınan *Alburnus nasreddini* örnekleri . 41
Şekil 3.2. Eber Gölü'nün genel görünümü..... 42
Şekil 3.3. Selevir Barajı'nın genel görünümü ve ığrıp ağı ile yapılan örnekleme 42
Şekil 3.4. Beşgöz kaynağı ve üzerinde kurulmuş alabalık çiftliği..... 43
Şekil 3.5. Geçit köprüsünün genel görünümü 43
Şekil 3.6. *Alburnus nasreddini*'de kromozomal kaynakların gösterimi..... 44
Şekil 4.1. *Alburnus nasreddini*'nin metafaz plağı ve karyotipi……47
Şekil 4.2. *Alburnus nasreddini*'nin ideogramı..... 48
Şekil 4.3. *Alburnus nasreddini*'nin C-bantlı metafaz plağı ve karyotipi..... 49
Şekil 4.4. *Alburnus nasreddini*'nin AgNOR bantlı metafaz plağı ve karyotipi 50

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1. Türkiye tatlı su ekosistemlerinde dağılış gösteren *Alburnus* türleri..... 6
Çizelge 2.2. Sentromer yerlerine göre kromozom nomenklatürü ..... .20
Çizelge 2.3. Türkiye ve bazı ülkelerde dağılış gösteren ve karyolojisi çalışılan cyprinid türleri I 28
Çizelge 2.4. Türkiye ve bazı ülkelerde dağılış gösteren ve karyolojisi çalışılan cyprinid türleri II 31
Çizelge 2.5. Türkiye ve bazı ülkelerde dağılış gösteren ve karyolojisi çalışılan cyprinid türleri III..... 33
Çizelge 2.6. Türkiye ve bazı ülkelerde dağılış gösteren ve karyolojisi çalışılan cyprinid türleri IV 36
Çizelge 2.7. Türkiye ve bazı ülkelerde dağılış gösteren ve karyolojisi çalışılan cyprinid türleri V..... 39
Çizelge 4.1. *Alburnus nasreddini* kromozomlarının Levan ve ark. (1964)'na göre sınıflandırılması……...48
Çizelge 4.2. Karyolojisi çalışılan *Alburnus* türleri 52

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
A	: Adenin bazı
2n	: Diploid kromozom sayısı
n	: Haploid kromozom sayısı
°C	: Santigrat derece
T	: Timin bazı
♂	: Erkek
♀	: Dişi
pH	: Hidrojen gücü
N	: Normalite
T	: Timin bazı
$AgNO_3$	: Gümüş nitrat
$Ba(OH_2)$	: Baryum hidroksit
HCI	: Hidroklorik asit
HPO_4	: Hidrofosfat
KCI	: Potasyum klorür
Na_2HPO_4	: Disodyum fosfat
PO_4	: Ortofosfat
NH_3	: Amonyak
NF	: Temel kromozom kol sayısı
NFa	: Otozomal kromozom kol sayısı
G	: Guanin bazı
C	: Sitozin bazı
m	: Metasentrik
sm	: Submetasentrik
t	: Telosentrik
st	: Subtelosentrik
a	: Akrosentrik

Kısaltmalar

T. C.	: Türkiye Cumhuriyeti
IUCN	: Dünya doğa ve doğal kaynakları koruma birliği
CR	: Kritik tehdit altındaki tür
DNA	: Deoksiribo nükleik asit
RNA	: Ribo nükleik asit
ml	: Mililitre
m	: Metre
cm	: Santimetre
µm	: Mikrometre
nm	: Nanometre
g	: Gram
km	: Kilometre
bp	: Baz çifti
rDNA	: Ribozomal DNA
rRNA	: Ribozomal RNA

1. GİRİŞ

Kromozom terimini ilk olarak İsviçreli botanikçi Nageli, 1840'larda bitki hücrelerinin çekirdeğindeki iplik benzeri yapılar olarak tanımlamış ve "geçici sitoblastlar" olarak adlandırmıştır. Kalıtsal materyalin, nesilden nesile aktarıldığı fikrini ilk olarak ortaya koyan Gregor Mendel'dir. Mendel, 1865 yılında "Mendel kanunları" olarak bilinen ve döllerdeki kalıtsal varyasyonların esasını açıklayan kuralları tanımlamıştır. Sonraki yıllarda Waldeyer (1888), boyama tekniklerini daha belirgin hale getirmek için Yunan dilinde chroma=renk ve soma=vücut anlamına gelen "kromozom" terimini kullanmıştır (Kannan ve Zilfalil, 2009). Bütün bu gelişmeler sonucunda birbirinden bağımsız olarak çalışan Sutton ve Bovari, kromozomun kalıtım teorisini açıklamıştır (Emiroğlu ve Bürün, 2017).

Sitogenetik, iki ayrı bilim dalı olan sitoloji ve genetikten gelişmiştir. Sitogenetik, kalıtımın sitoloji ve genetik yöntemleriyle; bilim, kromozomların yapısı, sayısı, işlevi ve hareketi ve bu özelliklerin genlerin iletimi, rekombinasyonu ve ekspresyonu ile ilgili sayısız varyasyonuyla ilgilenir. Sağsöz (1991), sitogenetiği, sitoloji ve genetik bilimin birleşmesiyle ortaya çıkan melez bir bilim dalı olarak tanımlamıştır. Bir başka ifade ile sitogenetik, kromozomların yapısını ve özelliklerini, somatik hücre bölünmesi sırasındaki davranışlarını (mitoz), üreme sırasındaki germ hücre bölünmesini (mayoz) ve fenotip üzerindeki etkilerinin incelenmesidir (Gersen, 2005). Ayrıca kromozomal değişikliklere neden olan faktörlerin yanı sıra kromozomal olmayan kalıtsal faktörlerde sitogenetiğin araştırma konusudur (Iannuzzi, 2007; Schulz-Schaeffer, 2012).

Kromozomal çalışmalar taksonomik, genetik, sitotoksikolojik, ırk iyileştirme ve biyoteknolojik araştırmaların yanısıra kromozom seti manipülasyonu ve triploidi üretiminde de kullanılmaktadır (Gold ve ark., 1990; Khosravanizadeh ve ark., 2011).

Dünyada üzerinde 60.000'den fazla sayıda omurgalı hayvan türü yaşamakta ve bunların yarıdan fazlasını balıklar oluşturmaktadır. Balıkların yaklaşık 500 milyon yıl önce orta çıktığı düşünülmekte ve yeryüzündeki tatlı ve tuzlu sucul ekosistemlerdeki geniş habitlara adapte olması, omurgalıların ortaya çıkışında balıkların büyük önem taşıdığını kanıtlar niteliktedir. Nelson ve ark. (2016) Dünya'daki tatlı ve tuzlu sularda yaşayan balıkları 85 ordo ve 536 familya içerisinde sınıflandırıldığını ve toplam türlerin üçte ikisini tatlı su balıklarının oluşturduğunu ifade etmiştir.

Balıklar üzerinde yapılan kromozomal araştırmalar, başta ihtiyologlar olmak üzere birçok nedenden dolayı genetik araştırmacılar içinde ilgi odağı haline gelmiştir.

Fakat kemikli balıkların karyolojik incelemesinde, diğer omurgalılarda karşılaşılmayan teknik zorluklar ile karşılaşılmaktadır. Bu zorlukların başında, balık kromozomlarının çok sayıda ve küçük boyutta olması, bantlama tekniklerinde ve örnekleme aşamasında yaşanan problemler gelmektedir (Ojima ve ark., 1966; Cucchi ve Baruffaldi, 1990; Ayata ve ark., 2018). Balık sistematiğinde ve sınıflandırmada karşılaşılan zorluklar dikkate alındığında, kromozomal bilginin taksonomide bir araç olarak kullanımı ek bir öneme sahiptir.

Kromozomların morfolojik özellikleri (sayı, şekil, büyüklük) familya, cins ve hatta tür gibi taksonomik gruplar içerisinde değişkenlik gösterebilmektedir. Karyotip, kromozomların şekil, sayı ve büyüklük bakımından belli bir düzene göre sıralanmasıdır. 1960'lı yıllardan itibaren teleost (kemikli) balıklarda yapılan karyolojik çalışmalar genetik, taksonomi ve çevresel toksikoloji ile ilgili alanlara önemli katkılar sağlamıştır. Karyolojik analizler sayesinde, bir türün farklı populasyonları arasındaki benzerlikler ve farklılıklar kromozom morfolojisine bakılarak anlaşılabilir. Tür ve alt türlerin sistematik ayrımında ve türleşme sürecinin anlaşılmasında karyolojik çalışmalardan faydalanılmaktadır (Dai ve Han, 2018). Karyotip analizi ayrıca heteromorfik veya heterogametik cinsiyet kromozomlarının keşfedilmesini kolaylaştırmakta, popülasyon içerisindeki genetik farklılıkların ve yerel adaptasyonların tespitinde ve su ürünleri yetiştiriciliği ve balıkçılık ıslah programları içinde potansiyel bir kaynak oluşturmaktadır (Phillips ve Rab, 2001; Gül ve ark., 2004; Kiliç ve Şişman, 2016; Shams ve ark., 2019). Bahsedilen bütün bu sebeplerden dolayı son yıllarda balık kromozomlarının incelenmesi bir araştırma konusu haline gelmiştir.

Günümüzde, tür ve alt tür düzeyinde 3425 balık (çenesiz, kıkırdaklı, ışın yüzgeçli ve lob yüzgeçli balıklar da dâhil olmak üzere) türünün karyolojisi çalışılmış ve bu sayı var olan balık türlerinin % 12'sini kapsamaktadır (Arai, 2011). Karyotipi çalışılan türlerin çoğunluğunu Cypriformes (% 21.8), Characiformes (% 10), Siluriformes (% 10.6), Cyprinodontiformes (%10.1) ve Perciformes (%3.8) ordosuna ait türler oluşturmaktadır. Cyprinidae (Cypriniformes) familyası içerisinde 628 türün karyotipinin yapıldığı bilinmektedir.

Cyprinidae (Sazangiller) familyasının üyeleri, dünyadaki birçok tatlı su ekosistemlerinde dağılış gösterir ve tür sayısı bakımından oldukça zengindir (Al-Sabti, 1991; Nelson ve ark., 2016). Türkiye'deki tatlı su balıklarının yarıdan fazlasını Cyprinidae familyası oluşturmakta ve birçok tatlı su ekosisteminde dağılış göstermektedir.

Türkiye'nin tatlı su ekosistemlerinde, yerel ve egzotik türler de dahil 194'ü endemik olmak üzere 409 tür dağılış göstermekte ve en fazla endemik tür içeren familya ise 110 tür ile Cyprinidae (Sazangiller) familyasıdır (Çiçek ve ark., 2018).

Tanım gereği endemik bir takson, yeryüzünde belirli bölgelerde yaşar ve her ülke için doğal mirasın önemli bir parçasıdır (Coad, 2006). Bu mirasın araştırılması, korunması ve gelecek nesillere aktarılması önem arz etmektedir. Türkiye'nin tatlı suları, yüksek irtifa, yağış, sıcaklık gibi etmenlerin yanı sıra topoğrafik yapısı ve jeolojik dönemlerdeki değişimler neticesinde birçok endemik balık türüne ev sahipliği yapmaktadır. Tatlı su balıklarındaki yüksek çeşitlilik ve endemizm, habitatlarının yüksek oranda parçalanmış, doğrusal-tek yönlü (nehirler) veya tamamen izole edilmiş olmasından (göl) kaynaklanmaktadır (Angela ve ark., 2016).

Zengin tür çeşitliliği ve endemik tür sayısı düşünüldüğünde *Alburnus* türleri üzerinde yapılan karyolojik çalışmaların sınırlı olduğu anlaşılmaktadır. Karyolojisi çalışılan *Alburnus* türleri: *A. akili* (Arkhipchuk, 1999), *A. albidus* (Bianco ve ark., 2004), *A. alburnus* (Cataudella ve ark., 1977; Hafez ve ark., 1978; Vujosevic ve ark., 1983; Klinkhardt ve ark., 1995; Ziegler ve ark., 2003; Gül ve ark., 2006; Schmid ve ark., 2006; Ráb ve ark., 2008; Khosravanizadeh ve ark., 2011), *A. adanensis* (Ünal ve Gaffaroğlu, 2016), *A. filippii* (Gül ve ark., 2006; Nazari ve ark., 2009), *A. heckeli* (Gaffaroğlu, 2003; Gül ve ark., 2004), *A. mossulensis* (Gül ve ark., 2000; Yüksel ve Gaffaroğlu, 2008a), *A. tarichi* (Gül ve ark., 2003) ve *A. orontis* (Vasil'yev, 1980) şeklindedir. *A. albidus* dışındaki diğer türler Türkiye'deki tatlı su kaynaklarında dağılış göstermektedir.

Araştırması konusu tür, *Alburnus nasreddini* Battalgil, 1943 (Anadolu İnci balığı), Akarçay havzası (Eber, Akşehir ve Selevir Baraj Gölleri ile Kalli, Adıyan ve Akşehir Çayları'nda) ve Ilgın (Çavuşçu) Gölü havzasında (Beşgöz Kaynağı - Sarayönü ve Aşağı Çiğil Deresi - Ilgın) dağılış gösteren yerel endemik bir türdür (Gülle ve ark., 2017).

Bu çalışmada, *Alburnus nasreddini*'nin giemsa boyama, C-bantlama ve Ag-NOR boyama ile ayrıntılı karyolojik analizinin yapılması ve karyolojisi çalışılmış *Alburnus* türleri ile karşılaştırılarak balık sitogenetiğine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Araştırma Konusu Familya, Cins ve Tür Hakkında Genel Bilgiler

2.1.1. Cyprinidae familyası

Cyprinidae familyası (Gobiidae hariç), yaklaşık 367 cins ve 3006 tür ile tatlı ve acı (nadiren) sularda dağılış gösteren, zengin tür sayısı bakımından muazzam derecede çeşitliliğe sahip ve geniş habitatlara uyum sağlamış en büyük omurgalı ailesidir (Winfield ve Nelson, 2012; Nelson ve ark., 2016). Güney Amerika, Avustralya ve Antarktika kıtaları dışında kozmopolit dağılış gösterir (Mayden ve ark., 2009). Familya üyeleri (36 cins ve 188 tür), Türkiye'deki birçok tatlı su ekosistemlerinde (göl, baraj, akarsu vb.) dağılış göstermektedir (Çiçek ve ark., 2015).

Cyprinidae familyası; Acheilognathinae, Alburninae, Barbinae, Cyprininae, Cultrinae, Danioninae, ex-danioninae, Gobioninae, Labeoninae, Leptobarbinae, Leuciscinae, Oxygastrinae, Rasborinae, Squaliobarbinae, Tincinae, Xenocyprininae alt familyaları içerisinde sınıflandırılmaktadır (Winfield ve Nelson, 2012).

Familya üyelerinde baş, gövde ve kuyruk bariz şekilde belirgindir. Baş kısmı çıplaktır. Ağız tipi, terminal (*Cyprinus*, *Tinca*), üst durumlu (*Alburnus*) ve alt durumlu (*Chondrostoma*) olmak üzere çeşitlilik gösterir. Bazı türlerde ise beslenme tipine göre şekillenmiş protraktil (körüklü) ağız tipi görülmektedir. Kemiksi yapıda olan solungaç kapakları vardır. Üst çenede bir çift (*Gobio*) ve iki çenede bir çift (*Cyprinus*) bulunduran türlerin dışında bıyık bulunmaz. İki çift göz bulunur ve göz kapakları yoktur. Ağızda gerçek dişler bulunmaz fakat farinks dişlerinin varlığı familyanın karakteristik özelliğidir. Gövde, cycloid pullar ile örtülüdür. Sırtta daima tek bir dorsal yüzgeç bulunur. Ventral yüzgeçler ise abdominal konumdadır. İki loba ayrılmış hava keseleri mevcuttur. Mide civarında plorik çekum adı verilen kör bağırsaklar bulunmaz. Kuyruk tipi genellikle homoserk tiptedir. Genellikle sürüler halinde yaşarlar ve üreme dönemleri ilkbahar ve yaz aylarıdır (Geldiay ve Balık, 2009).

Türlerin çoğu, temel besin ve protein kaynağı olarak tüketilmektedir. Ekonomik ve ticari öneminin yanı sıra birçok tatlısu ekosistemlerinde bulunması sebebiyle bu türlerin amatör (spor, hobi) ve ticari avcılığı yapılmaktadır. Bazı türler, yapay ve suni dölleme yoluyla üretilerek akvaryum ve süs balığı olarak farklı coğrafyalara taşınmıştır.

2.1.2. *Alburnus* Rafinesque, 1820

İnci balıkları (İngilizce: Bleak) olarak adlandırılan *Alburnus* (Cyprinidae) üyeleri, Avrupa ve Batı Asya'da 43 tür ile temsil edilmektedir (Mangıt ve Yerli, 2018). Sistematikte, daha önceden *Chalcalburnus* (Shemaya) olarak bilinen ve şu anda sinonim olarak kabul edilen türleri de içermektedir (Eschmeyer ve ark., 2017). Türkiye iç sularında, 19'u endemik olmak üzere 31 *Alburnus* türü dağılış göstermektedir (Şekil 2.1). Endemik tür sayısı bakımından *Pseudophoxinus* üyelerinin ardından ikinci sırayı almaktadır (Çiçek ve ark., 2018).

Morfolojileri incelendiğinde; kolay dökülebilen pullar, yassı gövde ve kısmen uzun bir vücut göze çarpar. Ventral yüzgeç, dorsal yüzgecin ön kaidesinde yer alır. Kaudal yüzgeç çatallı ve homoserk tiptedir. Vücudun sırt tarafı kahverengi-yeşilimsi, karın tarafı ise gümüş rengindedir.

Pelvik yüzgeç ile anüs arasında " karina " adı verilen pulsuz bir çıkıntının varlığı, solungaç taraklarının çok ince ve sık olması, göz çapı / baş oranı büyüklüğü ve alt çenenin üst çeneden daha büyük olması *Alburnus* türlerinin karakteristik özellikleridir. Farinks dişleri hafif çengelli ve çoğu türde iki sıralıdır.

Göl, akarsu ve derelerde (pelajik bölgede) sürüler halinde yaşarlar ve üreme dönemleri Nisan-Haziran aylarıdır. Üreme döneminde, erkekler dişilerden morfolojik (renklenme, üreme tüberküllerinin belirmesi) olarak farklılıklar göstermektedir.

Alburnus akili (Gövce) ve *Alburnus tarichi* (İnci kefali) dışındaki türlerin boyu 20 cm'yi geçmez ve ekonomik değeri yoktur. Küçük boyutlu ve ekonomik değerinin olmaması sebebiyle balık çiftliklerinde ve avcılıkta yem olarak kullanılırlar. Ayrıca yapay inci üretiminde bazı türlerin pullarından faydalanılmaktadır. *Alburnus tarichi* İnci kefali, Türkiye iç sularında ilk tanımlanan endemik tür ve tuzlu-sodalı suda yaşayan tek tür olarak bilinmektedir. Ticari olarak avcılığı yapılan tek tür, İnci kefali' dir ve Türkiye iç su avcılığının %25'ini oluşturmaktadır (Şen ve ark., 2015).

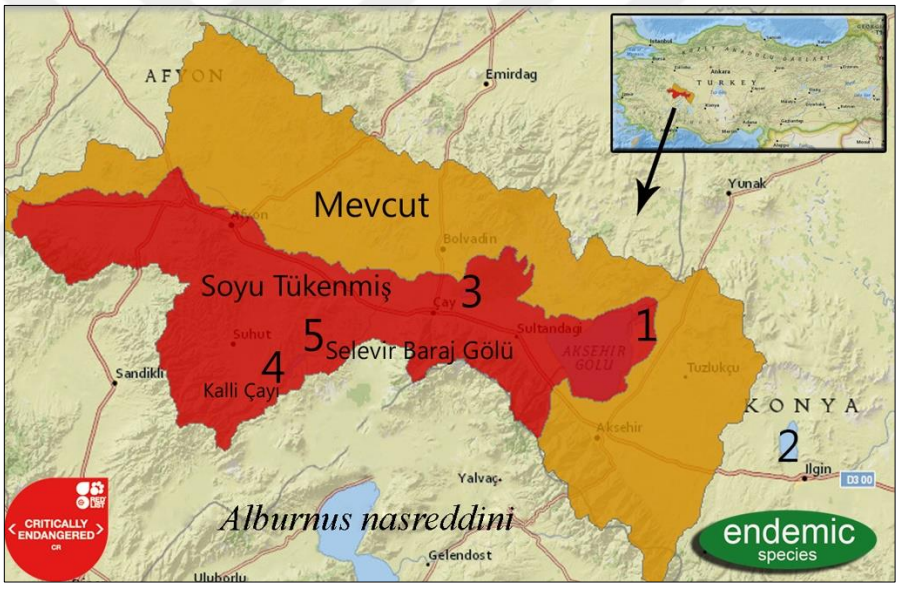
Alburnus akili ve *Alburnus nicaeensis* soyu tükenen endemik türler olarak bilinmektedir. *Alburnus akili*, Beyşehir Gölü'nde yerel halk tarafından besin amacıyla avlanılan ve 1985 yılından itibaren soyu tükenen bir türdür (Küçük, 2012). İznik Gölü'nde endemik olan *Alburnus nicaeensis* ise antropojenik etki başta olmak üzere çevre kirliliği, habitat kaybı gibi temel faktörler sebebiyle soyu tükenmiştir (Freyhof ve ark., 2014).

Çizelge 2.1. Türkiye tatlı su ekosistemlerinde dağılış gösteren *Alburnus* türleri (* Soyu tükenen türler)

Tür Adı	Dağılım	Türkçe Adı	Yayılış Alanı	Kaynak
Alburnus adanensis Battalgazi, 1944	Endemik	Adana İnci Balığı	Seyhan ve Ceyhan Nehir Havzası	Battalgazi (1944)
Alburnus akili Battalgil, 1942 *	Endemik	Beyşehir İnci Balığı	Beyşehir Gölü – Orta Anadolu	Battalgil (1942)
Alburnus alburnus (Linnaeus, 1758)	Yaygın	İnci Balığı	Marmara Havzası – Kuzeybatı Anadolu	Geldiay ve Balık (2009)
Alburnus attalus Özuluğ & Freyhof, 2007	Endemik	Bergama İnci Balığı	Bakır Nehri Drenajı – Batı Anadolu	Özuluğ ve Freyhof (2007)
Alburnus baliki Bogutskaya, Küçük & Ünlü, 2000	Endemik	Antalya İnci Balığı	Manavgat Çayı – Antalya	Bogutskaya ve ark. (2000)
Alburnus battalgilae Özuluğ & Freyhof, 2007	Endemik	Gediz İnci Balığı	Gediz Nehri Drenajı	Özuluğ ve Freyhof (2007)
Alburnus caeruleus Heckel, 1843	Yaygın	Dicle İnci Balığı	Fırat ve Dicle Nehir Havzası	Kuru (2004)
Alburnus carianorum (Mangıt & Yerli, 2018)	Endemik	İnci Balığı	Dalaman Çayı	Mangıt ve Yerli (2018)
Alburnus carinatus Battalgil, 1941	Endemik	Manyas İnci Balığı	Manyas ve Ulubat Gölleri	Battalgil (1941)
Alburnus chalcoides (Güldenstadt, 1772)	Yaygın	Tatlısu Kolyoz Balığı	Karadeniz ve Hazar Denizi Havzası	Kuru (2004)
Alburnus demiri Özuluğ & Freyhof, 2008	Endemik	İnci Balığı	Ege Denizi Havzası (Tahtaçay-İzmir)	Özuluğ ve Freyhof (2008a)
Alburnus derjugini Berg, 1923	Yaygın	İnci Balığı	Harşit Nehri – Giresun	Fricke ve ark. (2007)
Alburnus escherichii Steindachner, 1897	Endemik	İnci Balığı	Sakarya ve Kızılırmak Nehir Havzası	Steindachner (1897)
Alburnus filippii Kessler, 1877	Yaygın	İnci Balığı	Kura ve Aras Nehir Havzası	Geldiay ve Balık (2009)
Alburnus goekhani Özuluğ, Geiger & Freyhof, 2018	Endemik	İnci Balığı	Yeşilırmak ve Kızılırmak Nehir Havzası	Özuluğ ve ark. (2018)
Alburnus heckeli Battalgil, 1944	Endemik	Hazar İnci Balığı	Hazar Gölü	Battalgazi (1944)
Alburnus hohenackeri Kessler, 1877	Yaygın	İnci Balığı	Kura ve Aras Nehir Havzası	Fricke ve ark. (2007)
Alburnus istanbulensis Battalgil, 1941	Endemik	İnci Balığı	Kuzeybatı Anadolu	Özuluğ ve Freyhof (2007)
Alburnus kotschyi Steindachner, 1863	Endemik	İnci Balığı	Arsuz Deresi – İskenderun Körfezi Havzası	Steindachner (1863)
Alburnus kurui (Bogutskaya, 1995)	Endemik	Dicle İnci Balığı	Dicle Nehir Havzası (Yüksekova-Hakkâri)	Mangıt ve Yerli (2018)
Alburnus magnificus Freyhof & Turan, 2019	Yaygın	İnci Balığı	Asi Nehir Havzası (Yıldırım ve Afrin Çayı)	Freyhof ve Turan (2019)
Alburnus mossulensis Heckel, 1843	Yaygın	Tatlısu Gümüş Balığı	Fırat ve Dicle Nehir Havzası	Geldiay ve Balık (2009)
***Alburnus nasreddini* Battalgil, 1943**	**Endemik**	**Anadolu İnci Balığı**	**Eber, Akşehir ve Ilgın Gölü Havzası**	**Gülle ve ark. (2017)**
Alburnus nicaeensis Battalgil, 1941 *	Endemik	İznik İnci Balığı	İznik Gölü	Freyhof ve Kottelat (2007)
Alburnus orontis Sauvage, 1882	Yaygın	İnci Balığı	Asi Nehir Havzası	Geldiay ve Balık (2009)
Alburnus schischkovi (Drensky, 1943)	Yaygın	İnci Balığı	Avrupa Karadeniz Havzaları	Freyhof ve Kottelat (2007)
Alburnus sellal Heckel, 1843	Yaygın	Gümüş Balığı	Asi, Fırat ve Dicle Nehir Havzası	Kuru (2004)
Alburnus selcuklui Elp, Şen & Özuluğ, 2015	Endemik	İnci Balığı	Dicle Nehir Havzası (Botan Çayı)	Elp ve ark. (2015)
Alburnus tarichi (Güldenstädt, 1814)	Endemik	İnci Kefali	Van Gölü Havzası	Geldiay ve Balık (2009)
Alburnus timarensis Kuru, 1980	Endemik	İnci Kefali	Karasu Deresi – Van Gölü Havzası	Kuru (1980)
Alburnus qalilus Krupp, 1992	Yaygın	Benekli İnci Balığı	Dicle Nehir Havzası (Gaziantep-Kilis-Hatay)	Birecikligil ve ark. (2017)

2.1.3. *Alburnus nasreddini* Battalgil, 1943

Dağılış Alanı: *Alburnus nasreddini* ya da yerel adıyla Anadolu İnci Balığı, İç batı Anadolu'daki Akarçay havzası (Eber, Akşehir ve Karamık Gölleri; Selevir ve Seyitler Barajı) ve Ilgın Gölü havzasının (Aşağıçiğil Deresi/Ilgın ve Beşgöz Kaynağı/Sarayönü) oluşturduğu karstik su kaynaklarında dağılış gösteren bölgesel endemik bir türdür (Gülle ve ark., 2017). Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN), Afyon ve Konya il sınırları içerisinde dağılış gösteren türü, kritik olarak tehdit altındaki tür (Critically Endangered-CR) kategorisinde değerlendirmektedir (Şekil 2.1). Endemik ve tehlike altnda bir tür olması sebebiyle 2015-2020 yıllarını kapsayan ve " Anadolu İncibalığı Gümüş ise O'nu Gelecek Nesillere Aktarmak 'Altın' dır " sloganıyla T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından " Tür Eylem Planı " oluşturulmuştur (Eylem Planı, 2015).



Şekil 2.1. *Alburnus nasreddini*'nin dağılış alanı (IUCN, 2020)

Taksonomi: *A. nasreddini*'nin özgün tanımı, Battalgil (1944) tarafından Eber Gölü'nde yapılmış ve epitet adı "Nasreddin Hoca" ya atfedilmiştir. Tanımlanan türün diagnostik özellikleri; " D III (8) 9, A III 13 (14), P I 13-14, VI-II 8, Ligne lateraldeki delikli pul sayısı 44-46 (9 ½-4½) " şeklinde verilmiş fakat morfolojik tanımı yapılmamıştır (Eylem Planı, 2015).

Morfolojisinin yeterince açıklanmamış olması ve *A. nasreddini, A. escherichii* ve *A. albidus* (geçerli tür *A. istanbulensis*)'a benzerliği sebebiyle türün geçerliliği hakkında tartışmalar ortaya çıkmıştır. *A. nasreddini*'nin morfolojisinin *A. escherichii* ve *A.*

albidus'a çok benzer olmasına rağmen en büyük önemli farklılıklar; anal yüzgecin daha az dallanmış olması ve pulların büyüklüğü, yanal çizgideki ölçek sayısı, pektoral yüzgeçteki dallı ışınların sayısı ve gözün arkasından kuyruk yüzgeci tabanına kadar uzanan çizginin morfolojisi şeklinde ifade edilmiştir (Battalgil, 1944; Bogustkaya, 1997; Gülle ve ark., 2017).

A. nasreddini'yi diğer iki türden ayıran temel karakteristik özelliği; vücut çapının 4 katının standart boyunun uzunluğunu ve bariz olarak küçük olan ağız yarığının göz hizasını asla geçmemesidir (Eylem Planı, 2015). Şekil 2.2'de gösterilen *A. nasreddini*'nin sistematiği aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.2. *Alburnus nasreddini* genel görünüm (orijinal)

Regnum : Animalia (Hayvanlar)

Phylum : Chordata (Kordalılar)

Classis : Actinopterygii (Işınsal Yüzgeçliler)

Ordo : Cypriniformes (Sazansılar)

Familia : Cyprinidae (Sazangiller)

Genus : *Alburnus* Rafinesque, 1820

Species : *Alburnus nasreddini* Battalgil, 1943

İlk Bulunuş Yeri (Terra Typica) : Eber Gölü

Türkçe ya da Yerel Adı: Anadolu İnci balığı, Gümüş

Morfoloji: Vücut, kolay dökülen pullarla kaplı, uzunlamasına ve kenarlardan basık bir görünümdedir. Dorsal (sırt) ve ventral (karın) profil belirgin bir şekilde

dışbükeydir. Baş vücuda oranla küçük ve ağız terminal (uç) konumludur ve yukarıya bakar. Gözler başa oranla daha büyüktür. Birçok *Alburnus* üyesinde görüldüğü gibi alt çene üst çeneden daha uzundur. Karın (ventral) yüzgeci, dorsal (sırt) yüzgeç orijininin 4-5 pul önünde başlar. Anal yüzgeç ise dorsal yüzgecin bitişiğinden başlar. Karın yüzgeci ile anüs arasında karina adı verilen 5-6 pul uzunluğunda çıkıntı bulunur. Kuyruk yüzgeci (kaudal) derin çatallı ve sivri uçludur. Sırt yüzgecin dış kenarı düz, anal yüzgecin ise hafif içbükey; pektoral ve pelvik yüzgeçler ise yuvarlağımsı şekildedir (Eylem Planı, 2015). Tüm yüzgeçler şeffaf, dorsal ve kuyruk yüzgeci zarları açık gri veya dumanlı renktedir (Şekil 2.3).

Renk: Canlı bireylerde vücudun sırt kısmı zeytin yeşili veya açık gri, yan ve karın kısmı ise simi andıran lekeli görünümdedir. Formalin örneklerinde, sırt kısım açık kahverengi veya yeşilimsi, karın bölgesi simli veya hafif krem rengindedir (Şekil 2.3).

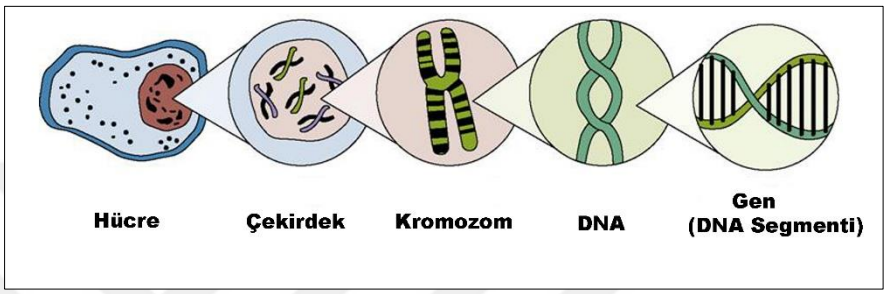


Şekil 2.3. *Alburnus nasreddini*'de canlı ve formalin içerisindeki bireylerde renk (orijinal)

Habitat Tercihleri ve Göç Hareketleri: Anadolu İnci balıkları, uzun mesafeli göç eden balıklar olmamakla birlikte üreme ve beslenme amacıyla sürüler halinde ilbahar-yaz mevsiminde akarsulara hareket etmektedirler. Esasen durgun su balığı olan bu balıklar kış aylarında göl ve baraj gibi habitatlarda yaşamaktadır (Eylem Planı, 2015). Otluk ve sığ alanlara Mayıs-Temmuz ayları içerisinde yumurta bırakırlar. Omnivor ve ağırlıklı olarak zooplankton ve sinek larvalarıyla beslenirler. Nadiren bitkisel besinleri tercih ederler (Eylem Planı, 2015).

2.2. Kromozom ve Temel Kavramlar

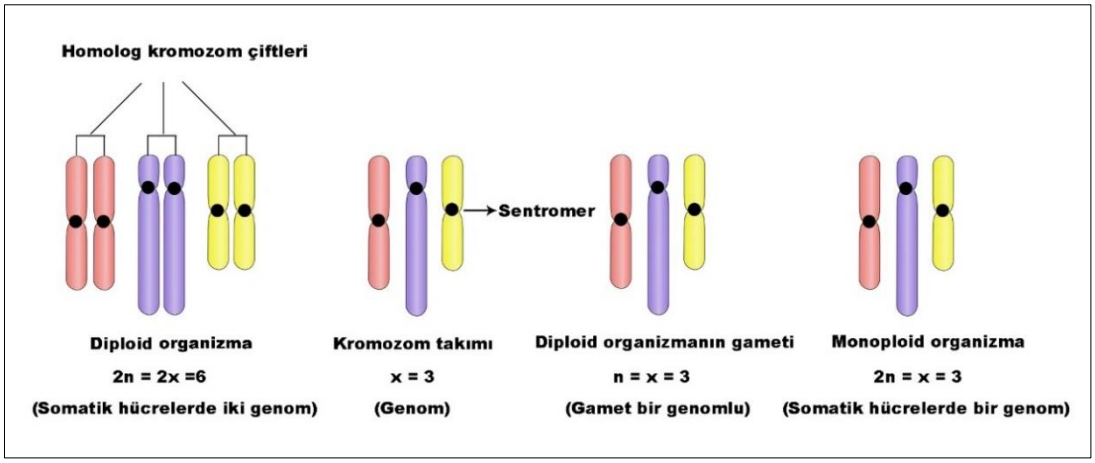
Kalıtım materyali olarak bilinen ve üzerinde genleri taşıyan kromozomlar, prokaryotik ve ökaryotik canlılardaki genetik yapılardır. Şekilleri ve sayıları çeşitli canlı türlerine göre farklılık göstermektedir. Ökaryotik kromozomlar, DNA molekülü ve DNA-bağlanıcı proteinler (histon ve histon olmayan) ihtiva etmektedir. Kromozom DNA'sı içerisinde yer alan ve protein kodlayabilen anlamlı nükleotit dizileri "gen" olarak adlandırılır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Hücre'deki kromozom, dna ve gen hiyerarşisi (Anonymus, 2019)

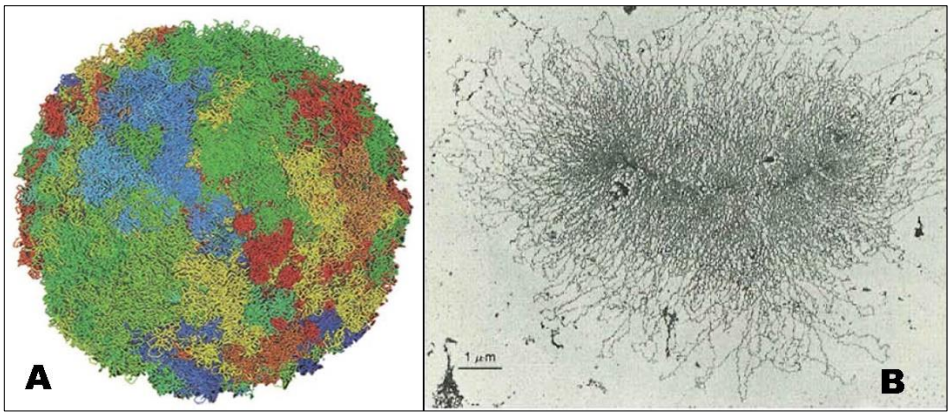
Mitotik metafaz kromozomları, yaklaşık 0.5 µm ile 30 µm uzunluğunda ve 0.2 µm ile 3 µm çapındadır. Bitkiler ve hayvanlarda kromozomların büyüklüğü değişkenlik göstermekte ve genel olarak bitkiler hayvanlardan daha büyük kromozomlara sahiptir (Schulz-Schaeffer, 2012). Kromozom, ökaryotlarda ince uzun düz şekilde, prokaryotlarda ise dairesel şekildedir.

Ökaryotik bir organizmanın somatik hücrelerinde, her kromozomdan birer çift bulunur. Birbirinin aynısı olan bu kromozomlara "homolog kromozomlar" denir (prokaryotlar tek kromozomludur). Bu kromozom çiftlerinin her biri "kromozom takımı" olarak adlandırılır. Kromozom takımı, genom olarak da adlandırılmakta ve bir genomdaki kromozom sayısı o türün temel kromozom sayısı olarak adlandırılmaktadır (Emiroğlu ve Bürün, 2017). Diploid türlerde aynı genomdan iki tane bulunduğu için kromozomlarda çift olarak bulunurlar. Bu nedenle somatik kromozom sayısı **2n,** gametlerin kromozom sayısı **n** ve genom sayısı x ile ifade edilmektedir. Örneğin, 2n = 2x = 20 gösterimli bir diploid hücrenin kromozom sayısının 20, 2n = 2x ise somatik hücrelerinde iki kromozom takımı bulunduğunu ve gametlerinin n = x = 12 kromozomlu olduğu anlaşılır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Ökaryotik diploid altı kromozomlu (2n = 2x = 6) somatik model bir organizmadaki genom ve kromozom takımı kavramları (Emiroğlu ve Bürün (2017)'den uyarlanmıştır)

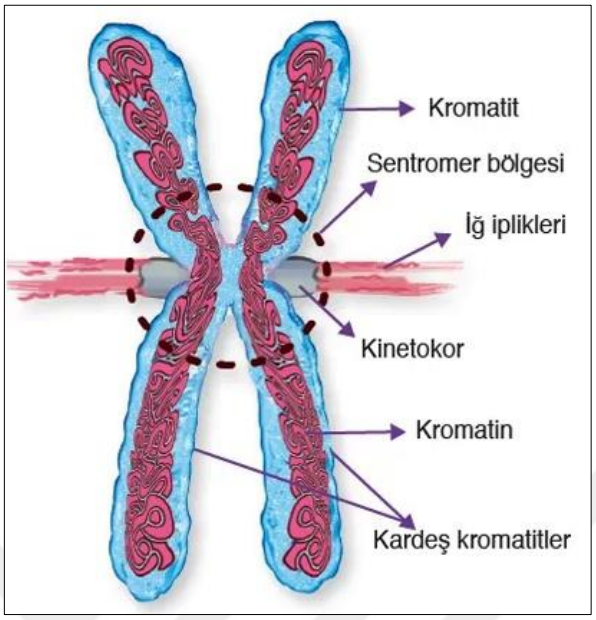
Bölünme aşamasında olmayan bir hücrede kromozomlar "kromatin ağ" adı verilen karmaşık bir yapıdadır (Şekil 2.6). Kromatin yoğunlaşmasının erken fazında ortaya çıkan ve profaz ya da metafaz aşamasında belirgin olarak ayırt edilen yapıya "kromonema" denir (Zatsepina ve ark., 1983). Gen alışverişinin kromatitler arasında meydana geldiğinden dolayı genetik birim olarak kromonema yerine kromatit kullanılmaktadır. Mitotik metafaz kromozomlarının büyüklük ve yapı bakımından sabit fakat morfolojik olarak farklı olan bölgeler ise "kromomer" olarak adlandırılır (Balbiani, 1876; Pfitzner, 1882; Sheval ve Polyakov, 2006).



Şekil 2.6. (A) Bilgisayar tarafından oluşturulan bölünme aşamasında olmayan nükleus içerisindeki (Knoch, 2002) ve (B) bölünmekte olan *Oncopeltus fasciatus*'taki anafaz evresinde kromatin ipliklerin dağılımı (Foe ve ark., 1982)

Bölünen bir hücrede, kromozomların belirgin hal aldığı ve gözlenmesinin mümkün olduğu evre metafazdır. Her bir kromozom, "kromatit" olarak adlandırılan ve birbirinin tamamen aynısı olan iki özdeş iplikten oluşmaktadır. Bu iplikler, kromozomları bir arada tutan ve "sentromer" adı verilen bölgeden birbirlerine bağlanırlar (Topaktaş ve

Rencüzoğulları, 2010). Ayrıca sentromer üzerinde çeşitli proteinlerin bulunduğu ve iğ ipliklerinin bağlandığı "kinetokor" bölgesi bulunur (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Kromozom üzerindeki sentromer ve kinetokor bölgelerinin şematik gösterimi (Anonim, 2019)

Canlının gelişmişlik düzeyi ile kromozom sayısı arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Örneğin, bir karınca türü olan *Myrmecia pilosula*'un 2n=2 (Crosland ve Crozier, 1986) ve bir eğrelti türü olan *Ophioglossum reticulatum*'un 2n=1262 (Tyagi ve Pande, 2009) kromozomlu olduğu bilinmektedir.

2.3. Kromozomun Kimyasal Yapısı

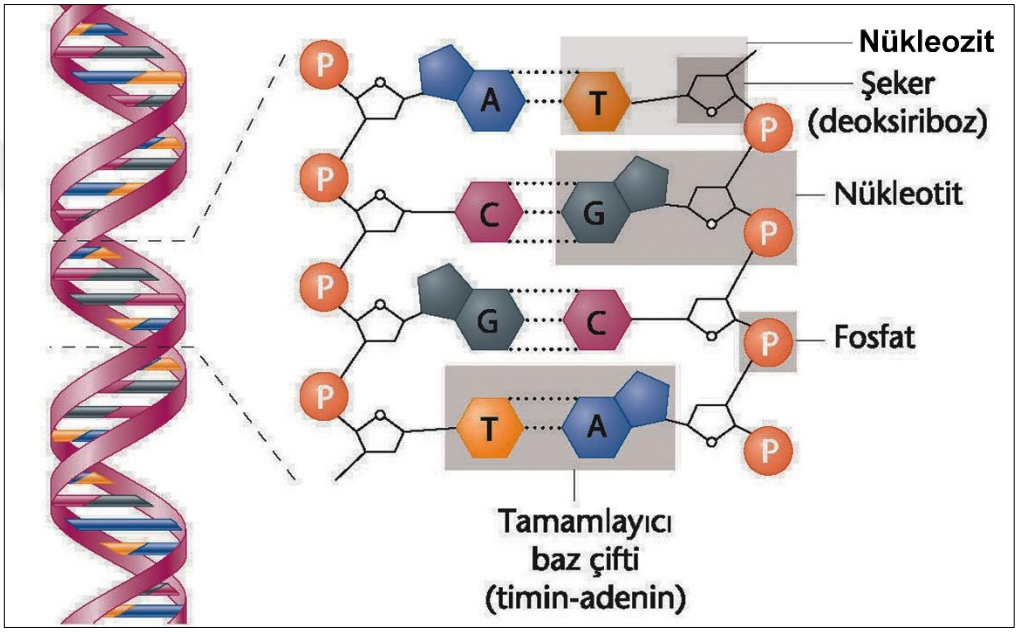
Kromozomların kimyasal yapısını, kalıtım materyali olan DNA (deoksiribo nükleik asit) makromekülleri ve histon ya da histon olmayan proteinler oluşturmaktadır. Kromozomların alt yapısı hakkındaki bilgiler, x ışınımı kırınımı, kimyasal analiz, elektron mikroskobu ve otoradyografi gibi çeşitli tekniklerle elde edilmiştir (Schulz-Schaeffer, 2012). James Watson ve Francis Crick, 1953 yılında Rosalind Franklin ve Maurice Wilkins tarafından toplanan X ışını kırınım verilerini ve Linus Pauling'in savunduğu model oluşturma tekniklerini kullanarak DNA'nın moleküler yapısını açıklamıştır (Gersen, 2005).

2.3.1. DNA çift sarmalı

Genetik materyal olan deoksiribonükleik asit (DNA), deoksiribonükleotitlerin bir polimeridir. Birincil yapı bloğu nükleotit olarak adlandırılır ve adenin (A), guanin (G),

sitozin (C) ve timin (T) olmak üzere dört farklı bazdan oluşmaktadır. DNA nükleotidi: baz, şeker ve fosfat olmak üzere üç alt üniteden oluşmaktadır. **Baz grubu**: Adenin ve guanin pürin bazları; sitozin ve timin ise pirimidin bazlarıdır. **Şeker:** Beş karbonlu ve halkasal yapılı deoksiriboz formundadır. **Fosfat:** Ortofosfat (PO4) formundadır.

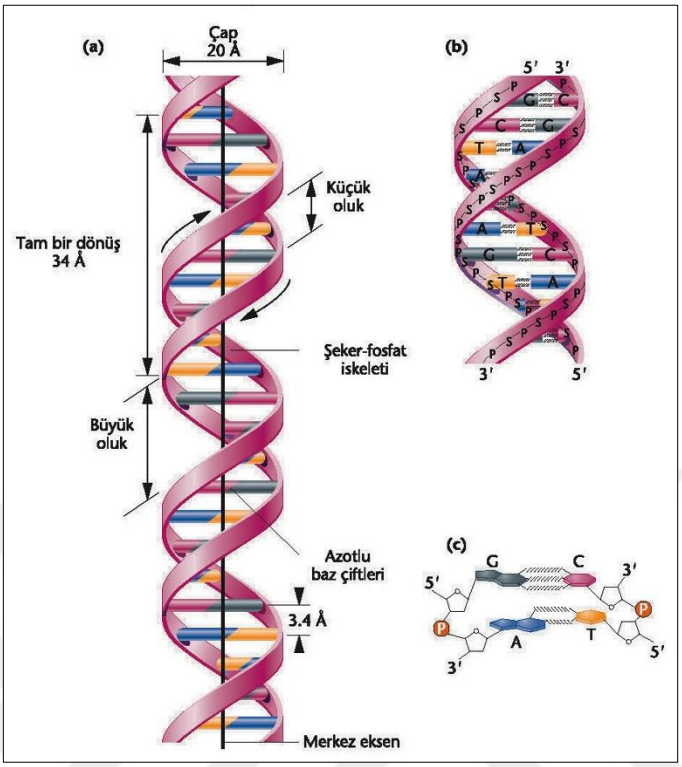
Baz + şeker **nükleozid** (deoksiribonükleozit), nükleozit + fosfat ise **nükleotit** (deoksiribonükleotit) olarak isimlendirilir. DNA'da taşıdıkları baza göre dört farklı nükleozid ve dört farklı nükleotit vardır. A - T ve G - C baz çiftlerine **tamamlayıcı baz çiftleri** denir (Şekil 2.8). DNA molekülü yapısındaki fosfat gruplarından dolayı asidiktir.



Şekil 2.8. Nüleotit-nükleozit yapısı ve tamamlayıcı baz çiftleri (Klug ve ark., 2011)

DNA'da adenin ile timinin ve guanin ile sitozinin eşit miktarda olduğunun anlaşılması sonucunda Watson ve Crick (1953), DNA'nın moleküler yapısını ortaya koymuştur (Şekil 2.9). Watson ve Crick modeline göre, bir DNA molekülünde **çift sarmal** olarak adlandırılan birbirine paralel **nükleotit zinciri** bulunur. Bu nükleotit zincirinde daima adenin timinle, guanin sitozinle karşılıklı olarak eşleşir ve **komplementer baz çiftleri** olarak adlandırılır. Pürinlerin çift halkalı, pirimidinlerin tek halkalı yapısı sebebiyle bir pürin daima bir pirimidin ile eşleşerek iki nükleotit zinciri arasındaki fark korunarak paralel bir görünüm kazanır. DNA'nın iki zinciri birbirine **antiparaleldir**. Yani iplikler zıt yönlerde uzanırlar. İpliklerden birinin 5' ucu ile diğerinin 3' ucu aynı taraftadır. DNA çift sarmalında deoksiriboz-fosfat üniteleri molekülün dış kısmında, pürin ve pirimidin bazları ise helixin iç tarafında eksene dik olarak yer alır. DNA çift sarmalını meydana getiren ve 2 ipliği bir arada tutan karşılıklı baz çiftleri arasındaki H bağları, Van der Waals

ve hidrofobik etkileşimlerdir. Çift sarmal içerisindeki bu H bağları, adenin-timin arasında iki, guanin-sitozin arasında üç tanedir.



Şekil 2.9. DNA iki sarmalının şematik görünümü (a); şeker, fosfat ve hidrojen bağlarının ayrıntılı görünümü (b) ve sarmalın antiparalel yapısı (c) (Klug ve ark., 2011)

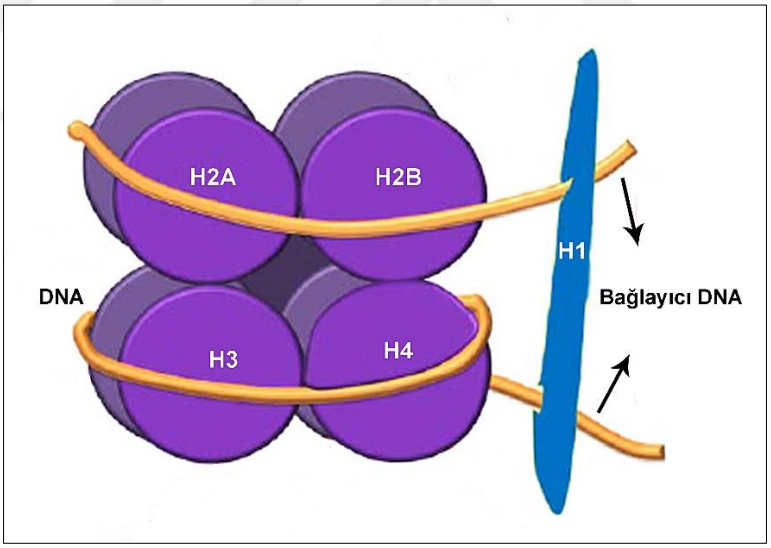
DNA'daki kalıtsal bilgiyi sitoplazma içerisindeki ribozomlara taşıyan ve protein sentezinde görev alan RNA (ribo nükleik asit) molekülü de bir nükleik asittir. Bazı canlılarda genetik materyal olarak RNA görev yapmaktadır. Tek iplikli zincirden oluşması, Timin (T) yerine Urasil (U) bazı ve şeker olarak riboz şekeri bulundurması RNA'nın ayırt edici özellikleridir.

2.3.2. Kromatin

DNA makromolekülünün proteinler ile birlikte oluşturduğu özel yapı **kromatin** olarak adlandırılır. Ökaryotik hücrelerde, genom, proteinlerle "kromatin" olarak adlandırılan bir yapıya paketlenir. Bu yüzden kalıtsal materyal kromatin formunda taşınır. En belirgin yüksek dereceli kromatin yapısı, DNA'nın 10.000 ila 20.000 kat kadar sıkıştırıldığı mitotik/mayotik kromozomdur. Metafaz kromozomları karakteristik şekillere, bantlama düzenlerine ve belirli genlerin konumlarına sahiptir (Woodcock ve Ghosh, 2010).

Kromatin ilk olarak, yarı saf formadaki dananın timüs dokusundan izole edilerek ve saflaştırılarak elde edilmiştir (Zubay ve Doty, 1959). Sonraki çalışmalarda, kromatinin **H2A**, **H2B**, **H3** ve **H4** olmak üzere sekiz histondan oluşan ve histon oktameri olarak adlandırılan yapısı keşfedilmiştir (Bonner, 1979).

DNA ve bu bazik proteinler bir araya gelerek, ökaryotik kromatin ve kromozomların esas yapısal ünitesi olarak bilinen **nükleozomu** oluşturur. Luger ve ark. (1997) nükleozomun detaylı yapısını ortaya koymuştur. Bu modelde, nükleozom çekirdeği ve bağlayıcı DNA olmak üzere iki kısım yer alır. Çekirdek kısmında çiftler halindeki H2A, H2B, H3 ve H4 histon oktamerleri, DNA kısmında ise merkez histonu olarak adlandırılan **H1** yer alır (Şekil 2.10). Histon H1 ise nükleozomların yapısına dahil olmayıp, bağlayıcı DNA'nın nükleozama giriş ve çıkış bölgesiyle ilişkilidir (McGhee ve Felsenfeld, 1980). Nükleozomların daha ileri paketlenmeleri H1 vasıtasıyla olur. H1'in kromatin içerisindeki tam yeri tartışmalı olmasına rağmen, kromatin yapısının desteklenmesinde ve kromatinin kondanse duruma gelerek kısalmasında rol oynadığı bilinmektedir (Woodcock ve Ghosh, 2010; Emiroğlu ve Bürün, 2017).

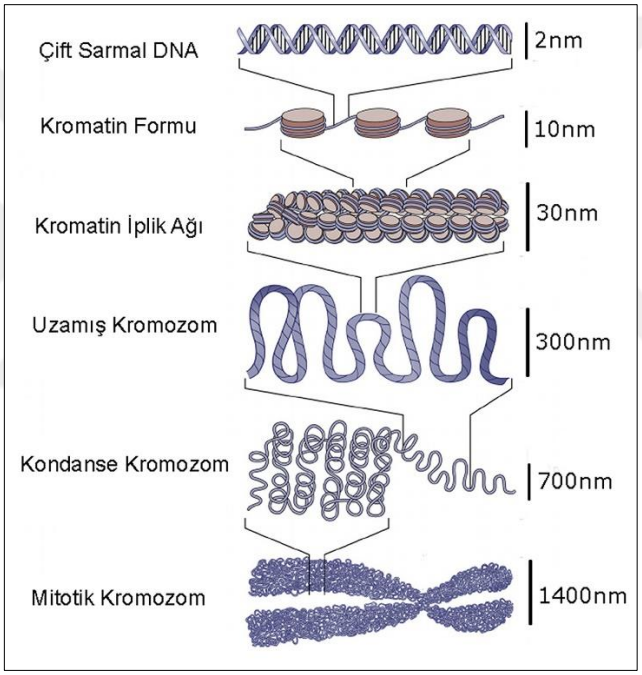


Şekil 2.10. Kromatini oluşturan nükleozomların yapısı (Thankam ve ark. (2019)'dan uyarlanmıştır)

Ökaryotlarda, DNA ve histon proteinlerinin etkileşimi sonucu " **DNA organizasyonu veya kromatin kondensasyonu** " olarak bilinen ve kromozomları meydana getiren süreç üç aşamada gerçekleşmektedir (Şekil 2.11). Yukarıda bahsedilen **nükleozom**, DNA'nın organizasyonu ve paketlenmesindeki ilk aşamayı teşkil eder. Nükleozom partikülü, ortalama 200 baz çiftlik DNA'nın histon proteinleri etrafında sola 2 dönüş yapmasıyla oluşur (McGhee ve Felsenfeld, 1980).

İkinci aşama, nükleozomların ileri aşaması olan **solenoid yapı**'dır. Nükleozomlar birbiri üzerinde düzenle paketlenerek DNA daha da kondanse edilir. Düzenle kondanse olmuş nükleozomlar 30 nm kalınlığında sola dönümlü solenoid denilen yapıyı meydana getirir (Finch ve Klug, 1976). Solenoid, DNA uzunluğunda ikinci bir kısalmaya neden olur. İnterfaz hücresinde kromatin 30 nm çapında olan solenoid yapı şeklinde bulunur.

Üçüncü ve son aşama, 30 nm çapındaki solenoid yapının **ilmek şeklinde katlanmalar** meydana getirmesidir. İlmek oluşumu, solenoid yapının uzunluğunun kısalmasına ve 300 nm boyutunda çıkıntılara neden olur. Soleoid yapının oluşturduğu bu yapı, topoizomeraz bakımından zengin ve aynı zamanda H1 molekülüde içerir (Reece ve ark., 2013). Sonuç olarak, DNA'nın boyu kısalarak kromozomlar oluşmaktadır.



Şekil 2.11. Kromatin kondensasyonu (Alberts ve ark. (2002)'den uyarlanmıştır)

Konveksiyonel çekirdek boyaları ile boyanan interfaz çekirdeğinde, kromatinin bazı bölgelerinin daha koyu, diğer bölgelerinin ise daha açık boyandığı görülür. Koyu boyanan kısımlar, kromatinin belirli bir düzende katlanarak kompakt duruma geldiği ve **heterokromatin** olarak adlandırıldığı bölgelerdir. Daha az yoğun olan bölgeler ise **ökromatin** olarak adlandırılır. İnterfazdaki bu yoğunluk farkına dayanarak heterokromatin ve ökromatini birbirinden ayırt eden ilk kişi Emil Heitz'dir (Heitz, 1928).

Ökromatin interfaz hücrelerinde yoğunlaşır, sıklıkla S - fazının erken döneminde replike olur ve transkripsiyonel genleri içerir. Fakat heterokromatin, yapısal olarak faz içi

boyunca yoğunlaşır, daha geç replike olur ve büyük ölçüde transkripsiyonel olarak sessizdir (Woodcock ve Ghosh, 2010; Allshire ve Madhani, 2018).

Heterokromatin, tekrarlayan dizileri baskılayarak genomun korunması, hücre farklılaşmasının kontrolü, sentromer ve kinetekor fonksiyonlarında rol oynama ve insan sağlığı (viral baskılama, obezite, erken yaşlanma ve metabolizma) gibi çeşitli fonksiyonlarda görev almaktadır (Allshire ve Madhani, 2018).

Heterokromatin, **konstitutif** ve **fakültatif** heterokromatin olmak üzere iki tiptir. Konstitutif heterokromatin, kromozomların sentromer ve telomer bölgelerini oluşturur. Tekrarlanan DNA sekanslarından oluşur ve yapısal organizasyonu çok kararlıdır. Fakültatif heterokromatin ise tekrarlanan sekanslardan oluşmaz. Konstitutif heterokromatin gibi çok kondanse kompakt bir duruma gelebilir ve koyu boyanır. Fakat bazı durumlarda kompakt yapıları çözülerek ökromatin durumuna dönerler ve o bölgedeki genler transkripsiyonel olarak aktif hale gelirler (Emiroğlu ve Bürün, 2017). Fakültatif heterokromatin, gelişimsel işlemler ve doku farklılaşması gibi belirli durumlarda oluşur (Zhang ve Adams, 2007; Nishibuchi ve Déjardin, 2017). Örneğin, insanlardaki X kromozomunda bu durum gözlemlenir. Dişilerdeki X kromozomunun birisi aktif (Xa) iken diğeri inaktiftir (Xi). İnaktif olan X kromozomu, konstitutif heterokromatin gibi çok kısalır ve interfaz çekirdeğinde koyu boyanan kompakt yapısı ile ayırt edilir ve bunlara **Barr cisimciği** adı verilir.

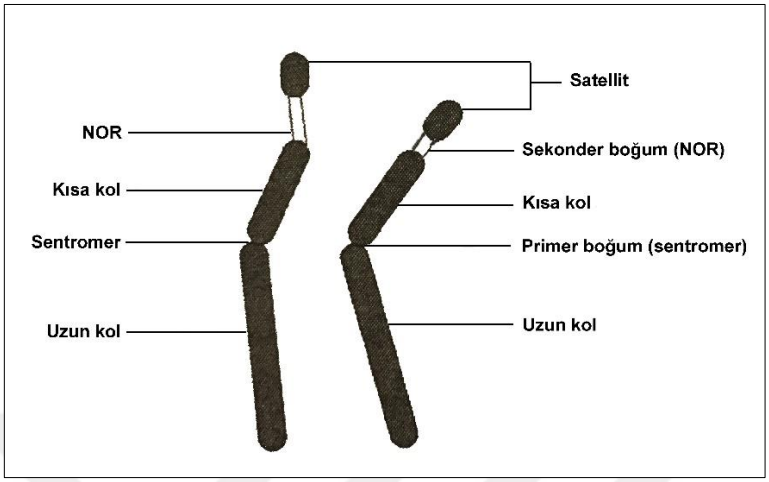
2.3. Kromozom Morfolojisi ve Karyotip

Canlılarda, mitoz ve mayoz olmak üzere iki tip hücre bölünmesi görülür. Mitoz, somatik hücre bölünmesidir ve vücudun büyümesinden, doku farklılaşmasından sorumludur. Mayoz ise eşey ana hücrelerinde görülür ve gamet üretiminden sorumludur. Mitotik hücrelerin elde edilmesi daha kolay olduğu için, kromozom morfolojisi üzerinde yapılan çalışmalar genellikle mitotik metafaz kromozomlarına dayanır. Bölünmeyen (interfaz) hücrelerde kromozomlar ışık mikroskobu altında görünmez. Bölünen hücrelerde belirli bir düzende kısalıp kalınlaşan mitoz-metafaz kromozomları, morfolojik inceleme için oldukça uygundur.

2.3.1. Kromozom morfolosi

Kromozomun boyu, sentromerin durumu ve morfolojik özellikler (örneğin; satellit gibi) dikkate alınarak kromozomun morfolojisi tanımlanır (Naran, 1997). Genel

olarak bir kromozomun dış görünüşüne bakıldığında: **kısa ve uzun kollar** (akrosentrik ve telosentrik kromozomlar istisna), **sentromer**, **primer boğum**, **sekonder boğum**, **satellit** ve **telomer** bölgeleri görülür (Şekil 2.11).



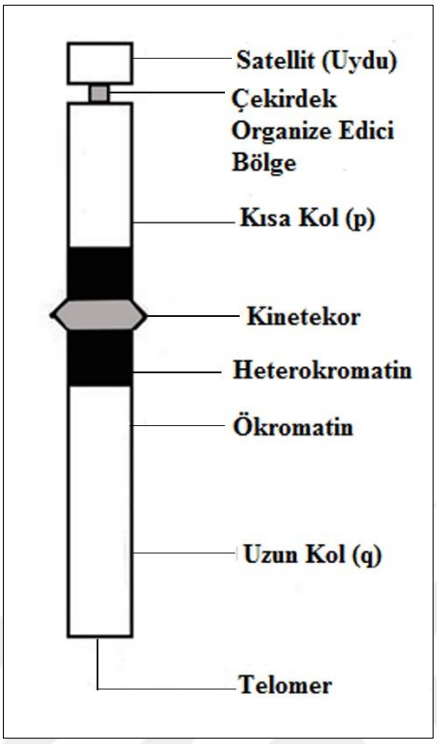
Şekil 2.12. Kromozomun genel görünümü (Emiroğlu ve Bürün, 2017)

Kromozom kollarını belirli bir açı ile bir arada tutan yapıya **sentromer** adı verilir. Karyolojik yöntemler ve özel boyalarla hazırlan preparatlar ışık mikroskobunda incelediğinde, sentromer bölgesinde **primer (birincil) boğum** adı verilen bir kısım gözlemlenir. Primer boğum, anafazda kardeş kromatitlerin zıt kutuplara çekilmesinde iğ ipliklerinin bağlandığı kinetokorların oluştuğu yerlerdir.

Karyoloji çalışmalarında, kolşisin gibi kimyasallar ile ön muamele yapıldığında, kardeş kromatitlerin sentromer bölgesinden birbirine bağlı oldukları bariz bir şekilde görülmektedir. Her organizmanın kromozom takımında yani genomunda en az bir kromozomda sentromer dışında **sekonder (ikincil) boğum** bulunur. Sekonder boğum, nükleolusun oluşum yeridir ve nükleolus organize eden bölge ya da kısaca **NOR** (**N**ukleolus **O**rganizing **R**egion) olarak bilinir.

Şekil 2.13'te gösterildiği gibi bazı kromozomlarda, sekonder boğum ile kromozom ucu arasında **satellit** olarak isimlendirilen yapılar bulunur. Satellit bulunduran kromozomlar "SAT-kromozom" olarak adlandırılır. Singh (2003) **mikrosatellit** (kromozom çapının yarısına eşit veya daha küçük), **makrosatellit** (kromozom yarı çapından büyük) ve **lineer satellit** (uzun bir kromozom segmenti şeklinde) olmak üzere satellitleri sınıflandırmıştır. İnce bir kromatin uzantısı ile kromozoma bağlanmış olan satellitler, bazı preparatlarda tam olarak seçilememekte, bazılarında da kromozomdan oldukça uzakta bulunmaktadır (Emiroğlu ve Bürün, 2017). Ayrıca bazı organizmaların

kromozomlarında birincil ve ikincil boğumlar kadar belirgin olmayan ilave boğumlarında olduğu bilinmektedir.



Şekil 2.13. Bantlı kromozomda satellitin gösterimi (Pergament ve Fiddler, 1998)

Kromozomların uç noktaları **telomer** olarak adlandırılır. Kromozom korunması (telomeraz enziminin aktivitesi sayesinde) ve genom aktivitesi için gerekli olan, bir dizi özel proteine bağlı tekrarlayan DNA'dan (TTAGGG tekrarları) oluşan heterokromatik bölgelerdir (Donate ve Blasco, 2011). Telomer uzunluğu, her hücre bölünmesiyle kısalır. Telomer uzunluğundaki kusurlar, yaşa bağlı çeşitli hastalıkların patolojisi, erken yaşlanma sendromları ve kanser ile ilişkilidir (Blasco, 2005).

2.3.2. Kromozomların sentromer pozisyonlarına göre sınıflandırılması

Kromozomların morfolojik ayrımında kromozomların büyüklüğü, birincil daralma yani sentromerin pozisyonu ve sekonder boğumlarının bulunup bulunmaması en önemli kriterlerdir (Emiroğlu ve Bürün, 2017). Sentromer bölgesi genellikle birincil daralma olarak adlandırılır ve kromozom üzerindeki konumu, kromozomun morfolojisinin belirlenmesinde en önemli karakterdir (Abraham ve Prasad, 1983).

Sentromer, kromozomu eşit ya da farklı uzunlukta iki parçaya ayırmaktadır. Bu parçalar **kromozom kolları** olarak adlandırılır. Kromozom kolları uzunluklarına göre **uzun kol** ve **kısa kol** olarak adlandırılır. Sentromer bölgesi ve kromozom kolları dikkate

alınarak **sentromer indeksi (CI)**, **kol oranı (q/p)** ve **bağıl uzunluk (%)** hesaplanabilmektedir. Sentromer indeksi ve kol oranı, karyotip hesaplamalarında yaygın olarak kullanılır ve kromozom uzunluğu hakkında bilgi verir. Bağıl uzunluk ise kromozom takımındaki her bir kromozomun diğer kromozomlar ile olan büyüklük ilişkisidir (Macgregor ve Varley, 1983). Hesaplamalar aşağıdaki işlemler ile ifade edilebilir:

$$\text{Kol oranı (q/p)} = \frac{\text{Kromozomun uzun kol uzunluğu (q)}}{\text{Kromozomun kısa kol uzunluğu (p)}}$$

$$\text{Sentromer indeksi (CI)} = \frac{\text{Kısa kol uzunluğu}}{\text{Kromozomun toplam uzunluğu}}$$

$$\text{Bağıl uzunluk (\%)} = \frac{\text{Kromozomun toplam uzunluğu}}{\text{Haploid kromozomların toplam uzunluğu}} \text{ x } 100$$

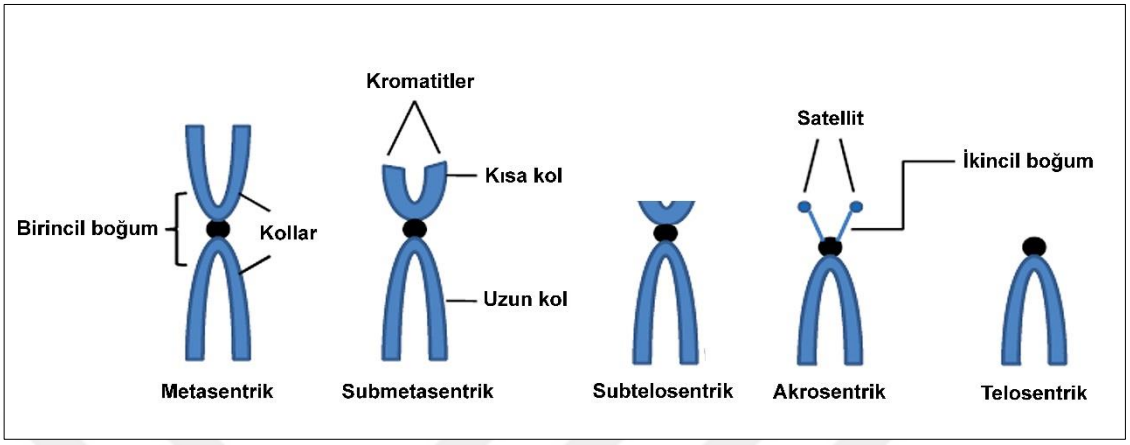
Sitogenetik çalışmaların artış göstermesi ve araştırmacılar arasındaki kargaşayı önlemek amacıyla Levan ve ark. (1964) tarafından kromozom nomenklatürü yayınlanmıştır. Çizelge 2.2'de gösterildiği gibi daha önceki median, submedian, subterminal ve terminal terimlerini kullanmışlardır. İlaveten median bölgeyi: median noktada (**M**) ve median bölgede (**m**); uç bölgeyi: uçta (**T**) ve uca yakın (**t**) olarak şematize etmişlerdir.

Çizelge 2.2. Sentromer yerlerine göre kromozom nomenklatürü (Levan ve ark., 1964)

Sentromer Yeri	**Kol oranı (q/p)**	**Sentromer indeksi**	**Kromozomun sembolü ve adlandırılması**		
Tam medyan	1.0	0.39 – 0.50	M		Metasentrik
Medyan bölgede	1.0 – 1.7		m		
Submedyan	1.7 – 3.0	0.26 – 0.38	sm	Atelosentrik	Submetasentrik
Subterminal	3.0 – 7.0	0.13 – 0.25	st		Subtelosentrik
Terminal bölgede	7.0 - ∞	0.00 – 0.12	t		Akrosentrik
Tam terminal	∞		T	Telosentrik	

Sentromer, konumuna göre kromozom kollarını eşit veya eşit olmayan büyüklükte ikiye böler. Kromozomlar, sentromer pozisyonlarına göre **metasentrik**, **submetasentrik**, **subtelosentrik**, **akrosentrik** veya **telosentrik** olarak sınıflandırılır (Şekil 2.14). Sentromer, **metasentrik** kromozomlarda kolların hemen hemen ortasındadır. Kollar yaklaşık olarak eşit uzunluktadır. **Submetasentrik** kromozomlarda, sentromer kromozom kollarına eşit uzaklıkta bulunmaz. Bu nedenle kısa ve uzun kolların

varlığından söz edilir. **Subtelosentrik** kromozomlarda, sentromer kısa kola çok yakın bir pozisyonda yer alır. **Akrosentrik** veya **telosentrik** kromozomlarda, sentromer uç noktadır ve ikinci bir kol ayırt edilemez.



Şekil 2.14. Sentromer pozisyonlarına göre kromozomların sınıflandırılması (Chowdhury ve Dubey (2014)'e göre yeniden uyarlanmıştır)

Sentromer pozisyonu karyotiplemede kullanılan ölçütlerden birisidir. Karyolojik çalışmalarda, sentromer yerleri net olarak ayırt edilebilen kaliteli preparatlar seçilerek sentromer pozisyonlarına göre kromozomların karyotipi yapılır.

2.3.3. Karyotip

Karyotip terimi, bir organizmanın kromozomlarının sayısını, büyüklüğünü, şeklini ve ayırt edilebilecek morfolojik özelliklerini ifade eder. Karyotip incelemeleri, mitoz bölünmenin gerçekleştiği diğer bir ifadeyle aktif hücre çoğalmasının görüldüğü doku (örneğin, balıklarda böbreklerin hemopoitik görev üstlenmesi) ve organların yanı sıra kültüre alınan hücrelerden yapılmaktadır.

Farklı amaçlar doğrultusunda karyotip işlemi yapılmaktadır. Karyotipleme işleminin genel olarak sitogenetik araştırma ya da araştırmalara yardımcı bir teknik olarak fayda sağladığı düşünülebilir. İlk olarak sitogenetik araştırma amacıyla, tıbbi alanda, kromozomal temelli hastalıkların tespitinde karyotipten faydalanılmaktadır. Sistematikte, bir türün karyolojik karakterleri tespit edilerek aynı tür (tür ve alt tür ayrımı, türün ilk tanımlanan tipten farklı olması ve farklı coğrafik populasyonlar) ve takson (cins) içerisindeki sistematik karışıklıklara açıklık getirilmektedir. Ekonomik değeri olan balık türlerinin karyolojik karakterleri araştırılarak verimin artırılması amaçlanmaktadır. İkincisi, araştırmalarda yardımcı olarak, biyokimyasal araştırmalarda gen dozu (enzim sentezinin düzenlenmesi vb.), hücre hatlarının tanımlanması ve izlenmesi, hibrit

oluşumlarının doğrulanması gibi çalışmalara katkı sağlamaktadır (Worton ve Duff, 1979).

Karyotiplemede, sentromer pozisyonu dikkate alınarak yapıldığı için sentromerleri belirgin olan metafaz kromozomlarından elde edilen preparatlar tercih edilir. Karyotip düzenlenme farklı şekillerde yapılabilmektedir. En yaygın ve sıklıkla kullanılan yöntem, kromozomların sentromer pozisyonlarına göre sınıflandırılarak büyüklük sırasına göre dizilmesidir (bkz. Şekil 2.14). Diğer bir yöntemde kromozomların sentromerleri düz bir çizgi üzerine yerleştirilerek kromozomlar büyükten küçüğe doğru sıralanır. Karyotip içerisinde farklılaşmış eşey kromozomları (varsa) sentromer pozisyonu ve büyüklüğüne bakılmaksızın en sona yerleştirilir.

Karyotipin görsel olarak sunumuda çeşitlilik göstermektedir. Kaliteli metafaz kromozomlarının fotoğrafları çekilir ve ayrı ayrı kromozomlar kesilerek eşleştirilir. Görsel sunum, **karyogram** (kromozomlar kâğıt üzerine çizilir ve sınıflandırılır) ya da **ideogram** (kromozomların ölçülü şematik şekillerle gösterimi) yöntemleriyle de yapılabilir (Emiroğlu ve Bürün, 2017). Kromozom ölçümleri ve karyotip analizi için, mikroskop ve bilgisayar programları aracılığıyla kromozom kollarının boyu, kol oranı, toplam boy, bağıl boy ve sentromer indeksi ölçülmektedir. Kısa ve uzun kolların boyları ölçülerek kol uzunlukların ortalaması alınır ve kol oranı, toplam boy ve bağıl uzunluk hesaplanır.

Karyotip formülü bilinen bir organizmada, karyotipik karşılaştırmalar yapmak amacıyla kromozomların kol sayısı hesaplanmaktadır. Pratikte, telosentrik ve akrosentrik kromozomlar tek kollu olarak kabul edilir. **Temel kromozom kol sayısı (NF)** ve **otozomal kromozom kol sayısı (NFa)** olmak üzere iki farklı hesaplama yapılmaktadır. NF değeri somatik kromozom sayısı ile ilişkilidir ve karyotipteki kromozomların kol sayısını ifade eder. Örneğin; 2n karyotip formülü 5m+3sm+4t olan bir organizmada kromozom sayısı 12, NF değeri 16'dır. Formül olarak 2n=5m+3sm+4t (NF=16) şeklinde belirtilebilir. Karyotip içerisinde ayırt edilebilen eşey kromozomları NFa değeri ile açıklanır. NFa değeri bulunurken eşey kromozomları dikkate alınmadan hesaplama yapılır. Örneğin; karyotip formülü $2n=6m+46t+X^tY^m$ şeklinde verilen bir türde NF=61 ve NFa=58 olarak hesaplanır.

2.4. Kromozom Boyama ve Bantlama Yöntemleri

Hemen hemen tüm kromozom boyama ve bantlama yöntemleri, mitotik metafaz aşamasındaki kromozomların elde edilmesine dayanır. Metafaz aşamasındaki kromozomlar, kolşisin (colchicine) veya kolşemid (colchmeid/democolcine) gibi tübülinden mikrotübül oluşumunu engelleyen inhibitör bitkisel kaynaklı alkoloidler aracılığıyla elde edilir. Kromozom bantlama çalışmaları, bir karyotipte türlerin ve homolog kromozom çiftlerinin tanımlanmasına yardımcı olabilir. Bantlama desenleri sadece normal bir karyotipte kromozomları tanımlamak için değil, aynı zamanda anöploid durumlarda da kullanılır (O'Connor, 2008).

Kromozom bantlama teknikleri, sitogenetikte kromozom analizinin kullanışlılığını büyük ölçüde genişletmiştir. Metafaz kromozomları ayrı ayrı tanımlanabildiğinden, kromozomal düzenlemeler ve ilgili kromozomlar spesifik olarak tanımlanabilmektedir. Sonuç olarak, genlerin kromozomlar üzerinde haritalanması kolaylaşmıştır. Günümüzde sitogenetik çalışmalarda; Q (quinacrine), G, (giemsa), R (reverse) ve C (centromer or constitutive heterochromatin) bantlama metotları yaygın olarak kullanılmaktadır (Dolan, 2011; Schulz-Schaeffer, 2012). Moleküler sitogenetik yöntemlerde, özellikle FISH tekniğinde, CMA_3, DAPI gibi florokrom boyalar kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan boyama ve bantlama metotları; Giemsa boyama, C-banlama ve Ag-NOR bantlama çalışmamızın metodolojik kısmını oluşturmaktadır.

2.4.1. Giemsa boyama

Bir kimyager olan Gustav Giemsa'nın, adını taşıdığı Giemsa boyama yöntemini ilk olarak sıtma parazitini göstermek amacıyla tasarlaması sonrasında histoloji alanındaki çalışmalarda kullanılmıştır (Giemsa, 1907; Pardue ve Gall, 1970; Barcia, 2007).

Kromozom analizi için Giemsa tabanlı teknikler, sitogenetik araştırmaların temelinde yer almakta ve ilk günlerden beri kullanılmaktadır. Moleküler veya yapısal temelinin çok iyi anlaşılmamasına rağmen, günümüzdeki bantlama ve boyama analizlerinde anahtar bir unsur olmaya devam etmektedir (Dolan, 2011).

Giemsa çözeltisi; kan hücreleri, kemik iliği ve doku kesitlerindeki parazitleri tespit etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Disbrey ve Rack, 1970). Mevcut genetik ve karyolojik çalışmalarda, kromozomal bantların boyanmasında ve aynı zamanda kardeş kromatitler arasındaki değişiklikleri tespit etmek için giemsa boyamadan

yararlanılmaktadır. Giemsa temelli kromozomal bantlama ve boyama teknikleri, son zamanlarda güçlü moleküler tabanlı sitogenetik tekniklerin (örneğin; FISH, CGH) ortaya çıkmasına rağmen sitogenetikteki yerini korumaktadır.

2.4.2. C-bantlama

C-bantlama ya da konstitutif heterokromatin batlama, farklı ökaryotik organizmalarda heterokromatini kanıtlamak için en çok kullanılan prosedürdür (Sumner, 1972). Heterokromatik bantlar, transkripsiyonel olarak inaktif yüksek derecede tekrarlayıcı DNA sekansları içeren, interfaz boyunca ve ayrıca mitoz sırasında yoğunlaşmış halde nispeten sabit kalan bantlardır (Gold ve Zoch, 1990; Politz ve ark., 2013). Omurgalı kromozomlarında sentromerik ve perisentromerik bölgeler, genellikle uydu DNA olarak adlandırılan tekrarlayan (tandem) DNA'dan oluşur (Nishibuchi ve Déjardin, 2017). C-bantlar kromozomun üzerinde herhangi bir bölgede (telomer yakını ya da nükleolus organizatör bölgede) bulunabilir. Fakat genellikle kromozomun sentromer bölgesinde bulunmaktadır (Brown, 1966; Hsu, 1975).

Heterokromatin bloklar, türe özgüdür ve inaktif olması sebebiyle genom içerisinde bozulmadan özgün yapısını koruyabilmektedir (Arslan ve Arslan, 2007). Bu özellik, tür ve türler arasındaki sistematik ayrımı anlamada yardımcı olmaktadır. Bu kromatin içindeki DNA'nın neden C-bantlama tekniği ile ekstraksiyona dirençli olduğu bilinmemekle birlikte kromozomal proteinlerin etkisi söz konusudur (Burkholder ve Duczek, 1982). Comings ve Avelino (1975) ökromatin içinde bulunmayan belirli nonhistonik maddelerin konstitütif heterokromatini ekstraksiyondan koruduğunu öne sürmüşlerdir. Matsukuma ve Utakoji (1977) heterokromatinin nonhistonik proteinler ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır.

Heterokromatin C-bantlar, ökromatine göre çok daha koyu boyanır. Koyu boyanan bu yapıların DNA’sı hücre bölünmesinin “S” evresinde daha geç replike olmaktadır. Bu bölgeler, Adenin (A) ve Timin (T) bazları yönünden zengin ve aktif gen sayısı bakımından oldukça fakirdir. Bir türün karyotipinde, heterokromatin blokların sayısı ve konumu aynı olması muhtemel olduğu için translokasyon, inversiyon, duplikasyon ve delesyon gibi kromozom anomalilerinin tespit edilmesinde C-bantlama tekniği kullanılmaktadır.

2.4.3. Gümüş nitrat (Ag-NOR) bantlama

Sentromer tarafından oluşturulan birincil daralmaya ek olarak, bazı kromozomlar ikincil daralma adı verilen bir bölgeyi ortaya çıkarır. Bu bölge telofaz sırasında nükleolus oluşumundan sorumludur ve interfaz ve profaz sırasında bu yapı ile ilişkilidir

Nükleolus, hücre çekirdeğinde ribozomal alt birimlerin üretimi ve montajından sorumlu bazofilik bir cisimdir. Sitolojik preparatlardaki nükleolusun gümüş boyama kabiliyeti 1891'de Ruzicka tarafından tarif edilmiş fakat nükleollerin kromozomal NOR'lar ile ilişkisi ilerleyen çalışmalarda ortaya çıkmıştır (Lawce, 2017). Belirli kromozom bölgeleri ile nükleoller arasındaki ilişki ilk olarak Heitz (1931) tarafından tanınmıştır. McClintock (1934) bu bölgelere çekirdekçik organize edici bölge (**N**ucleolar **O**rganizer **R**egion-NORs) olarak adlandırmıştır.

NOR'lar, nükleolusun yapısal ve fonksiyonel parçalarıdır ve ribozomal RNA sentezi için gerekli tüm elementleri içerirler. rRNA transkripsiyonu ve işlenmesinde yer alan nonhiston iki protein: nükleolin (NCL) ve nükleofosmin (NPM1), interfaz NOR'ları ile ilişkilidir ve gümüş ile indirgenerek lekeli, koyu bir görünüme sahip olurlar (Pekol, 1999). Ag-NOR'ların sayısı RNA transkripsiyon aktivitesi ile ilişkili olduğundan, yararlı kromozom işaretlerindendir ve kromozomal ve moleküler seviyelerde genom gelişimi hakkında değerli kanıtlar sağlar (Shiue ve ark., 2010).

Ökaryot ribozomal RNA genleri (rDNA), her ikisi de uzun doğrudan tandem (sıralı) dizilerde kümelenmiş tek bir transkripsiyon biriminin çok sayıda kopyasından oluşan iki farklı gen familyasında düzenlenir (Fontana ve ark., 2003). İlk ailenin transkripsiyon ünitesi, nükleer organizatör bölgelerinde (NOR) lokalize olan ve RNA polimeraz I tarafından transkribe edilen ana 45S rDNA genlerini (18S, 5.8S ve 28S) içerir. İkinci ailenin transkripsiyon birimleri, minör 5S rDNA genleri (5S rRNA), RNA polimeraz III tarafından transkribe edilir ve genellikle ana rRNA genlerini taşıyanlardan farklı kromozom çiftlerinde lokalize edilir (Martins ve Galetti, 2001). Ökaryotik hücrelerde 28S, 5.8S ve 5S birleşerek büyük alt birim (60S), 18S ise küçük alt birim (40S) olmak üzere sitoplazmaya geçerek ribozomun alt ünitelerini oluşturur.

Balıklar dahil birçok omurgalıdaki GC bakımından zengin ve transkripsiyonel olarak aktif olan rDNA, birçok kapalı rDNA kümesinin tespit edilmesinde, Ag-NOR bantlama, CMA_3 boyama ve FISH probları ile tanımlanmıştır. Birçok balık türünde $AgNO_3$ ve CMA_3 pozitif bölgelerinin sayısı NOR ile ilişkili olarak bulunmuştur (Kumar ve ark., 2019).

2.4.4. Türkiye'de ve bazı dağılış gösteren karyolojisi çalışılmış cyprinid türleri

Türkiye ve bazı ülkelerde dağılış gösteren ve Cyprinidae (Sazangiller) familyası içerisinde sınıflandırılan "*Abramis, Acanthobrama, Alburnoides, Alburnus, Capoeta, Carasobarbus, Carassius, Barbus, Blicca, Chondrostoma, Ctenopharyngodon, Cyprinion, Cyprinus, Garra, Leucaspius, Luciobarbus, Leuciscus, Phoxinus, Petroleuciscus, Pseudophoxinus, Pseudorasbora, Rhodeus, Rutilus, Scardinius, Squalius, Tinca, Vimba*" cinslerine ait 75 tür ve alttürün karyolojisi çalışılmıştır. Standart karyolojik analizin yanı sıra bazı türlerin C- ve gümüş nitrat (Ag-NOR) bantlaması, çeşitli araştırmacılar tarafından farklı lokalitelerden bildirilmiştir. Türkiye'de dağılış gösteren ve yukarıda bahsedilen cinslere ait cyprinid türlerinin çoğunluğu Leuciscinae alt familyası içerisinde sınıflandırılmaktadır. Leuciscin türlerinin diploid kromozom sayısının (2n) 50 olması, karyotip içerisindeki iki kollu kromozomların baskınlığı, en büyük subtelosentrik/akrosentrik kromozom çiftinin ve bir çift NOR taşıyan kromozomların varlığı karakteristik bir özelliktir (Ráb ve Collares-Pereira, 1995; Ráb ve ark., 2008; Pereira ve ark., 2009).

Abramis brama'nın diploid kromozom sayısı; Almanya (Wolf ve ark., 1969), Rusya (Arefjev ve Karnauchov, 1989), İran (Nahavandi ve ark., 2001) ve Polonya (Ocalewicz ve ark., 2004) popülasyonlarında 50; İsveç (Nygren ve ark., 1975) popülasyonunda ise 52 olarak değişkenlik göstermektedir. Ocalewicz ve ark. (2004) en büyük akrosentrik kromozom çifti ve bazı iki kollu kromozomlarda yoğun heterokromatin C-banlar tespit etmiştir. Aynı şekilde bu çalışmada, 18S rDNA ve telomerik problar kullanılarak bir çift kromozomda lokalize olan NOR'ların varlığı ve pozisyonu doğrulanmıştır. Telomerik dizilerin sadece kromozomların uç noktalarında gözlemlendiği bildirilmiştir.

Türkiye'de dağılış gösteren iki *Acanthobrama* türü: *A. marmid*, ve *A. microlepis*'in karyolojik analizi sonucunda kromozom sayısı 2n=50 olarak tespit edilmiştir. Gaffaroğlu ve ark. (2006) Karakaya Barajı'ndaki *A. marmid* popülasyonunun NOR fenotipini araştırmıştır. Karyotip içerisindeki en büyük kromozom çiftinin subtelo/akro olması leuciscinlerin sitotaksonomik işareti ile uyumlu olduğunu ifade etmişlerdir. Ancak leuciscinlerin aksine iki çift orta boy submeta/subtelo kromozomun telomerlerinde NOR saptandığını ve heteromorfik cinsiyet kromozomuna rastlanmadığını vurgulamışlardır. *A. marmid*'in karyolojik analizi, Türkiye (Nur ve ark., 2008) ve Ermenistan (Vasilyan ve ark., 2009) olmak üzere iki farklı lokaliteden bildirilmiştir.

Vasilyan ve ark. (2009) karyotip içerisindeki en büyük kromozomu 1 (m), 2 (sm) ve 3 (st-a) nolu kromozom çiftlerinin oluşturduğunu belirtmiştir. İki çalışmada da, morfolojik olarak ayırt edilebilen cinsiyet kromozomlarına rastlanılmadığı bilinmektedir.

Çek Cumhuriyeti (Ráb, 1981), Türkiye (Kılıç Demirok ve Ünlü, 2004) ve İran'daki (Nazari ve ark., 2009; Khosravanizadeh ve ark., 2013) *Alburnoides bipunctatus*'un diploid kromozom sayısı 50 olarak tespit edilmiştir. Nazari ve ark. (2009) orta büyüklükteki submetasentrik kromozomun kısa kollarında bir çift NOR tespit etmiştir.

Şu ana kadar İtalya, Yugoslavya, Türkiye, Almanya, Çek Cumhuriyeti, İran olmak üzere olmak üzere sekiz *Alburnus* türünün farklı lokalitelerden karyolojisi bildirilmiştir (bkz Çizelge 2.3). *A. akili, A. alburnus, A. adanensis, A. filippii, A. heckeli, A. mossulensis, A. tarichi, A. orontis* karyolojisi üzerinde çalışılan türlerdir. 2n=48 kromozomlu *A. mossulensis* hariç diğer *Alburnus* türlerin diploid kromozom sayısı 50 olarak bildirilmiştir. Çalışılan bu türlerin cinsiyet kromozomları ayırt edilememiştir.

Arkhipchuk (1999) *A. akili*'nin karyotipinin 9 metasentrik ve 16 submetasentrik kromozom çiftinden oluştuğunu ifade etmiştir.

A. alburnus'un İtalya (Cataudella ve ark., 1977; Bianco ve ark., 2004), Yugoslavya (Vujosevic ve ark., 1983; Klinkhardt ve ark., 1995; Arkhipchuk, 1999; Ziegler ve ark., 2003), Almanya (Schmid ve ark., 2006), Çek Cumhuriyeti (Ráb ve ark., 2008) ve İran (Khosravanizadeh ve ark., 2011) populasyonları farklı araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Ziegler ve ark. (2003) *A. alburnus*'un kromozom seti içerisinde B kromozomu tespit etmiştir. Başka bir çalışmada ise Schmid ve ark. (2006) *A. alburnus*'ta tamamen heterokromatik ve popülasyonlar arasında sıklığı değişen metasentrik ya da submetasentrik morfolojiye sahip B (supernumerary) kromozomların varlığından söz etmiştir. Ayrıca bu çalışmada, Ag-NOR bantlama sonucunda 16 nolu submetasentrik kromozomun kısa kolunda bir çift NOR tespit edilmiştir.

Ünal ve Gaffaroğlu (2016) Seyhan ve Ceyhan nehir sisteminde Türkiye'ye endemik *A. adanensis*'in karyotipik özelliklerini rapor etmiştir. Bazı uzun kollu kromozomlarda sentromerik C-bantlar ve bir çift submetasentrik kromozomun kısa kollarının uç noktalarında NOR tespit etmişlerdir. Türün eşey kromozomları karyotip içerisinde tespit edilememiştir.

Çizelge 2.3. Türkiye ve bazı ülkelerde dağılış gösteren ve karyolojisi çalışılan cyprinid türleri I

Tür Adı	Lokalite	2n	Karyotip Formülü	NF	Kaynak
Abramis brama	Almanya	50	-	-	Wolf ve ark. (1969)
	İsveç	52	-	82	Nygren ve ark. (1975)
	Rusya	50	16M + 14SM + 12ST + 8A	92	Arefjev ve Karnauchov (1989)
	İran	50	-	82	Nahavandi ve ark. (2001)
	Polonya		14M + 22SM + 14A	-	Ocalewicz ve ark. (2004)
Acanthobrama marmid	Türkiye	50	16M + 26SM + 10ST-A	-	Gaffaroğlu ve ark. (2006)
Acanthobrama microlepis	Türkiye	50	16M + 14SM + 20A	80	Nur ve ark. (2008)
	Ermenistan		10M + 28SM + 12ST-A	88	Vasilyan ve ark. (2009)
Alburnoides bipunctatus	Çek Cumhuriyeti	50	16M + 24SM + 8ST	96	Ráb (1981)
	Türkiye		16M + 22SM + 12ST-A	88	Kılıç Demirok ve Ünlü (2004)
	İran		14M + 20SM + 16ST-A	84	Nazari ve ark. (2009)
	İran		18M + 28SM + 4ST-A	96	Khosravanizadeh ve ark. (2013)
Alburnus akili	-	50	18M + 32SM	-	Arkhipchuk (1999)
Alburnus alburnus	İtalya	50	16M + 10SM + 16ST + 8A	-	Cataudella ve ark. (1977)
	Yugoslavya		12M + 16SM + 12T + 10A	90	Vujosevic ve ark. (1983)
	-		16M + 20SM + 14ST-A	86	Klinkhardt ve ark. (1995)
	-		16M + 20SM + 14ST-A	86	Arkhipchuk (1999)
	-		14M + 14SM + 14ST + 8T	-	Ziegler ve ark. (2003)
	İtalya		16M + 26SM + 8A	92	Bianco ve ark. (2004)
	Almanya		14M + 14SM + 8T + 14A	-	Schmid ve ark. (2006)
	Çek Cumhuriyeti		16M + 26/30SM + 8-4ST/A	92/96	Ráb ve ark. (2008)
	İran		14M + 26SM + 10ST-A	90	Khosravanizadeh ve ark. (2011)
Alburnus adanensis	Türkiye	50	12M + 28SM + 10ST-A	90	Ünal ve Gaffaroğlu (2016)
Alburnus filippii	Türkiye	50	16M + 16SM + 18A	-	Gül ve ark. (2006)
	İran		12M + 18SM + 8ST + 12A	88	Nazari ve ark. (2009)
Alburnus heckeli	Türkiye	50	14M + 18SM + 18A	82	Gül ve ark. (2004)
Alburnus mossulensis	Türkiye	48	12M + 20SM + 16A	-	Gül ve ark. (2000)
		50	12M + 16SM + 10ST + 12A	88	Yüksel ve Gaffaroğlu (2008a)
Alburnus tarichi	Türkiye	50	16M + 10SM + 24A	-	Gül ve ark. (2003)
Alburnus orontis	-	50	-	-	Vasil'yev (1980)

Hazar Nehri'ndeki *A. filippii*'nin karyotipik özellikleri Nazari ve ark. (2009) tarafından rapor edilmiştir. Orta büyüklükteki subtelosentrik kromozom çiftinde NOR tespit edilmiştir. Karyotip içerisindeki en büyük kromozom çiftinin akrosentrik olduğu ve heteromorfik cinsiyet kromozomlarına rastlanılmadığı vurgulanmıştır.

Gül ve ark. (2004) Hazar Gölü'ndeki *A. heckeli*'nin kromozom setinin 7 çift metasentrik, 9 çift submetasentrik ve 9 çift akrosentrik kromozomdan oluştuğunu ve NF değerinin 82 olarak hesaplandığını bildirmişlerdir. Ayrıca türün cinsiyet kromozomlarına rastlanılmadığı belirtilmiştir.

Türkiye'deki *A. mossulensis*'in diploid kromozom sayısı Kızılırmak Nehri'nde 48 (Gül ve ark., 2000), Karakaya Baraj Gölü'nde 50 (Yüksel ve Gaffaroğlu, 2008a) olarak bildirilmiştir. Ayrıca büyük (uzun kollarda) ve orta büyüklükteki (kısa kollarda) iki çift submetasentrik kromozomda NOR tespit edilmiştir. İki çalışmada da eşey kromozomları tespit edilememiştir.

Gül ve ark. (2003) Van Gölü'nde endemik İnci kefali *A. tarichi*'nin metafaz plağı içerisinde 8 metasentrik, 5 submetasentrik ve 12 akrosentrik kromozom çifti tespit etmiştir. Herhangi bir eşey kromozomlarına rastlanılmadığı belirtilmiştir.

Türkiye iç sularında dağılış gösteren beş *Capoeta* türü: *C. trutta, C. antalyensis, C. baliki, C. capoeta, C. damascina* ve bir alt türün: *C. capoeta umbla* karyolojisi çalışılmıştır. Kromozom sayıları 2n=150 olarak tespit edilmiştir. Türlerin heteromorfik cinsiyet kromozomlarına rastlanılmadığı rapor edilmiştir.

Safar ve ark. (2000) İran'daki Şah ve Madarsou nehirlerindeki iki farklı *C. capoeta* popülasyonunun karyolojik bulgularını rapor etmiştir. İki popülasyon içerisindeki bireylerde poliploidi gözlemlendiğini ifade etmiştir. Kılıç Demirok ve Ünlü (2001) Türkiye'de Dicle Nehri'ndeki *C. capoeta umbla* ve *C. trutta*' nın karyotip özelliklerini rapor etmiştir.

Ayata ve ark. (2017) Dicle Nehri'ndeki iki endemik tür, *C. antalyensis* ve *C. baliki*'nin karyolojik analizini araştırmıştır. Diploid kromozom sayısı her iki tür için (2n) 150 olarak tespit edilmiştir. Her iki türde de cinsiyet kromozomu farklılaşmasının gözlemlenmediği ifade edilmiştir.

C. damascina'nın diploid kromozom sayısını Gorshkova ve ark. (2002) İsrail popülasyonunda 2n=148, Ünal ve Gaffaroğlu (2016) Seyhan ve Ceyhan Nehri popülasyonlarında 2n=150 olarak tespit etmiştir. Çoğu kromozomun sentromerinde ve birkaç iki kollu kromozomun uzun kolları üzerinde konstitütif heterokromatin blokların varlığından söz edilmiştir. Ayrıca üç çift iki kollu kromozomda NOR tespit edilmiştir.

C. luteus'un diploid kromozom sayısı (2n) Göksu Nehri'nde (Kaya, 2009) ve Dicle Nehri'nde (Değer ve ark., 2011a) 150 olarak rapor edilmiştir.

Carassius cinsi içerisinde sınıflandırılan: *C. auratus, C. auratus gibelio, C. gibelio* ve *C. carassius* türlerinin farklı popülasyonlarının karyolojik analizi farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Türlerin kromozom sayısı oldukça değişkenlik göstermektedir.

Yerel ismiyle Japon balığı olarak bilinen *C.auratus*'un diploid kromozom sayısı (2n) Japonya'da 104 (Ojima ve ark., 1972) , Türkiye'de 100 (Aydın ve Mustafa, 2001) olarak tespit edilmiştir.

Gümüşi havuz balığı *C. auratus gibelio*'nun diploid kromozom sayısı (2n); Romanya'da 98, Yugoslavya'da 160 ve Çin'de 150 olarak tespit edilmiştir (Raicu ve ark., 1972; Vujosevic ve ark., 1983; Zhou ve Gui, 2002). Hekzaploid *C. auratus gibelio*'nun metafaz plağındaki dört kromozomda NOR lokasyonu tespit edildiğini Mayr ve ark. (1986) rapor etmiştir.

Kalous ve Knytl (2011) triploid *C. gibelio*'nun kromozom sayısını erkek bireylerde 2n=100 ve dişi bireylerde 2n=160 olarak tespit etmiştir. Ayrıca değişken sayıda çok küçük ekstra kromozomların varlığından söz edilmiştir.

Havuz balığı *C. carassius*'un diploid kromozom sayısı (2n), Hollanda (Kobayasi ve ark., 1970), Bosna Hersek (Sofradzija ve ark., 1978), Rusya (Vasilev ve Vasileva, 1985) ve Çek Cumhuriyeti (Mayr ve ark., 1986; Knytl ve ark., 2013) popülasyonlarında 100 olarak tespit edilmiştir. Knytl ve ark. (2013) standart karyotipin yanı sıra türün CMA_3 boyama, C- ve Ag-NOR bantlama ile ayrıntılı sitogenetik analizini ortaya koymuştur. C-bantlama sonucunda 7 kromozom çiftinin telomerik heterokromatin bloklara sahip olduğu bildirilmiştir. Bir çift submetasentrik kromozomun kısa kolunda ve bir çift subtelosentrik-akrosentrik kromozomun kısa kolunda NOR tespit edildiği ve CMA_3 boyamanın Ag-NOR ile pozitif ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Barbus escherichii, Barbus tauricus, Barbus capito, B. capito pectoralis, *B. rajanorum, B. plebejus lacerta* ve B. *rajanorum mystaceus* Türkiye iç sularında dağılış gösteren ve karyolojisi çalışılan cyprinid türleridir.

Gaffaroğlu ve ark. (2013) Kızılırmak ve Sakarya Nehri'ndeki *B. escherichii*' nin kromozom sayısını 2n=100 olarak rapor etmiştir. Kromozomların sentromerlerinde C-bantlar ve iki çift submetasentrik kromozomun kısa kollarının ucunda NOR tespit edildiği rapor edilmiştir.

Çizelge 2.4. Türkiye ve bazı ülkelerde dağılış gösteren ve karyolojisi çalışılan cyprinid türleri II

Tür Adı	Lokalite	2n	Karyotip Formülü	NF	Kaynak
Capoeta trutta	Türkiye	150	70M-SM + 80ST-A	220	Kılıç Demirok ve Ünlü (2001)
Capoeta antalyensis			84M-SM + 66ST-A	234	Ayata ve ark. (2017)
Capoeta baliki			88M-SM + 62ST-A	238	
Capoeta capoeta	İran	150	24M + 60SM + 14ST + 52T	234	Safar ve ark. (2000)
			24M + 56SM + 14ST + 56T	230	
Capoeta damascina	İsrail	148	78M-SM + 32ST + 38A	258	Gorshkova ve ark. (2002)
	Türkiye	150	46M + 42SM + 62ST-A	238	Ünal ve Gaffaroğlu (2016)
C. capoeta umbla	Türkiye	150	86M-SM + 64ST-A	236	Kılıç Demirok ve Ünlü (2001)
Carasobarbus luteus	Türkiye	150	34M + 54SM + 14ST + 48A	238	Kaya (2009)
			84M-SM + 66ST-A	234	Değer ve ark. (2011a)
Carasobarbus kosswigi	Türkiye	148	86M-SM + 62ST-A	234	Değer ve ark. (2011b)
Carassius auratus	Japonya	100	-	-	Ojima ve ark. (1972)
	Türkiye	104	24M + 34SM + 46A	162	Aydın ve Mustafa (2001)
C. auratus gibelio	Romanya	98	24M + 24SM + 24ST + 25A	146	Raicu ve ark. (1972)
	Yugoslavya	160	14M + 28SM + 24ST + 90A	-	Vujosevic ve ark. (1983)
	Çin	150	36M + 54SM + 36ST + 24A	-	Zhou ve Gui (2002)
Carassius carassius	Hollanda	100	20M + 40SM + 40A	-	Kobayasi ve ark. (1970)
	Bosna Hersek		52M-SM + 48ST-A	-	Sofradzija ve ark. (1978)
	Rusya		48M-SM + 52ST-A	-	Vasilev ve Vasileva (1985)
	Çek Cumhuriyeti		20M + 36SM + 44ST-A	-	Mayr ve ark. (1986) Knytl ve ark. (2013)
Carassius gibelio	Çek Cumhuriyeti	100/160	-	-	Kalous ve Knytl (2011)
Barbus escherichii	Türkiye	100	14M + 44SM + 42ST-A	158	Gaffaroğlu ve ark. (2013)
Barbus tauricus		100	6M + 24SM + 38ST + 32A	130	Ataç-Şahin (2015)
Barbus capito	İran	100	-	-	Pouralı ve ark. (2006)
	Çin	100	12M + 38SM + 38ST + 12T	150	Geng ve ark. (2013)
Barbus capito pectoralis	Türkiye	150	-	-	Turan ve ark. (2005)
Barbus plebejus lacerta		48	32M + 16A	-	Ergene ve ark. (1998)
Barbus rajanorum		125	-	-	Turan ve ark. (2005)
Barbus rajanorum mystaceus	Türkiye	100	22M + 30SM + 48ST	152	Kılıç Demirok (2000)
Blicca bjoerkna	Yugoslavya	50	8M + 18SM + 12ST + 12A	88	Vujosevic ve ark. (1983)
	Romanya		14M + 22SM + 14A	86	Luca ve ark. (2010)
Blicca bjoerkna transcaucasica	İran	50	12M + 20SM + 18ST	100	Pourkazemi ve ark. (2010)

Asıl anavatanı Güneydoğu Asya olan ve Dünya'daki birçok tatlısu ekosisteminde kozmopolit dağılış gösteren Sazan, *Cyprinus carpio*, genetik ve diğer birçok farklı alanlarda üzerinde çalışılan türdür. Kozmopolit, kolay temin edilebilen ve ekonomik değeri yüksek olması sebebiyle karyolojisi farklı lokalitelerden bildirilmiştir. Diploid kromozom sayısı (2n) 44 (Wolf ve ark., 1969), 98 (Al-Sabti, 1986), 100 (Raicu ve ark., 1972; Wu ve Yang, 1980; Ojima ve Takai, 1981; Hamalosmanoğlu ve Kuru, 2003; Wang ve ark., 2009; Ünal ve Gaffaroğlu, 2016) olmak üzere değişkenlik gösterdiği bilinmektedir (bkz. Çizelge 2.5).

Anjum ve Jankun (1998) *C. carpio*'da bir çift submetasentrik kromozomun kısa kollarında NOR tespit etmiştir. Tespit edilen NOR'lar CMA_3 boyama ile doğrulanmıştır. Ünal ve Gaffaroğlu (2016) *C. carpio*'nun kromozomlarının çoğunda perisentromerik C-bantlar ve metasentrik kromozom çiftinin kısa kollarında NOR tespit etmiştir. Mayr ve ark. (1986) Ag-NOR ve CMA_3 boyama sonucunda NOR lokalizasyonunun submetasentrik kromozomun kısa kollarında şeklinde bildirmiştir.

İki *Garra* türü: *G. rufa* ve *G. variabilis*'in farklı lokalitelerden karyolojik çalışmaları rapor edimiştir. *G. rufa*'nın diploid kromozom sayısı (2n); Türkiye'de 44 (Kılıç Demirok, 2000; Gözükara ve Çavaş, 2004), 46 ve 50 (Karahan ve Ergene, 2009) olarak tespit edilmiştir. İran'daki çalışmada 48 ve 50 (Esmaeili ve Piravar, 2007; Nezameslami ve ark., 2015); İsrail'deki çalışmada (Gorshkova ve ark., 2012) ise 50 olarak rapor edilmiştir. Karahan ve Ergene (2009) erkek bireylerde bir çift farklılaşmış heterogametik eşey kromozomu tespit etmiştir. Hatay, Sivas, Mersin ve Kahramanmaraş olmak üzere dört farklı popülasyonda NOR'ların değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir. Gorshkova ve ark. (2012) erkek bireylerin karyotipi içerisinde eşlenmemiş en büyük metasentrik kromozomun tespit edildiğinin ve bu kromozomun dişilerde tespit edilmediğini belirtmiştir (bkz. Çizelge 2.5).

Karahan ve Ergene (2010) Mardin'deki Savur çayında yaşayan *G. variabilis*'in kromozom sayısını 2n=102 bulmuştur. Karyotip morfolojisinin 21 metasentrik, 9 submetasentrik, 12 subtelosentrik ve 9 akrosentrik kromozom çiftinden oluştuğu belirlenmiştir. Çoğu kromozomda NOR lokasyonlarının gözlemlendiği ve en büyük kromozom çiftinin subtelosentrik olduğu ifade edilmiştir.

Mayr ve ark. (1986) 2n=50 kromozomlu *Leucaspius delineatus*'ta en büyük kromozom çiftinin akrosentrik-telosentrik olduğu ve bir çift akrosentrik kromozomda NOR tespit edildiği ifade edilmiştir. Tespit edilen NOR'ların sayısı ve lokalizasyonu CMA_3 boyama ile pozitif ilişkili olarak saptanmıştır.

Çizelge 2.5. Türkiye ve bazı ülkelerde dağılış gösteren ve karyolojisi çalışılan cyprinid türleri III

Tür Adı	Lokalite	2n	Karyotip Formülü	NF	Kaynak
Chondrostoma beysehirense	Türkiye	50	10M + 32SM-ST + 8A	92	Arslan ve Gündoğdu (2016)
Chondrostoma regium	İran	52	42SM + 10ST	58	Esmaeili ve ark. (2010)
Chondrostoma meandrense	Türkiye	52	18M + 6SM + 6ST + 22A	82	Uysal (2011)
Ctenopharyngodon idella	Çin	48	16M + 32SM	96	Liu (1980)
	İran		20M + 16SM + 12ST	84	Nowruzfashkhami ve ark. (2002)
Cyprinion kais	İran	50	16M + 14SM + 6ST + 14T	86	Nasri ve ark. (2010)
Cyprinion macrostomum	Türkiye	48	4M + 26SM + 18ST	-	Çolak ve ark. (1985)
		50	6M + 26SM + 18ST	82	Kılıç Demirok (2000)
			6M + 24SM + 12ST + 8T	92	Gaffaroğlu ve Yüksel (2004)
			6M + 24SM + 12ST + 8T	92	Yüksel ve Gaffaroğlu (2008b)
	İran	50	10M + 24SM + 16T	84	Nasri ve ark. (2015)
Cyprinus carpio	-	100	24M + 24SM + 52ST-A	-	Raicu ve ark. (1972)
	Çin		12M + 40SM + 48ST-A	-	Wu ve Yang (1980)
	Japonya		12M + 34SM + 50ST	-	Ojima ve Takai (1981)
	-	98	50M-SM + 48ST-A	148	Al-Sabti (1986)
	Türkiye	100	12M + 38SM + 50A	-	Hamalosmanoğlu ve Kuru (2003)
			30M + 18SM + 52ST-A	148	Ünal ve Gaffaroğlu (2016)
	Ukrayna		26M + 30SM + 14T + 30ST	156	Wang ve ark. (2009)
	Almanya	44	22M + 20SM + 2ST-A	-	Wolf ve ark. (1969)
Garra rufa	Türkiye	44	16M + 26SM + 1ST + 1A	87	Kılıç Demirok (2000)
			22M + 20SM + 2A	85	Gözükara ve Çavaş (2004)
	İran	50	10M + 24SM + 16ST	84	Esmaeili ve Piravar (2007)
	İsrail		30M-SM + 12ST + 8A	-	Gorshkova ve ark. (2012)
	Türkiye	50	26M + 10SM + 8ST + 6A	94	Karahan ve Ergene (2009)
		46	22M + 12SM + 8ST + 4A	88	
			22M + 12SM + 7ST + 5A	87	
			32M + 6SM + 6ST + 2A	90	
			31M + 6SM + 6ST + 3A	89	
		50	28M + 14SM + 4ST + 4A	96	
	İran	48	34M + 12SM + 2T-A	94	Nezameslami ve ark. (2015)
Garra variabilis	Türkiye	102	41M + 18SM + 24ST + 19A	185	Karahan ve Ergene (2010)
Leucaspius delineatus	Çek Cumhuriyeti	50	16M + 26SM-ST + 8T-A	-	Mayr ve ark. (1986)
Luciobarbus pectoralis	Türkiye	100	20M + 42SM + 38ST-A	162	Ünal ve Gaffaroğlu (2016)
Luciobarbus longiceps		148	-	-	Turan ve ark. (2005)
Luciobarbus kottelati		100	18M + 34SM + 48ST-A	152	Ayata ve Gaffaroğlu (2019)

Türkiye'deki üç *Luciobarbus* türü; *L. pectoralis* (Ünal ve Gaffaroğlu, 2016), *L. longiceps* (Turan ve ark., 2005) ve *L. kottelati* (Ayata ve Gaffaroğlu, 2019)'nin diploid kromozom sayısı (2n) sırasıyla 100, 148 ve 100 olarak tespit edilmiştir. *L. pectoralis*'te perisentromerik C-bantlar ve bir çift submetasentrik kromozomun kısa kollarında NOR tespit edilmiştir. *L. kottelati*'de üç kromozom çiftinde perisentromerik C-bantlar ve iki ile altı arasında değişen NOR sayısı tespit edildiği rapor edilmiştir.

Avrupa'dan Sibirya'ya kadar dağılış gösteren *Leuciscus* türlerinin diploid kromozom sayısı (2n); *L. aspius*'ta 50 ve 52 (Nygren ve ark., 1975; Ráb ve ark., 1990), *L. leuciscus*'ta 50 (Sofradzija, 1977; Hafez ve ark., 1978; Boron ve ark., 2009) olarak tespit edilmiştir. Ráb ve ark. (1990) *L. aspius*'un karyotip morfolojisinin diğer leuciscin türlerle aynı olduğunu fakat en küçük st-a kromozom çiftinin uzun kollarında heterokromatin ile ilişkili NOR tespit edildiğini rapor etmiştir.

Boron ve ark. (2009) Polonya'daki *L. leuciscus* ve *L. idus*'ta C ve NOR boyamanın yanı sıra CMA_3 florokrom boyama ve FISH tekniği ile sitogenetik özelliklerini ayrıntılı olarak araştırmıştır. Bu çalışmada, *L. leuciscus* ve *L. idus*'un Ag-NOR boyaması sonucunda sıklıkla değişen sinyallerin varlığı 28s rDNA probu ile tespit edilmiştir. *L. leuciscus*'ta bir ile dört arasında değişen CMA_3 ve 28S rDNA ile pozitif ilişkili NOR tespit edildiği belirtilmiştir. NOR'ların lokalizasyonu, en büyük metasentrik kromozomun uzun kolları ve orta büyüklükteki submetasentrik kromozomun kısa kolları şeklindedir. *L. idus*'un karyotipi içerisindeki en büyük akrosentrik kromozom çiftinin yanında ilk üç metasentrik kromozom çiftinin (no:6-8) diğer kromozomlardan daha büyük olduğu vurgulanmıştır. İkinci en büyük submetasentrik kromozom çiftinin (no:7) uzun kollarında telomerik Ag-NOR'ların varlığı bildirilmiştir. Her iki türde de kromozomların çoğunda sentromerik C- pozitif bantlar tespit edilmiştir. DAPI boyaması sonucunda incelenen iki türün kromozomlarında belirgin bir bant gözlenmediği ve karyotiplerinde cinsiyete bağlı heteromorfik kromozomların bulunmadığı ifade edilmiştir.

Türkiye'deki *Phoxinus phoxinus*'un kromozom sayısı 2n=50 olarak farklı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Berberovic ve Sofradzija, 1974; Cataudella ve ark., 1977; Labat ve ark., 1983; Ueno ve Ojima, 1984; Boroń, 2001). Polonya popülasyonu üzerinde çalışan Boroń (2001), kromozom morfolojisi içerisindeki en büyük kromozom çiftinin metasentrik olduğu ve NOR'ların bir metasentrik ve bir submetasentrik olmak üzere farklı kromozomlarda lokalize olduğunu rapor etmiştir. CMA_3 boyamanın, iki metasentrik kromozomun ve bir submetasentrik kromozomun

uzun kollarının telomerinde pozitif sinyaller verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca bazı çift ve tek kollu kromozomların sentromerik bölgelerinde C-bantlar tespit edilmiştir.

Ráb ve ark. (1996) *Petroleuciscus borysthenicus*'un kromozom sayısını 2n=50 olarak bildirmiştir. Tüm meta ve submeta-subtelo kromozom çiftlerinin heterokromatine sahip olduğu ve CMA_3 ile doğrulanan bir çift sm-st kromozomda NOR tespit edildiği rapor edilmiştir.

2n=50 kromozomlu Türkiye'ye endemik olan ve yağ balığı olarak isimlendirilen karyolojisi çalışılan *Pseudophoxinus* türleri: *P. antalyae* (Ergene ve ark., 2010), *P. firati* (Karasu ve ark., 2011), *P. elizavetae* (Gaffaroğlu ve ark., 2014), *P. crassus* (Ünal ve ark., 2014), *P. hittitorum* (Ünal ve ark., 2014), *P. zekayi* (Ünal ve Gaffaroğlu, 2016), *P. battalgilae* (Ayata ve ark., 2016), *P. burduricus* (Ayata ve ark., 2016), *P. egridiri* (Ayata ve ark., 2016), *P. evliyae* (Ayata ve ark., 2016), *P. fahrettini* (Ayata ve ark., 2016) ve *P. maeandri* (Ayata ve ark., 2016) şeklindedir.

Ergene ve ark. (2010) Tarsus Çayı'ndaki *P. antalyae*'de bir çift subtelosentrik kromozomda NOR ve çoğu kromozomda sentromerik C-bantlar tespit edildiği rapor edilmiştir. Karyotip seti içerisindeki en büyük kromozomun submetasentrik morfolojide olduğu bildirilmiştir. Karasu ve ark. (2011) Fırat Nehri'ndeki *P. firati*'nin kromozom morfolojisinin 19 çift metasentrik-submetasentrik ve 6 çift subtelosentrik (NF=88) kromozom şeklinde tespit etmiştir. Altı çift kromozomda sentromerik heterokromatin bantlar ve iki çift submeta-subtelo kromozomun kısa kollarında NOR rapor edilmiştir. Eşey kromozomlarının karyotip seti çerisinde tespit edilemediği belirtilmiştir.

Ünal ve ark. (2014) endemik *P. crassus* ve *P. hittitorum*'da birçok kromozomun perisentromerik C-bantlara sahip olduğu ve NOR'ların metasentrik kromozom çiftinde lokalize olduğu tespit edilmiştir. Ünal ve Gaffaroğlu (2016) *P. zekayi*'de sentromerik, perisentromerik ve parasentromerik C-bantlar ve iki ile dört arasında değişen NOR polimorfizmi tespit edildiği rapor edilmiştir. Ayata ve ark. (2016) Anadolu'da dağılış gösteren altı endemik *Pseudophoxinus* türü: *P. battalgilae*, *P. burduricus*, *P. egridiri*, *P. evliyae*, *P. fahrettini*, *P. maeandri*'nin karyolojik analizini yapmıştır. Çizelge 2.6'da türlerin karyotip formülleri ve diğer *Pseudophoxinus* türlerinin istatistikleri özetlenmiştir. Altı türde de birkaç kromozomda sentromerik heterokromatin bantlar görüldüğü bildirilmiştir. *P. burduricus*, *P. egridiri* ve *P. fahrettini*'de bir çift orta boy submetasentrik kromozomun kısa kollarının telomerlerinde ve *P. battalgilae*, *P. evliyae* ve *P. maeandri*'de ise iki çift orta boy sm kromozomun kısa kollarının telomerlerinde NOR tespit edildiği rapor edilmiştir.

Çizelge 2.6. Türkiye ve bazı ülkelerde dağılış gösteren ve karyolojisi çalışılan cyprinid türleri IV

Tür Adı	Lokalite	2n	Karyotip Formülü	NF	Kaynak
Leuciscus aspius	İsveç	52	42M + 10A	94	Nygren ve ark. (1975)
	Çek Cumhuriyeti	50	14M + 28SM + 8ST-A	92	Ráb ve ark. (1990)
Leuciscus leuciscus	Çek Cumhuriyeti	50	40M-SM + 10A	90	Sofradzija (1977)
	-		16M + 22SM + 12A	88	Hafez ve ark. (1978)
	Polonya		12M + 24SM + 8ST + 6A	86	Boron ve ark. (2009)
Leuciscus idus	Polonya	50	10M + 26SM + 6ST + 8A	86	Boron ve ark. (2009)
Phoxinus phoxinus	Yugoslavya	50	32M + 18ST-A	82	Berberovic ve Sofradzija (1974)
	İtalya		14M + 12SM + 16ST + 8A	76	Cataudella ve ark. (1977)
	Fransa		14M + 26SM + 10ST-A	90	Labat ve ark. (1983)
	Kore		10M + 34SM + 6ST-A	-	Ueno ve Ojima (1984)
	Polonya		8M + 32SM + 10ST-A	90	Boroń (2001)
Petroleuciscus borysthenicus	Çek Cumhuriyeti	50	16M + 28SM + 6ST	94	Ráb ve ark. (1996)
Pseudophoxinus antalyae	Türkiye	50	16M + 14SM + 12ST + 8A	92	Ergene ve ark. (2010)
Pseudophoxinus firati			38M-SM + 12ST	88	Karasu ve ark. (2011)
Pseudophoxinus elizavetae			8M + 34SM + 8ST	92	Gaffaroğlu ve ark. (2014)
Pseudophoxinus crassus			12M + 30SM + 8ST-A	92	Ünal ve ark. (2014)
Pseudophoxinus hittitorum			14M + 26SM + 10ST-A	90	
Pseudophoxinus zekayi			16M + 26SM + 8ST-A	92	Ünal ve Gaffaroğlu (2016)
Pseudophoxinus battalgilae			16M + 28SM + 6ST-A	94	Ayata ve ark. (2016)
Pseudophoxinus burduricus			18M + 26SM + 6ST-A		
Pseudophoxinus egridiri			14M + 28SM + 8ST-A	92	
Pseudophoxinus evliyae			14M + 30SM + 6ST-A	94	
Pseudophoxinus fahrettini			16M + 26SM + 8ST-A	92	
Pseudophoxinus maeandri			10M + 32SM + 8ST-A		
Pseudorasbora parva	Japonya	50	36M + 14SM	100	Ojima ve ark. (1972)
	Türkiye		14M + 20SM + 16ST		Gaffaroğlu ve ark. (2009)
Rhodeus amarus	-	48	34M-SM + 14A	82	Sofradzija (1975)
	Macaristan		6M + 26SM + 4ST + 12A	80	Bozhko (1976)
	-		6M + 26SM + 16A		Meszaros ve Kato (1976)
	-		14M + 24SM + 10ST-A	86	Hafez ve ark. (1978)
	İtalya		8M + 20SM + 20ST	76	Libertini ve ark. (2008)
	Polonya		8M + 20SM + 20ST-A		Kirtiklis ve ark. (2014)

Diploid kromozom sayısı (2n) 50 olarak tespit edilen *Pseudorasbora parva*'nın Japonya ve Türkiye popülasyonlarının karyotipik özellikleri rapor edilmiştir (Ojima ve ark., 1972; Gaffaroğlu ve ark., 2009).

Avrupa'da dağılış gösteren *Rhodeus amarus*'un kromozom sayısı 2n=48 olarak farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Sofradzija, 1975; Bozhko, 1976; Meszaros ve Kato, 1976; Hafez ve ark., 1978; Libertini ve ark., 2008; Kirtiklis ve ark., 2014).

Libertini ve ark. (2008) *R. amarus*'ta bir çift submetasentrik kromozomda tespit edilen NOR'ların CMA_3 ile pozitif, DAPI ile negatif ilişki gösterdiğini ifade etmiştir. 18S rDNA probunun çok sayıda sinyal verdiği fakat Ag-NOR tespit edilen bir çift sm kromozomda da sinyal verdiği ifade edilmiştir. Bazı submetasentrik kromozomların kısa kollarının yanı sıra tüm kromozomlarda perisentromerik konstitütif heterokromatin bantların varlığından söz edilmiştir.

Kirtiklis ve ark. (2014) *R. amarus*'ta çoğu kromozomun perisentromerik ve kısa kolu tamamen heterokromatin bantlara sahip kromozomların gözlemlendiğini belirtmiştir. Bir çift submetasentrik kromozomda NOR tespit edildiği ve CMA_3 boyamanın NOR ile pozitif korelasyon gösterdiği ifade edilmiştir. 28S rDNA probu üç, dört ve beş kromozomda; 5S rDNA probunun ise çoklu (multikromozomal) kromozomlarda sinyal verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca telomerik probların tüm kromozomların uç noktalarında sinyal verdiği ifade edilmiştir.

Kızılgöz olarak bilinen ve Avrasya'da dağılış gösteren *Rutilus rutilus*'un kromozom sayısı 2n=50 (Lieder, 1954) ve 2n=52 (Nygren ve ark., 1975; Vujosevic ve ark., 1983; Koehler ve ark., 1995) olarak rapor edilmiştir.

Scardinius erythrophthalmus'un diploid kromozom sayısı (2n), İsveç ve Sırbistan'da 48; İtalya ve Romanya'da 50 olarak rapor edilmiştir (Nygren ve ark., 1975; Cataudella ve ark., 1977; Fišter, 2000; Bianco ve ark., 2004; Luca ve ark., 2010). Bianco ve ark. (2004) ilk telosentrik kromozom çiftinde perisentromerik ve sekiz metasentrik kromozom çiftinde ise sentromerik ve telomerik C-bantların tespit edildiğini rapor etmiştir. CMA_3 ile doğrulanmış bir çift submetasentrik kromozomda NOR tespit edildiği belirtilmiştir. Romanya'daki çalışmada *Scardinius erythrophthalmus*'ta heteromorfik eşey kromozomlarının varlığı saptanmıştır. Erkeklerde bir çift büyük metasentrik (ZZ), dişilerde ise büyük bir metasentrik ve küçük bir akrosentrik (ZW) kromozom olarak tespit edilmiştir (Luca ve ark., 2010).

Tatlısu kefallerinin de içinde bulunduğu beş *Squalius* türü: *S. anatolicus* (Ünal, 2011), *S. cephalus* (Wolf ve ark., 1969; Fontana ve ark., 1970; Cataudella ve ark., 1977; Sofradzija, 1977; Hafez ve ark., 1978; Al-Sabti, 1986; Pekol, 1999; Kılıç Demirok, 2000; Bianco ve ark., 2004; Boron ve ark., 2009; Pekol ve Arslan, 2014; Kiliç ve Şişman, 2016), *S. orientalis* (Kılıç Demirok, 2000), *S. seyhanensis* (Ünal ve Gaffaroğlu, 2016) ve *S. recurvirostris* (Doori, 2019)'in sitogenetik özellikleri araştırılmıştır. Çalışılan türlerin kromozom sayısı 2n=50 olarak tespit edilmiştir.

Ünal (2011) Beyşehir Gölü'nde endemik *S. anatolicus*'un karyotip morfolojisini 5 metasentrik, 11 submetasentrik, 5 subtelosentrik ve 4 akrosentrik kromozom çifti (NF=82) şeklinde tanımlamıştır. Çoğu kromozomda sentromerik C-bantlar ve bir çift submetasentrik kromozomun kısa kollarında NOR tespit edildiği rapor edilmiştir. Farklılaşmış cinsiyet kromozomlarına rastlanılmadığı da ifade edilmiştir.

Çizelge 2.7'de özetlendiği gibi tatlısu kefali *S. cephalus*'un farklı lokalitelerden karyolojik çalışmaları bildirilmiştir. Bianco ve ark. (2004) telosentrik-akrosentrik kromozomlarda sentromerik bantların gözlemlendiğini ve CMA_3 ile pozitif ilişkili submetasentrik kromozom çiftinin kısa kollarında NOR tespit edildiğini bildirmiştir. Boron ve ark. (2009) Ag-NOR boyamadan sonra değişken sayıda heteromorfik sinyallerin gözlemlendiğini bildirmiştir. 28S rDNA probu ve CMA_3 ile pozitif ilişkili olan NOR'lar küçük bir çift subtelosentrik kromozomda lokalize olduğu rapor edilmiştir. Hemen hemen tüm kromozomların sentromerik heterokromatin C-bantlara sahip olduğu bildirilmiştir. Pekol ve Arslan (2014) *S. cephalus*'un genom başına bir çift NOR taşıdığı ve subtelo-akro kromozomların kısa kollarında lokalize olduğunu tespit etmiştir.

Ünal ve Gaffaroğlu (2016) *S. seyhanensis*'in karyotip seti içerisinde 8 metasentrik, 14 submetasentrik ve 3 subtelosentrik-akrosentrik kromozom çifti tespit etmiş ve temel kromozom sayısını 94 olarak hesaplamıştır. Heterokromatin bantların sentromerik, perisentromerik ve parasentromerik tipte olduğunu ve NOR'ların bir çift submetasentrik kromozomun kısa kollarında lokalize olduğunu rapor etmiştir.

Doori (2019) endemik Akşehir Tatlısu Kefali *S. recurvirostris*'in karyolojik özelliklerini rapor etmiştir. Karyotip içerisinde dişi bireylerde heteromorf Z (akrosentrik) ve W (submetasentrik-subtelosentrik), erkek bireylerde homomorf ZZ (metasentrik) eşey kromozomları tespit etmiş ve NFa değerini 88 olarak hesaplamıştır. Bazı kromozomlarda sentromerik, hafif perisentromerik veya parasentromerik C-bantlar tespit edilmiştir. Bir çift heteromorfik (iki kollu kromozomların uzun kolun tamamında ve kısa kolunda) NOR tespit edildiği belirtilmiştir.

Çizelge 2.7. Türkiye ve bazı ülkelerde dağılış gösteren ve karyolojisi çalışılan cyprinid türleri V

Tür Adı	Lokalite	2n	Karyotip Formülü	NF	Kaynak
Rutilus rutilus	-	52	-	-	Lieder (1954)
	İsveç	50	-	76	Nygren ve ark. (1975)
	Yugoslavya		14M + 16SM + 10ST + 10A	-	Vujosevic ve ark. (1983)
	Almanya		50M-SM	-	Koehler ve ark. (1995)
Scardinius erythrophthalmus	İsveç	48	-	-	Nygren ve ark. (1975)
	İtalya	50	20M + 12SM + 12ST + 6A	-	Cataudella ve ark. (1977)
	Sırbistan	48	14M + 16SM + 10ST + 10A	84	Fišter (2000)
	İtalya	50	16M + 26SM + 8ST-A	-	Bianco ve ark. (2004)
	Romanya		16M + 28SM + 6A	86	Luca ve ark. (2010)
Squalius anatolicus	Türkiye	50	10M + 22SM + 10ST + 8A	82	Ünal (2011)
Squalius cephalus	Almanya		38M-SM + 12ST-A	88	Wolf ve ark. (1969)
	-		11M + 29SM-ST + 10A	-	Fontana ve ark. (1970)
	İtalya		16M+12SM+12ST+10A	78	Cataudella ve ark. (1977)
	Çek Cumhuriyeti		34M-SM + 16A	84	Sofradzija (1977)
	-		18M+20SM-ST+12A	88	Hafez ve ark. (1978)
	-		34M-SM + 16ST-A	84	Al-Sabti (1986)
	Türkiye		18M + 12SM + 20ST-A	80	Pekol (1999)
			14M + 20SM + 16ST-A	84	Kılıç Demirok (2000)
			16M+26SM+8ST-A	92	Bianco ve ark. (2004)
			10M+22SM+10ST+10A	82	Boron ve ark. (2009)
			18M+12SM+20ST-A	80	Pekol ve Arslan (2014)
			10M + 22SM + 10ST + 8A	92	Kiliç ve Şişman (2016)
Squalius orientalis	Türkiye		14M + 20SM + 16ST-A	84	Kılıç Demirok (2000)
Squalius seyhanensis			16M + 28SM + 6ST-A	94	Ünal ve Gaffaroğlu (2016)
Squalius recurvirostris			12M+18SM+10ST+8A (Z: A – W: ST)	90	Doori (2019)
Squalius carinus			12M + 10SM + 3ST-A	94	Ayata (2020)
Squalius fellowesii			10M + 10SM + 5ST-A	90	
Tinca tinca	-	48	-	-	Nygren ve ark. (1975)
	İtalya	50	8M + 12SM + 10ST + 18A	-	Cataudella ve ark. (1977)
	-	50	-	-	Mayr ve ark. (1986)
	Türkiye		12M + 16ST + 20A	-	Hamalosmanoğlu ve Kuru (2004)
			12M + 20SM + 16ST	80	Arslan ve Taki (2012)
Vimba mirabilis	Türkiye	50	10M + 6SM + 10ST + 24A	76	Uysal (2011)
Vimba vimba	-	50	16M + 28SM + 6ST	94	Rábová ve ark. (2003)
Vimba melanops					

Kılıç Demirok (2000) *S. orientalis*'in kromozom sayısını 2n=50 olarak tespit etmiştir. Ayata (2020) 2n=50 kromozomlu *S. carinus* ve *S. fellowesii*'de perisentromerik C-bantlar ve bir çift submetasentrik kromozomun kısa kollarında NOR bildirmiştir.

Kadife balığı, *Tinca tinca*'nın kromozom sayısı 2n=48 (Nygren, 1975) ve 2n=50 (Cataudella ve ark., 1977; Mayr ve ark., 1986; Hamalosmanoğlu ve Kuru, 2004; Arslan ve Taki, 2012) şeklinde bildirilmiştir.

Hamalosmanoğlu ve Kuru (2004) Mogan Gölü'ndeki *T. tinca*'nın karyotip morfolojisini: 6 metasentrik, 8 subtelosentrik ve 10 akrosentrik kromozom çifti olarak tespit etmiştir. En büyük kromozom çiftinin metasentrik olduğu anlaşılmaktadır.

Arslan ve Taki (2012) Beyşehir Gölü'ndeki *T. tinca*'nın metafaz plağı içerisindeki 3 nolu metasentrik kromozom çiftinde sekonder boğum tespit etmiştir. *T. tinca*'da tüm otozomal kromozomların sentromerik veya perisentromerik C-bantlara ve değişken heterokromatin morfolojisine sahip olduğu rapor edilmiştir. Aktif NOR'un, metasentrik kromozom çiftinin kısa kolu üzerinde lokalize olduğu belirtilmiştir.

Uysal (2011) Büyük Menderes Nehri'ndeki endemik *Vimba mirabilis*'in kromozom sayısını 2n=50 olarak tespit etmiştir. Karyotipinin; 5 metasentrik, 3 submetasentrik, 5 telosentrik ve 12 akrosentrik kromozom çiftinden oluştuğunu ve temel kromozom kol sayısı (NF) değerinin 76 olarak hesaplandığını rapor etmiştir. Farklılaşmış eşey kromozomlarının tespit edilemediği bildirilmiştir.

Rábová ve ark. (2003) diploid kromozom sayısı (2n) 50 olan *Vimba vimba* ve *Vimba melanops*'un ardışık C-bantlama, Ag-NOR ve CMA_3 boyama metotlarını ve FISH tekniğini (28S rDNA probu) kullanarak iki türün kromozomal özelliklerini araştırmıştır. Her iki türde de boyut polimorfizmi gösteren bir çift NOR, submetasentrik homolog kromozomun kısa kollarının tamamında lokalize olduğu rapor edilmiştir. *V. vimba*'da, tüm kromozom çiftlerinin perisentromerik bölgelerinde C-bantların tespit edildiği fakat *V. melanops*'un metafaz plağı içerisinde tespit edilmediği bildirilmiştir. CMA_3 ve Ag-NOR boyamanın pozitif ilişkili olduğu ve CMA_3 sinyallerinin sadece bir çift NOR taşıyan kromozomda tespit edildiği ifade edilmiştir. 28S rDNA probunun sadece NOR taşıyan kromozomlarda sinyal gösterdiği tespit edilmiştir. Cinsiyet kromozomlarının karyotip seti içerisinde tespit edilemediği vurgulanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanı ve örnekleme

Örnekleme işlemi, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından verilen araştırma izni (21264211-288.04-E.1031530) kapsamında belirtilen tarih ve lokalitelerde gerçekleştirilmiştir. Örnekleme, balıkçı kepçesi ve ığrıp ağı ile yapılmıştır. Balıklar, yaşamını sürdürdüğü doğal ortamdan bir miktar su ile beraber alındı ve pilli akvaryum motoru ile havalandırılan kovalar yardımıyla laboratuvar ortamına getirildi. Balıklar, karyolojik çalışmanın yürütüleceği laboratuvarda havalandırmalı cam akvaryum içerisinde bekletilmiştir (bkz. Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Laboratuvar ortamındaki akvaryuma alınan *Alburnus nasreddini* örnekleri (orijinal)

Örnekleme, tür eylem planında da bildirildiği gibi dört farklı bölgede yapılmıştır. Bu bölgeler: Afyonkarahisar sınırları içerisindeki Eber Gölü ve Selevir Barajı ve Konya il sınırlarındaki Beşgöz kaynağı (Sarayönü) ve Geçit köprüsü (Ilgın-Aşağıçiğil) şeklindedir (bkz. Şekil 3.2, 3.3, 3.4, 3.5). Türün lokal endemik ve neslinin tehlike altında olduğu göz önünde bulundurularak araştırma izninde de belirtildiği gibi 6 birey (4♀, 2♂) örneklenmiştir. Ulaşım ve balıkların canlı olarak laboratuvara getirilmesi açısından örnekler Beşgöz kaynağından getirilmiştir.

Akşehir Gölü ile bağlantılı olan Eber Gölü, güneyinde Emir dağları ve kuzeyinde Sultan Dağları ile çevrili İç Anadolu'nun batı kesiminde yer alan, Akarçay kapalı havzasındaki sığ, tektonik bir göldür (Köle ve ark., 2016). Afyon ilinden geçen Akarçay ve Çay ilçesinden geçen Çay deresi ile küçük akarsular Eber Gölünü beslemektedir (Özyurt ve Tanatmış, 2011).

Eylem Planı (2015) raporlarına göre *Alburnus nasreddini* dışında Eber Gölü'nde dağılış gösteren balık türleri şu şekildedir: *Cyprinus carpio* (Sazan), *Capoeta baliki* (Siraz), *Squalius recurvirotris* (Akşehir tatlısu kefali), *Gobio intermedius* (Eber Kaya balığı), *Carassius gibelio* (Çin sazanı), *Esox lucius* (Turna), *Oxynoemacheilus angorae* (Çöpçü balığı), *Cobitis simplispinna* (Yılan balığı). Gölün balık komünitesinin araştırıldığı bir çalışmada Mangıt ve ark. (2017) *Seminemacheilus lendlii*, *Tinca tinca* (Kadife balığı) ve *Knipowitschia caucasica* (Kaya balığı)'nın varlığını rapor etmiştir.



Şekil 3.2. Eber Gölü'nün genel görünümü (Fotoğraf: Şükrü Sarıkaya)

Selevir Barajı, Anadolu İnci balığı popülasyonunun en yoğun olduğu ve üzerinde gökkuşağı alabalığı üretiminin yapıldığı habitattır (Eylem Planı, 2015). Şekil 3.3'te alabalıkların yetiştirildiği kafesler ve ığrıp ağı ile örneklemenin yapıldığı bölge gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Selevir Barajı'nın genel görünümü ve ığrıp ağı ile yapılan örnekleme (orijinal)

Beşgöz kaynağı (Sarayönü), yaklaşık 1.5 km uzunluğunda ve karstik kaynakların oluşturmuş olduğu ve makrofit bitkilerin yoğun olduğu göl sistemidir (Eylem Planı, 2015). Göl üzerinde kurulmuş alabalık üretim tesisi yer almaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Beşgöz kaynağı ve üzerinde kurulmuş alabalık çiftliği (orijinal)

Aşağıçiğil deresi, Ilgın (Çavuşçu) Gölü'nün en önemli kaynaklarından biridir. Yoğun tarımsal sulamanın etkisi sebebiyle su kaynağı yaz aylarında önemli ölçüde azalmaktadır. Anadolu İnci balıkları, suyun akıntılı ve derin bölgelerinde sürüler halinde dağılış göstermektedir (bkz. Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Geçit köprüsünün genel görünümü (orijinal)

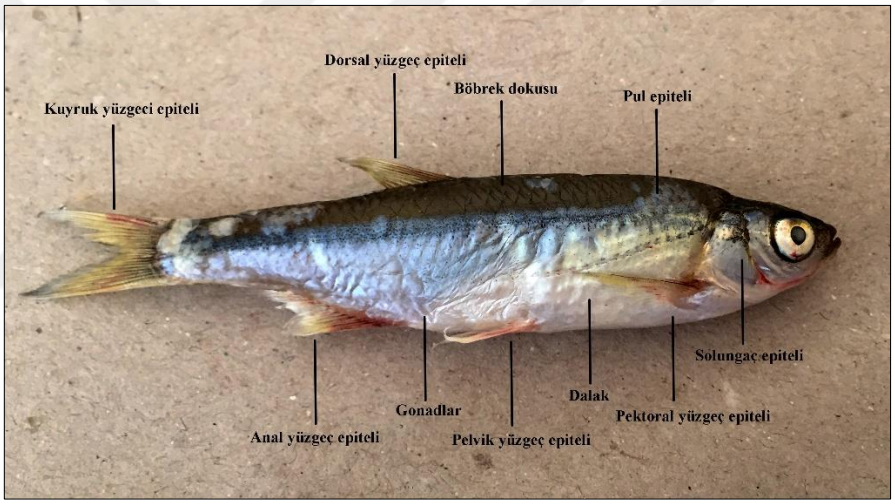
3.2. Metot

3.2.1. Balıklardan kromozom elde edilmesi

Balıklarda, mitotik kromozomları elde etmek için direkt preparatlardan uzun süreli hücre kültürüne kadar çok çeşitli teknikler geliştirilmiştir (Netto ve ark., 2007). Bu metodolojiler arasında, zaman ve maliyet tasarrufu sağlayan in vivo prosedürler en yaygın olarak kullanılanlardır. Genel olarak, balık kromozomu preparasyonu çeşitli doku

(embriyo, yüzgeç, testis, ovaryum, böbrek, dalak, karaciğer ve yüzme kesesi) ve lökosit kültürleri kullanılarak elde edilir (Gold, 1974). Gold ve ark. (1990) balıklarda aktif olarak bölünmekte olan yumuşak organların (böbrek veya dalak), solungaçların, yüzgeçlerin, pulların ve kornea epitel hücrelerinin kromozomal kaynaklar olduğunu ifade etmiştir (bkz. Şekil 3.6).

Solungaç, yüzgeç, pul, gonad ve lökosit kültüründen kromozom elde edebilmek için canlının öldürülmesine gerek yoktur. Böbrek, dalak, karaciğer ve bağırsak dokusundan kromozom eldesi için kolşisin ön muaelesi gereklidir ve ön muamele sonrasında canlının hayatı sonlanır. Lökosit kültürü, diğer tekniklere oranla çok daha kaliteli ve verimli bir tekniktir. Fakat steril bir ortam ve zaman açısından dezavantajlıdır. Balıklarda, hemopoitik görev üstlenen organ böbrekler olduğu için çoğu zaman kromozom elde edebilmek için böbrek dokusu tercih edilir.



Şekil 3.6. *Alburnus nasreddini*'de kromozomal kaynakların gösterimi (orijinal)

3.2.2. Karyolojik analiz (Collares-Pereira, 1992)

Arazide örneklemesi yapılan ve uzunlukları 10-15 cm arsında değişen *A. nasreddini* bireylerinin karyolojik çalışması S. Ü. Fen Fakültesi Biyoloji bölümündeki omurgalı hayvanlar araştırma laboratuvarında yapılmıştır. Karyolojik analiz, Collares-Pereira (1992)'nın havada kurutma tekniğine göre yapılmıştır. Akvaryumda bekletilen bireylerin vücut ağırlığının 1 gr için 0.0006 gr kolşisin abdominal boşluktan enjekte edilmiştir. Kolşisin'in etkisini göstermesi amacıyla 3-3.5 saat balıklar tekrar akvaryum içerisine alınarak bekletilmiştir. Daha sonra mitoz bölünmenin aktif olarak devam ettiği böbrek dokusu bistürü yardımıyla ufak parçalara ayrıldı ve pipet yardımı ile içerisinde

KCI (0.046) solüsyonunun bulunduğu behere aktarıldı. KCI ve böbrek dokusu karışımı 45 dakika 36.5 °C ayarlı etüvde bekletildi. Etüvden çıkarılan karışım, deney tüplerine aktarılarak 2000 rpm'de 10 dk süre ile santrifüj edilerek üstteki hipotonik süpernatant kısım atıldı. Fiksasyon işlemi için 3:1 (methanol : asetik asit) oranındaki fiksatif 10 ml karıştırıcı ile eklenerek aynı devirde santrifüj etilerek üstteki süpernatant atıldı. Bu işlem iki kez tekrar edildi. Santrifüj işleminden sonra üstteki süpernatant atılarak dipteki 2-3 ml'lik hücre süspansiyonu pipet ile havalandırılarak karıştırıldı. Son olarak süspansiyon, lamlar üzerine 1-2 damla damlatılarak prepatlar hazırlandı ve kurutulmaya bırakıldı.

Giemsa boyama: 10 ml'lik giemsa ile 90 ml'lik sorensen tamponu karıştırılarak hazırlandı. Kurutulan preparatlar %10'luk giemsa-sorensen solüsyonunda 10 dk bekletilerek boyandı (Reddy ve John, 1986).

3.2.3. C-bantlama tekniği (Sumner, 1972)

C-bantlama, Sumner (1972)'ın tekniğine göre yapılmıştır.

Kimyasal ve Çözeltiler:

1-) 0,7246 ml HCl ile 100 ml bidistile su karıştırılarak 0.2 N HCI çözeltisi hazırlanır.

2-) 5 g $Ba(OH)_2*8H_2O$ ile 100 ml bidistile su karıştırılarak %5'lik $Ba(OH)_2$ çözeltisi hazırlanarak 37°C'deki etüvde ağzı kapalı cam şişede saklanır.

3-) 1,7530 g NaCl ve 0.8823 g sodyum sitrat ($C_6H_5Na_3O_7$) 100 ml distile suda çözdürülür. Daha sonra iki solüsyon birbiriyle karıştırılır.

4-) Söransan fosfat tamponu hazırlama: 11,88 g HPO_4 (fosforik asit) ve 9,08 gr KH_2HPO_4 (potasyum dihidrojen fosfat) 1.000 ml bidistile suda çözdürülerek hazırlanır. Sonra behere bir miktar Na_2HPO_4 (dipotasyum fosfat) konularak üzerine KH_2HPO_4 eklenir ve pH=6.8'e ayarlanır.

Yapılışı: Preparatlar oda sıcaklığında 0.2 N HCI içerisinde 1 saat süreyle bekletilir. Beher içerisindeki distile suda 3-4 kez çalkalanır. Etüvde 37°C'de bekletilen %5'lik $Ba(OH)_2$ solüsyonu 100 ml'lik beher içerisine aktarıldı. Beher içerisine aktarılan solüsyon 50°C'deki etüvde sıcaklığı 50°C'ye gelinceye bekletildi. Preparatlar beher içine daldırılarak 15 dk bekletildi ve beher içindeki distile suda çalkalandı. Preparatlar yarım saat önceden 60°C'deki su banyosunda bulunan beher içindeki 100 ml'lik 2xSSC'de 1 saat bekletildi. Beher içindeki distile suda preparatlar çalkanlandı. Son olarak preparatlar %2'lik giemsa boya ile 1 saat boyanarak distile suda çalkalandı ve havada kurutuldu.

3.2.4. Ag-NOR bantlama (Howell ve Black, 1980)

NOR boyma, Howell ve Black (1980)'in "One-Step" metoduna göre yapılmıştır.

Kimyasal ve Çözeltiler:

1-) 1 g $AgNO_3$ (gümüş nitrat), 2 ml distile su içerisinde çözdürülerek %50'lik gümüş nitrat çözeltisi hazırlanır.

2-) 6,4 ml NH_3 (amonyak) ile 3,6 ml su karıştırılarak stok amonyak solüsyonu hazırlanır.

3-) Amonyak-Gümüş Nitrat çözeltisi hazırlama: Hazırlanan amonyak stok solüsyonundan 1.25 ml alınır ve 0.5 gr $AgNO_3$'ün üzerine ilave edilerek karıştırılır. Sonra cam şişenin etrafı alüminyum folyo ile sarılarak +4°C'de saklanır.

4-) 3,5 ml formaldehit üzerine 6,5 ml distile su ilave edilerek %35'lik formaldehit çözeltisi hazırlanır.

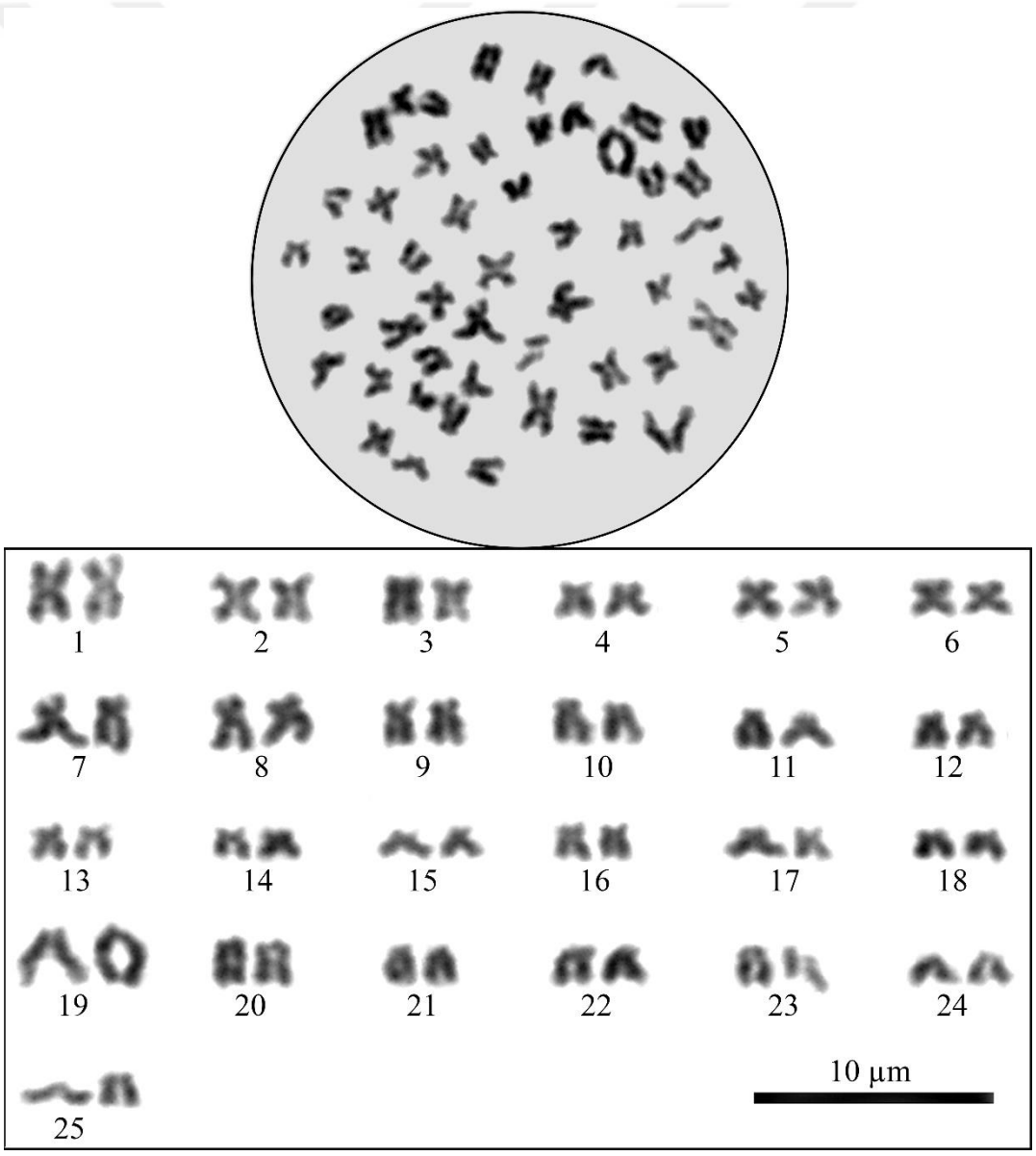
Yapılışı: Preparatlar damlatıldıktan 10-15 gün sonra Ag-NOR boyama işlemi yapıldı. Preparatlarda damlatılmayan bir köşesine 140 ml %50'lik gümüş nitrat ($AgNO_3$) çözeltisi, diğer köşesine ise 70 ml koloidal geliştirici pipet yardımıyla damlatılarak iki sıvının karışması sağlandı. Yayılımın olduğu alan kapatılacak şekilde lamel ile kapatıldı. Preparat renginin altın kahverengiye dönüşecek şekilde 70°C'de 30 sn süreyle ısıtıcıda bekletildi. Preparat üzerindeki lamel renk değişimi gözlemlendiğinde kaldırıldı ve distile su ile yıkandı. Kurutma kağıdı üzerinde preparatlar kurumaya bırakıldı. Lamların her biri sırasıyla 30 sn süreyle 2 kez aseton, 1 kez aseton:ksilol (1:1) ve 2 kez ksilol içeren dehidrasyon banyosundan geçirildi. Banyo işleminden sonra preparatlar havada kurumaya bırakıldı. Kuruyan lamlar üzerine 1-2 damla entellan damlatılarak lamel ile kapatıldı.

Giemsa, C- bantlama ve Ag-NOR boyama işlemlerinden sonra kaliteli metafazlar, Olympus BX51 araştırma mikroskobunda fotoğraflanarak dijital ortamda karyotipleme işlemi yapılmıştır. Kromozom morfolojisi Levan ve ark. (1964)'a göre belirlenmiştir (bkz. Çizelge 2.2). Ölçümler " **tpsDig** " adlı program aracılığıyla yapılmıştır. Karyotip, çoğu cyprinid türler için yaygın olarak kullanılan medyandan terminale doğru sıralanmıştır (Ráb ve Collares-Pereira, 1995).

4. BULGULAR

4.1. Diploid Kromozom Sayısı ve Karyotip

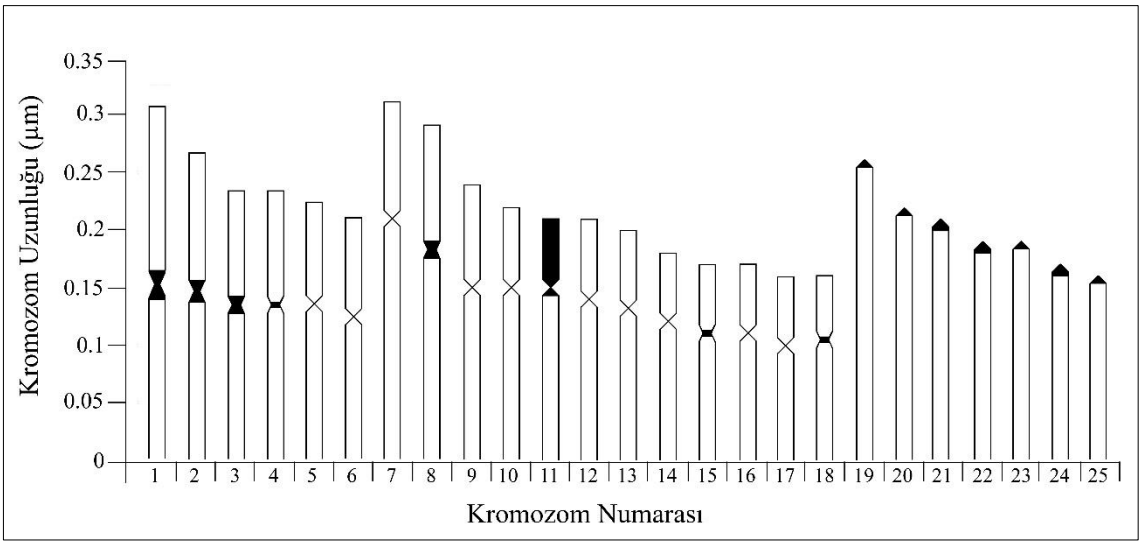
Alburnus nasreddini'nin kromozom morfolojisi, kromozomların kısa ve uzun kol ölçümleri dikkate alınarak Levan ve ark. (1964)'na göre yapılmıştır (Çizelge 4.1). Buna göre *A. nasreddini*'nin diploid kromozom sayısı (2n) 50; karyotipi 6 çift metasentrik (no: 1-6), 12 çift submetasentrik (no: 7-18) ve 7 çift akrosentrik (no: 19-25) otozomal kromozomdan oluşmaktadır (NF = 86) (Şekil 4.1). Türün, heteromorfik cinsiyet kromozomları karyotip seti içerisinde tespit edilmedi.



Şekil 4.1. *Alburnus nasreddini*'nin metafaz plağı ve karyotipi

Çizelge 4.1. *Alburnus nasreddini* kromozomlarının Levan ve ark. (1964)'na göre sınıflandırılması (µm), m: metasentrik, sm: submetasentrik, st: subtelosentrik, a: akrosentrik

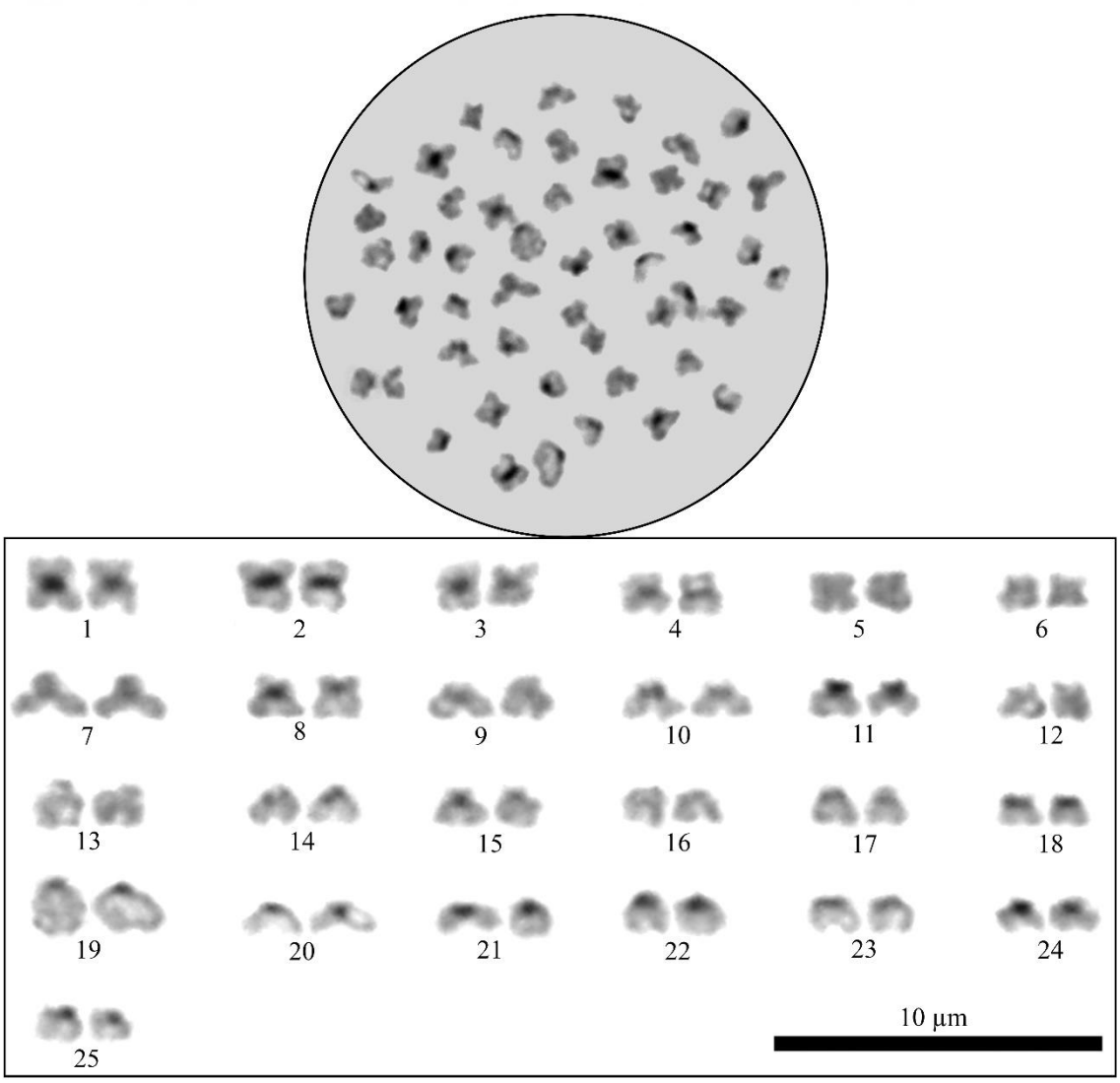
Kromozom çifti	Kromozom kolları		Toplam uzunluk	Kol oranı (q/p)	Bağıl uzunluk (%)	Sentromer indeksi (CI)	Sentromer pozisyonu
	Kısa kol (p)	Uzun kol (q)					
1	0.15	0.16	0.31	1.06	5.76	0.48	m
2	0.12	0.14	0.26	1.16	4.83	0.46	m
3	0.10	0.13	0.23	1.30	4.27	0.43	m
4	0.10	0.13	0.23	1.30	4.27	0.43	m
5	0.09	0.13	0.22	1.44	4.08	0.40	m
6	0.09	0.12	0.21	1.33	3.90	0.42	m
7	0.10	0.21	0.31	2.10	5.76	0.32	sm
8	0.11	0.18	0.29	1.63	5.39	0.37	sm
9	0.09	0.15	0.24	1.66	4.46	0.37	sm
10	0.07	0.15	0.22	2.14	4.08	0.31	sm
11	0.06	0.15	0.21	2.50	3.90	0.28	sm
12	0.07	0.14	0.21	2.00	3.90	0.33	sm
13	0.07	0.13	0.20	1.85	3.71	0.35	sm
14	0.06	0.12	0.18	2.00	3.34	0.33	sm
15	0.06	0.11	0.17	1.83	3.15	0.35	sm
16	0.06	0.11	0.17	1.83	3.15	0.35	sm
17	0.06	0.10	0.16	1.66	2.97	0.37	sm
18	0.05	0.11	0.16	2.20	2.97	0.31	sm
19	-	0.26	0.26	-	-	-	a
20	-	0.22	0.22	-	-	-	a
21	-	0.21	0.21	-	-	-	a
22	-	0.19	0.19	-	-	-	a
23	-	0.19	0.19	-	-	-	a
24	-	0.17	0.17	-	-	-	a
25	-	0.16	0.16	-	-	-	a



Şekil 4.2. *Alburnus nasreddini*'nin ideogramı (11 no'lu kromozomda kısa kolların tamamı NOR taşımaktadır ve heterokromantin ile ilişkilidir)

4.2. C-bantlama

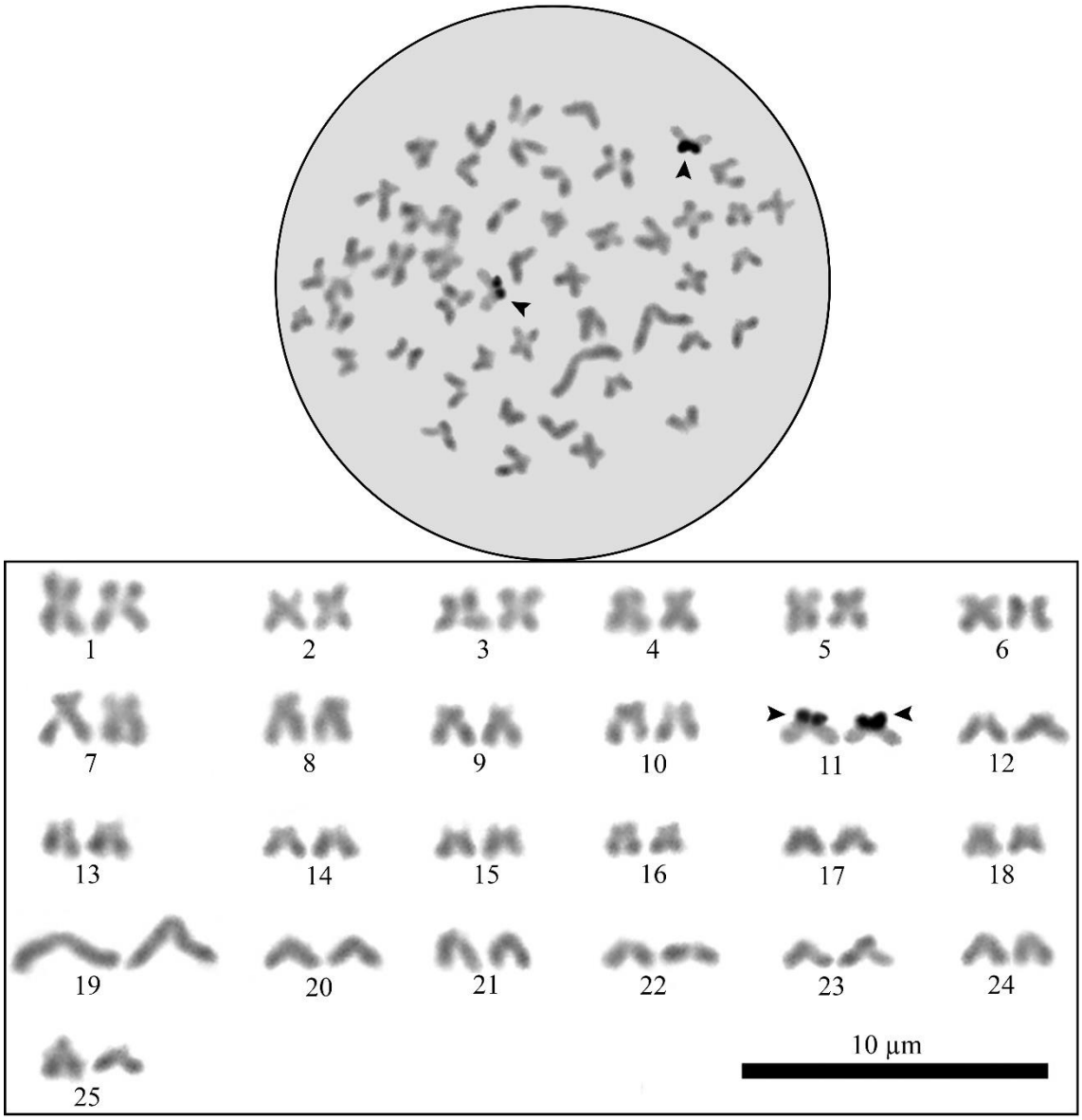
A. nasreddini'nin C-bantlı metafaz plağı ve karyotipi Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Sentromerik ve perisentromerik bantlar: üç metasentrik (no: 1, 2 ve 3), üç submetasentrik (no: 8, 11 ve 18) ve beş akrosentrik kromozom çiftinde (no: 20, 21, 22, 24 ve 25) tespit edilmiştir. Hafif sentromerik ve perisentromerik bantlar ise bir metasentrik (no: 4), altı submetasentrik (no: 9, 10, 14, 15, 17) ve iki akrosentrik (no: 19 ve 23) kromozom çiftinde belirlenmiştir. Diğer 5, 6, 7, 12, 13 ve 16 no'lu kromozomlar ise C-negatiftir. On bir no'lu kromozomun kısa kollarının tamamı C-pozitiftir ve NOR ile ilişkilidir (bkz. Şekil 4.4).



Şekil 4.3. *Alburnus nasreddini*'nin C-bantlı metafaz plağı ve karyotipi (11 no'lu kromozomda heterokromatin bloklar NOR ile ilişkilidir)

4.3. Ag-NOR Bantlama

Aktif Ag-NOR, orta büyüklükteki submetasentrik (no: 11) kromozom çiftinin kısa kollarının tamamında lokalizedir (Şekil 4.4) ve C-heterokromatin ile ilişkilidir (Şekil 4.2). Çalışılan örneklerde, NOR'lar homomorftur ve NOR büyüklük heteromorfizmi gözlemlenmedi.



Şekil 4.4. *Alburnus nasreddini*'nin AgNOR bantlı metafaz plağı ve karyotipi (11 no'lu kromozom, NOR taşımaktadır ve heterokromatin ile ilişkilidir. Oklar, aktif NOR'ları göstermektedir)

5. TARTIŞMA

Cyprinidae familyası, filogenetiği ve sistematiği belirsiz olmakla birlikte Acheilognathinae, Cultrinae, Cyprininae, Barbinae, Labeoninae, Squaliobarbinae, Tincinae, Xenocyprinae, Gobioninae, Rasborinae (Danioninae) ve Leuciscinae alt familyalarını içerir (Saitoh ve ark., 2006; Saitoh ve ark., 2011). Perea ve ark. (2010) leuciscinae familyasını çekirdek (RAG-1 ve S7) ve mitokondriyal (cyt b ve COx1) genlerinin analizi sonucunda on dört soy altında sınıflandırmıştır. Leuciscinae alt familyası yaygın olarak Avrasya ve Kuzey Amerika'da dağılış gösterir (Imoto ve ark., 2013) ve Anadolu'da *Abramis*, *Acanthobrama*, *Acanthalburnus*, *Alburnoides*, *Alburnus Aspius*, *Blicca*, *Chondrostoma*, *Ladigesocypris*, *Leucaspius*, *Leuciscus*, *Leucalburnus*, *Petroleuciscus*, *Pseudophoxinus*, *Phoxinus*, *Rutilus*, *Squalius*, *Scardinius* ve *Vimba* türleri ile temsil edilir (Çiçek ve ark., 2015).

Karyotip içerisinde; 2n=50 kromozom sayısı, iki kollu (metasentrik-submetasentrik) kromozomların sayısal fazlalığı, en büyük kromozom çiftinin akrosentrik olması ve bir çift NOR bulunduran kromozom çiftinin varlığı leuciscin türlerin karakteristik özelliği olarak kabul edilir (Ráb ve Collares-Pereira, 1995; Ráb ve ark., 2008; Pereira ve ark., 2009). Anadolu İnci balığının karyotipi 6 çift metasentrik (m), 12 çift submetasentrik (sm) ve 7 çift akrosentrik (a) kromozomdan oluşmaktadır. Temel kromozomal kol sayısı (NF) değeri 86'dır. Genel olarak cyprinidlerin karyotip seti içerisinde iki kollu (metasentrik/submetasentrik) kromozomların baskınlığı *A. nasreddini*'nin karyotipinde de gözlemlendi. Büyük bir subtelosentrik/akrosentrik çiftin varlığı leuciscinae familyası için sitotaksonomik belirteç olarak düşünülmektedir (Ráb ve Collares-Pereira, 1995; Ráb ve ark., 2008). Analiz edilen *A. nasreddini* örneklerinin karyotipin de en büyük kromozom çifti akrosentriktir.

Şuana kadar *A. alburnus* (Cataudella ve ark., 1977; Vujosevic ve ark., 1983; Klinkhardt ve ark., 1995; Arkhipchuk, 1999; Ziegler ve ark., 2003; Bianco ve ark., 2004; Schmid ve ark., 2006; Ráb ve ark., 2008; Khosravanizadeh ve ark., 2011), *A. akili* (Arkhipchuk, 1999), *A. adanensis* (Ünal ve Gaffaroğlu, 2016), *A. filippii* (Gül ve ark., 2006; Nazari ve ark., 2009), *A. heckeli* (Gül ve ark., 2004), *A. mossulensis* (Gül ve ark., 2000; Yüksel ve Gaffaroğlu, 2008a), *A. orontis* (Vasil'yev, 1980), *A. tarichi* (Gül ve ark., 2003) ve *A. albidus* (Bianco ve ark., 2004)'un karyolojik bulguları rapor edildi (Çizelge 4.2). Diploid kromozom sayısı (2n), 48 kromozomlu *A. mossulensis*'in Kızılırmak popülasyonu hariç (Gül ve ark., 2000), *Alburnus* türlerinde 50'dir.

Vimba vimba (Rudek, 1974), *Squalius cephalus* (Vujosevic ve ark., 1983) ve *Scardinius erythrophthalmus* (Koehler ve ark., 1995)'ta XX-XY; *Squalius recurvirostris* (Doori, 2019) ve *Garra rufa* (Arzu ve Ergene, 2009)'da ZZ-ZW olmak üzere bazı leuciscin türlerde heteromorfik eşey kromozomların varlığı rapor edilmiştir. Cyprinidlerde, özellikle *Alburnus*, *Phoxinus* ve *Pseudophoxinus* gibi küçük boyutlu kromozomlara sahip leuciscin türlerde, heteromorfik seksüel sistemin tespiti önemli bir sorundur (Ráb ve Collares-Pereira, 1995). Karyolojisi rapor edilen *Alburnus* türlerinde olduğu gibi *A. nasreddini*'nin karyotipinde heteromorfik cinsiyet kromozomları tespit edilmedi.

Çizelge 4.2. Karyolojisi çalışılan *Alburnus* türleri

Tür	Lokalite	2n	Karyotip	NF	Kaynak
A. akili	-	50	18M + 32SM	-	Arkhipchuk (1999)
A. alburnus	İtalya	50	16M + 10SM + 16ST + 8A	-	Cataudella ve ark. (1977)
	Yugoslavya	50	12M + 16SM + 12T + 10A	90	Vujosevic ve ark. (1983)
	-	50	16M + 20SM + 14ST-A	86	Klinkhardt ve ark. (1995)
	-	50	16M + 20SM + 14ST-A	86	Arkhipchuk (1999)
	Almanya	50	14M + 14SM + 14ST + 8T	-	Ziegler ve ark. (2003)
	Almanya	50	14M + 14SM + 8T + 14A	-	Schmid ve ark. (2006)
	Çekya	50	16M + 26/30SM + 8-4ST/A	92/96	Ráb ve ark. (2008)
	İran	50	14M + 26SM + 10ST-A	90	Khosravanizadeh ve ark. (2011)
A. adanensis	Türkiye	50	12M + 28SM + 10ST-A	90	Ünal ve Gaffaroğlu (2016)
A. albidus	İtalya	50	16M + 26SM + 8ST-A	-	Bianco ve ark. (2004)
A. filippii	Türkiye	50	16M + 16SM + 18A	-	Gül ve ark. (2006)
	İran	50	12M + 18SM + 8ST + 12A	88	Nazari ve ark. (2009)
A. heckeli	Türkiye	50	14M + 18SM + 18A	82	Gül ve ark. (2004)
A. mossulensis	Türkiye	48	12M + 20SM + 16A	-	Gül ve ark. (2000)
	Türkiye	50	12M + 16SM + 10ST + 12A	88	Yüksel ve Gaffaroğlu (2008a)
A. tarichi	Türkiye	50	16M + 10SM + 24A	-	Gül ve ark. (2003)
A. orontis	-	50	-	-	Vasil'yev (1980)
A. nasreddini	**Türkiye**	**50**	**12M + 24SM + 14A**	**86**	**Bu çalışma**

C-heterokromatin bantlar, transkripsiyonel olarak inaktif yüksek derecede tekrarlayıcı DNA sekansları içeren konstitütif heterokromatin bölgelerini tanımlar. Heterokromatin lokalizasyonundaki fark, türlerin farklılaşması ve taksondaki kromozom evriminin yeniden inşası için sitogenetik belirteç olarak kullanılabilir (Arslan ve Arslan, 2007; Gaffaroğlu ve Yüksel, 2009). Çoğu türde heterokromatin bantlar, kromozomların sentromerinde ya da çevresinde, sıklıkla telomerik bölgesinde bulunur. Ayrıca kromozomların kısa ve uzun kollarının (metasentrik, submetasentrik ve akrosentrik) tamamında heterokromatin bantlar bulunabilir (Gold ve ark., 1986).

Leuciscinae familyası içerisindeki *Abramis* (Ocalewicz ve ark., 2004), *Chondrostoma* (Arslan ve Gündoğdu, 2016), *Leuciscus* (Boron ve ark., 2009), *Phoxinus* (Boroń, 2001), *Pseudophoxinus* (Ergene ve ark., 2010; Ünal ve ark., 2014; Ayata ve ark., 2016; Ünal ve Gaffaroğlu, 2016), *Scardinius* (Bianco ve ark., 2004), *Squalius* (Boron ve

ark., 2009; Ünal, 2011; Ünal ve Gaffaroğlu, 2016; Doori, 2019) ve *Vimba* (Rábová ve ark., 2003) türlerinde C-heterokromatin bantlar sentromerik ve perisentromerik bölgeler ile ilişkilidir. *A. nasreddini*'nin C- bantlı karyotipinde sentromerik ve perisentromerik tipte heterokromatin bantlar gözlemlendi (bkz. Şekil 4.3). *A. adanensis* (Ünal ve Gaffaroğlu, 2016)'teki gibi sentromerik ve perisentromerik bantlar *A. nasreddini*'de gözlemlendi. Fakat *A. adanensis*'in aksine *A. nasreddini*'de kromozomların kollarında (11 no'lu NOR taşıyan kromozom çifti hariç) ve parasentrik bölgede heterokromatin bantlar saptanmadı. Bulgularımız akrosentrik ve iki kollu kromozomların sentromerik batlara sahip olması açısından *A. albidus* (Schmid ve ark., 2006) ile benzerlik göstermektedir.

Gümüş nitrat boyama ($AgNO_3$), türün karyotipik karakteri ve transkripsiyonel olarak aktif NOR'ları tespit etmede yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. NOR bölgelerinin sayısı ve konumu, bireyler arasında değişkenlik göstermesine rağmen türe özgüdür (Zaleśna ve ark., 2017).

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, NOR'ların sayısı ve lokalizasyonu balık sitogenetiğinde faydalı kromozomal belirteçler olarak tanımlanmıştır (Rábová ve ark., 2003). Pleisimorfik karakter olarak kabul edilen ve tek NOR taşıyan sm/st-a kromozom çifti leuciscinlerin yaygın NOR fenotipidir (Ráb ve ark., 1996; Bianco ve ark., 2004; Ráb ve ark., 2008; Boron ve ark., 2009; Pereira ve ark., 2009; Rossi ve ark., 2012). Türetilmiş karakteri temsil eden ve çoklu NOR'lar *Campostoma anomalum, Eupallasella percnurus, Chondrostoma lusitanicum, P. phoxinus, Squalius alburnoides, A. marmid, A. mossulensis, C. macrostomum, Achondrostoma oligolepis, Pseudochondrostoma duriense, P. polylepis, Parachondrostoma arrigonis, L. Leuciscus, Iberochondrostoma almacai, Telestes ukliva, P. battalgilae, P. evliyae, P. maeandri, P. zekayi, P. firati, P. elizavetae* ve *C. damascina*'da rapor edilmiştir (Amemiya ve Gold, 1988; Rodrigues ve Collares-Pereira, 1996; Boroń ve ark., 1997; Collares-Pereira ve Ráb, 1999; Boroń, 2001; Gromicho ve Collares-Pereira, 2004; Gaffaroğlu ve ark., 2006; Kalous ve ark., 2008; Yüksel ve Gaffaroğlu, 2008a; 2008b; Boron ve ark., 2009; Monteiro ve ark., 2009; Pereira ve ark., 2009; Valić ve ark., 2010; Karasu ve ark., 2011; Gaffaroğlu ve ark., 2014; Ayata ve ark., 2016; Ünal ve Gaffaroğlu, 2016). *A. nasreddini*'de aktif NOR'lar orta büyüklükteki submetasentrik kromozom çifti üzerinde lokalizedir ve yaygın leuciscin NOR fenotipini temsil etmektedir (bkz. Şekil 4.4). *A. nasreddini*'de NOR'ların pozisyonu (orta büyüklükteki SM çifti), *A. albidus* (Bianco ve ark., 2004), *A. alburnus* (Schmid ve ark., 2006), *A. adanensis* (Ünal ve Gaffaroğlu, 2016) ve iki çift NOR taşıyan *A.*

mossulensis (Yüksel ve Gaffaroğlu, 2008a) ile aynı iken *A. filippii* (Nazari ve ark., 2009) (orta büyüklükteki ST)'den farklıdır. *A. nasreddini*'de aktif NOR'lar; *A. albidus*, *A. alburnus*, *A. adanensis*, *A. mossulensis* ve *A. filippii*'nin aksine kısa kolların tamamında lokalizedir.

Heterokromatin ile ilişkili NOR fenotipi, tür içi ve/veya türler arası kromozomal belirteç olabilir (Ráb ve ark., 1996). *A. nasreddini*'de NOR taşıyan kromozom, *L. aspius* (Ráb ve ark., 1990), *L. borysthenicus* (Ráb ve ark., 1996), *R. amarus* (Libertini ve ark., 2008), *L. leuciscus* (Boron ve ark., 2009) ve *C. beysehirense* (Arslan ve Gündoğdu, 2016)'de olduğu gibi C- heterokromatin bantlarla ilişkilidir. *A. nasreddini*'de NOR bölgelerindeki heterokromatin bantlarının farklı organizasyonu diğer *Alburnus* türleri ile karşılaştırıldığında sitogenetik belirteç olarak düşünülebilir.

A. nasreddini'nin standart, C- ve Ag-NOR bantlı karyotipi ilk defa bu çalışmada araştırıldı. Araştırma bulgularımıza göre *A. nasreddini*'nin diploid kromozom sayısı, C- ve Ag-NOR bantlı fenotipi *Alburnus* ve leuciscin türleri ile benzerdir. Bu çalışmada elde edilen karyolojik verilerin balık sitogenetiğinin yanısıra Anadolu ve Avrupa'daki *Alburnus* türlerinin sitotaksonomisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıntılı analiz için moleküler tekniklerden faydalanılmalıdır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Yerel endemik tür *Alburnus nasreddini*'nin sitogenetik özellikleri ilk defa bu çalışmada araştırıldı. Kromozom sayısı çoğu cyprinid türlerde olduğu gibi *A. nasreddini*'de 2n=50 olarak tespit edildi. Karyotip setinde iki kollu kromozomlar sayısal olarak baskınlık gösterdi ve en büyük kromozom çiftinin akrosentrik olduğu belirlendi. Kromozom morfolojisi ve terminolojisinin diğer *Alburnus* türleri ile büyük ölçüde benzerlik gösterdiği anlaşıldı. Karyotipik özellikleri rapor edilen *Alburnus* türlerinde olduğu gibi Anadolu İnci balığında da eşey kromozomları tespit edilmedi. C-bantlı karyotipte, sentromerik ve perisentromerik tipte heterokromatin bantlar tespit edildi. Ag-NOR bantlı karyotipte aktif NOR'lar, orta büyüklükteki submetasentrik kromozom çiftinin kısa kollarının tamamında gözlemlendi. Çalışılan *Alburnus* türlerinden farklı olarak *A. nasreddini*'de heterokromatin ile ilişkili aktif NOR'lar tespit edildi.

6.2. Öneriler

Literatür verileri ve içerdiği tür sayısı dikkate alındığında *Alburnus* türleri üzerinde yapılan sitogenetik çalışmaların kısıtlı olduğu anlaşılmaktadır. Karyolojisi çalışılan türlerin birçoğu ise standart giemsa boyama ile sınırlıdır. Bu nedenle ayrıntılı karyosistematik çalışmalar için C- ve Ag-NOR bantlama tekniklerinin kullanılması son derece önem arz etmektedir. Bu teknikler sayesinde tür içi ve türler arasındaki heterokromatin ve NOR dağılımındaki benzerlikler ya da farklılıklar ortaya konarak balık sistematiğine katkı sağlanacaktır. Nihayetinde bu çalışmada elde edilen bulguların *Alburnus* ve leuciscin türlerin sitogenetiğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıntılı analiz için florokrom boyama (DAPI, CMA3) ve floresan in situ hibridizasyon (FISH) tekniğinden yararlanılabilir.

KAYNAKLAR

Abraham, Z. ve Prasad, P. N., 1983, A system of chromosome classification and nomenclature, *Cytologia*, 48, 95-101.

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

Al-Sabti, K., 1991, Handbook of genotoxic effects and fish chromosomes, *Ljubljana*, p. 221.

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. ve Walter, P., 2002, Molecular biology of the cell (4th ed.), *New York: Garland Science*, p. 1616.

Allshire, R. C. ve Madhani, H. D., 2018, Ten principles of heterochromatin formation and function, *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 19 (4), 229-244.

Amemiya, C. ve Gold, J., 1988, Chromosomal NORs as taxonomic and systematic characters in North American cyprinid fishes, *Genetica*, 76, 81-90.

Angela, H., Arthington, A. H., Dulvy, N. K., Gladstone, W. ve Winfield, I. J., 2016, Fish conservation in freshwater and marine realms: status, threats and management, *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26 (5), 838-857.

Anjum, R. ve Jankun, M., 1998, NOR-bearing chromosomal associations revealed through silver and sequential chromomycin A3 staining in the mirror carp, *Cyprinus carpio*, *Caryologia*, 51 (2), 167-171.

Anonim, 2019, https://www.bilgial.com/wp-content/uploads/2019/09/Kromozomda-karde%C5%9F-kromatitler.png, [Erişim tarihi: 30.10.2019].

Anonymus, 2019, https://www.civilsdaily.com/biotechnology-basics-of-cell-nucleus-chromosomes-dna-genes-etc/, [Erişim tarihi: 11.11.2019].

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

Arefjev, V. ve Karnauchov, G., 1989, Species-specificity of electrophoretic patterns of haemoglobin and uniformity of karyotypes in fishes, Genus *Abramis* (Pisces: Cyprinidae), *Biochemical Systematics and Ecology*, 17 (6), 479-488.

Arkhipchuk, V., 1999, Chromosome database. Database of Dr. Victor Arkhipchuk. . R. Froese and D. Pauly (Eds.), *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.

Arzu, K. 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.

Ataç-Şahin, T., 2015, Ilıca Deresi'nde (Fatsa/Ordu) yaşayan *Barbus tauricus* Kessler, 1877 (Pisces; Cypriniformes)'in karyotip analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu*, 87.

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, 269-273.

Ayata, M. K., Ünal, S. ve Gaffaroğlu, M., 2018, Chromosomal analysis of *Oxynoemacheilus atili* Erkakan, 2012 (Teleostei, Nemacheilidae), *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18 (8), 991-994.

Ayata, M. K. ve Gaffaroğlu, M., 2019, Chromosomal studies of *Luciobarbus kottelati* (Teleostei, Cyprinidae), *Cytologia*, 84 (4), 331-334.

Ayata, M. K., 2020, Comparative cytogenetics of two *Squalius* Bonaparte, 1837 species (Cypriniformes: Leuciscidae), *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 1-6.

Aydın, D. Ö. ve Mustafa, K., 2001, Kızılırmak (Kayseri – Türkiye)'ta yaşayan *Carassius auratus* (L., 1758)'un karyotipi *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21 (3), 33-37.

Balbiani, É. G., 1876, Sur les phénomènes de la division du noyau cellulaire, *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie desSciences*, 83, 4-831.

Barcia, J. J., 2007, The Giemsa stain: its history and applications, *International Journal of Surgical Pathology*, 15 (3), 292-296.

Battalgazi, F., 1944, Türkiye'de yeni ve az tanınmış balıklar (Poissons nouveaux et peu connus de la Turquie), *Revue de la Faculté des Sciences de l'Université d'Instanbul, Série B: Sciences Naturelles*, 9 (4), 299-305.

Battalgil, F., 1941, Türkiye'nin tatlısu balıkları (Les poissons des eaux douces de la Turquie), *Revue de la Faculté des Sciences de l'Université d'Istanbul, Série B, Sciences Naturelles*, 6 (1-2), 170-186.

Battalgil, F., 1942, Türkiye tatlısu balıkları hakkında (Contribution à la connaissance des poissons des eaux douces de la Turquie), *Revue de la Faculte des Sciences de l'Üniversite d'İstanbul Série B: Sciences Naturelles*, 7, 287-306.

Battalgil, F., 1944, Türkiye'de yeni tatlı su balıkları (Nouveau poissons des eaux douces de la Turquie), *Revue de la Faculté des Sciences de l'Université d'Instanbul, Série B: Sciences Naturelles*, 9, 126-133.

Berberovic, L. ve Sofradzija, A., 1974, Basic data about diploid chromosome complement of *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae: Pisces), *Bull. Sci.*, 19, 5-6.

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, 274-278.

Birecikligil, S. S., Frick, R. ve Çiçek, E., 2017, First record and distribution of *Alburnus qalilus* Krupp, 1992 (Teleostei: Cyprinidae) in Turkey, *International Journal of Aquatic Biology*, 5 (1), 47-51.

Blasco, M. A., 2005, Telomeres and human disease: ageing, cancer and beyond, *Nature Reviews Genetics*, 6 (8), 611-622.

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.

Bogutskaya, N. G., Küçük, F. ve Ünlü, E., 2000, *Alburnus baliki*, a new species of cyprinid fish from the Manavgat River system, Turkey, *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 11 (1), 55-64.

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., Jankun, M. ve Kusznierz, J., 1997, Chromosome study of swamp minnow *Eupallasella percnurus* (Dybowski, 1916) from Poland, *Caryologia*, 50 (1), 85-90.

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.

Bozhko, S., 1976, Karyological examinations for four species of Cyprinidae from Hungary, *Acta Biol. Debrecina*, 13, 237-254.

Brown, S. W., 1966, Heterochromatin, *Science*, 151, 417-425.

Burkholder, G. D. ve Duczek, L. L., 1982, The effect of the chromosome banding techniques on the histone and nonhistone proteins of isolated chromatin, *Canadian Journal of Biochemistry*, 60, 328-337.

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.

Chowdhury, M. R. ve Dubey, S., 2014, Animal biotechnology, In: Chapter 24- Role of cytogenetics and molecular genetics in human health and medicine, Eds: Verma, A. S. ve Singh, A.: *Elsevier*, p. 451-472.

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.

Çiçek, E., Frıcke, R., Sungur, S. ve Eagderı, S., 2018, Endemic freshwater fishes of Turkey, *FishTaxa*, 3 (4), 1-39.

Coad, B. W., 2006, Endemicity in the freshwater fishes of Iran, *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 1 (1), 1-13.

Çolak, A., Sezgin, İ. ve Süngü, S., 1985, Sazangiller familyasına (Cyprinidae) ait beni balığında (*Cyprinion macrostomum* Heckel, 1843) kromozomal araştırmalar, *Doğa Türk Biyoloji Dergisi*, 9, 193-195.

Collares-Pereira, M., 1992, In vivo direct chromosome preparation (protocol for air drying technique), *First International Workshop on Fish Cytogenetic Techniques. 14–24 September, Concarneau, France*.

Collares-Pereira, M. J. ve Ráb, P., 1999, NOR polymorphism in the Iberian species *Chondrostoma lusitanicum* (Pisces: Cyprinidae)–re-examination by FISH, *Genetica*, 105 (3), 301-303.

Comings, D. ve Avelino, E., 1975, Mechanisms of chromosome banding. VII. Interaction of methylene blue with DNA and chromatin, *Chromosoma*, 51 (4), 365-379.

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

Cucchi, C. ve Baruffaldi, A., 1990, A new method for karyological studies in teleost fishes, *Journal of Fish Biology*, 37 (1), 71-75.

Dai, Y. ve Han, H., 2018, Karyological analysis of two species in the subfamily Schizothoracinae (Cypriniformes: Cyprinidae) from China, with notes on karyotype evolution in Schizothoracinae, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18 (1), 175-186.

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*.

Disbrey, B. D. ve Rack, J. H., 1970, Histological laboratory methods, *Livingstone, Edinburgh*, p. 414.

Dolan, M., 2011, The role of the Giemsa stain in cytogenetics, *Biotechnic & Histochemistry*, 86 (2), 94-97.

Donate, L. E. ve Blasco, M. A., 2011, Telomeres in cancer and ageing, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366, 76-84.

Doori, A. S. J., 2019, Ilgın (Çavuşçu) Gölü'ndeki endemik Akşehir Tatlısu Kefali, *Squalius recurvirostris* (Pisces, Cyprinidae)' in sitogenetik analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya*, 59.

Elp, M., Şen, F. ve Özuluğ, M., 2015, *Alburnus selcuklui*, a new species of cyprinid fish from east Anatolia, Turkey (Teleostei: Cyprinidae), *Turkish Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 15, 181-186.

Emiroğlu, Ü. ve Bürün, B., 2017, Kromozomlar temel kavramlar ve mekanizmalar, *Ege Üniversitesi Yayınları*, p. 1-426.

Ergene, S., Kuru, M. ve Çavaş, T., 1998, Karyological analysis of *Barbus plebejus lacerta* (Heckel, 1843), *II. Uluslararası Kızılırmak Fen Bilimleri Kongresi, 20-22 Mayıs, Kırıkkale*, p: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.

Eschmeyer, W. N., Fricke, R. ve Van der Laan, R., 2017, Catalog of fishes: genera, species, references (eds.) <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>, [Electronic version accessed: 10.06.2019].

Esmaeili, H. ve Piravar, Z., 2007, Karyotype analysis of *Garra rufa* (Heckel, 1843)(Actinopterygii: Cyprinidae) in Fars province, *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 16 (3).

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.

Eylem Planı, T., 2015, Anadolu İncibalığı (*Alburnus nasreddini*) tür eylem planı (http://bölge5.ormansu.gov.tr), [Erişim Tarihi: 10.01.2020].

Finch, J. ve Klug, A., 1976, Solenoidal model for superstructure in chromatin, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 73 (6), 1897-1901.

Fišter, S., 2000, Analysis of karyotype and frequency of structural changes of breaks and gaps in fish of the species: *Scardinius erythrophthalmus* L., *Veterinarski Glasnik*, 54 (3/4), 107-116.

Foe, V., Forrest, H., Wilkinson, L. ve Laird, C., 1982, lnsect ultrastructure volume 1, In: Morphological analysis of transcription in insect embryos, Eds: King, R. C. ve Akai, H., *Springer, New York (USA)*, p. 222-246.

Fontana, F., Chiarelli, B. ve Rossi, A., 1970, Some new data on the number of chromosomes of teleost fish obtained by means of tissue culture in vitro, *Experientia*, 26, 1021.

Fontana, F., Lanfredi, M., Congiu, L., Leis, M., Chicca, M. ve Rossi, R., 2003, Chromosomal mapping of 18S 28S and 5S rRNA genes by two-colour fluorescent in situ hybridization in six sturgeon species, *Genome*, 46 (3), 473-477.

Freyhof, J. ve Kottelat, M., 2007, *Alburnus vistonicus*, a new species of shemaya from eastern Greece, with remarks on *Chalcalburnus chalcoides macedonicus* from Lake Volvi (Teleostei: Cyprinidae), *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 18, 205-212.

Freyhof, J., Ekmekçi, F. G., Ali, A., Khamees, N. R., Özuluğ, M., Hamidan, N., Küçük, F. ve Smith, K. G., 2014, Freshwater fishes, In: The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in the Eastern Mediterranean Eds: *Cambridge, UK, Malaga, Spain and Gland, Switzerland: IUCN. xiv+132pp*, p. 19-42.

Freyhof, J. ve Turan, D., 2019, *Alburnus magnificus*, a new species of bleak from the Orontes River drainage (Teleostei: Leuciscidae), *Zootaxa*, 4559 (2), 373-383.

Fricke, R., Bilecenoğlu, M. ve Sarı, H. M., 2007, Annotated checklist of fish and lamprey species (Gnathostomata and Petromyzontomorphi) of Turkey, including a red List of threatened and declining species,, *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*, 706, 1-169.

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. ve Yüksel, E., 2004, *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843 (Pisces: Cyprinidae)'un karyotip analizi, *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5 (2).

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. ve Yüksel, E., 2009, Constitutive heterochromatin in *Acanthobrama marmid* and *Cyprinion macrostomus* (Osteichthyes, Cyprinidae), *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg*, 15 (2), 169-172.

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, Chromosomal analysis of *Pseudophoxinus elizavetae* Bogutskaya, Kucuk and Atalay, 2007 (Teleostei, Cyprinidae) from Anatolia. *FABA2014: International Symposium on Fisheries and Aquatic Science; 25–27 September; Trabzon*.

Geldiay, R. ve Balık, S., 2009, Türkiye tatlısu balıkları (6. baskı), *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:46, Bornova, İzmir*, p. 1-644.

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.

Gersen, S. L., 2005, History of clinical cytogenetics, Section I: 3-8, In: DNA, chromosomes, and cell division, Eds, *SL Gersen and MB Keagle, Human press ınc., Totowa, NJ*, p. 596.

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

Gold, J., Amemiya, C. ve Ellison, J., 1986, Chromosomal heterochromatin differentiation in North American cyprinid fishes, *Cytologia*, 51, 557-566.

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, 563-575.

Gold, J. R., 1974, A fast and easy method for chromosome karyotyping in adult teleosts, *The Progressive Fish-Culturist*, 36 (3), 169-171.

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, 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.

Gromicho, M. ve Collares-Pereira, M. J., 2004, Polymorphism of major ribosomal gene chromosomal sites (NOR-phenotypes) in the hybridogenetic fish *Squalius alburnoides* complex (Cyprinidae) assessed through crossing experiments, *Genetica*, 122 (3), 291-302.

Gül, S., Çolak, A. ve Sezgin, İ., 2000, Gümüş Balığı'nda (*Chalcalburnus mossulensis* Heckel, 1843) karyotip analizi, *Turkish Journal of Biology*, 24, 657-662.

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.

Gül, S., Nur, G. ve Baysal, A., 2006, Karyotype analysis of *Alburnus filippii*, *Indian Veterinary Journal*, 83, 102-103.

Gülle, İ., Küçük, F. ve Güçlü, S. S., 2017, Re-description and new distribution area of an endemic anatolian fish species, *Alburnus nasreddini* Battalgil, 1944, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17 (5), 863-869.

Hafez, R., Labat, R. ve Quiller, R., 1978, Aneuploidie observee chez les populations de gardons (*Rutilus rutilus* L.) et d'ablettes (*Alburnus alburnus* L.) de la region Midi-Pyrenees, *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 114 (1-2), 85-92.

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 idiogramı, *Turk J Vet Anim Sci*, 28, 143-147.

Heitz, E., 1928, Das Heterochromatin der Moose, *Jahrb. Wiss. Bot.*, 69, 762-818.

Heitz, E., 1931, Die Ursache der gesetzm~iBigen Zahl, Lage, Form und Gr6f~e pflanzlicher Nucleolen, *Planta*, 12, 775-884.

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.

Hsu, T., 1975, A possible function of constitutive heterochromatin: the bodyguard hypothesis, *Genetics*, 79, 137-150.

Iannuzzi, L., 2007, Cytogenetics in animal production, *Italian Journal of Animal Science*, 6 (1), 23-28.

Imoto, J. M., Saitoh, K., Sasaki, T., Yonezawa, T., Adachi, J., Kartavtsev, Y. P., Miya, M., Nishida, M. ve Hanzawa, N., 2013, Phylogeny and biogeography of highly diverged freshwater fish species (Leuciscinae, Cyprinidae, Teleostei) inferred from mitochondrial genome analysis, *Gene*, 514, 112-124.

IUCN, 2020, https://www.iucnredlist.org/species/19018610/19222793, [Erişim Tarihi: 08.01.2020].

Kalous, L., DoaDrIo, I., Rábová, M. ve Ráb, P., 2008, Note on the karyotype and NOR phenotype of the cyprinid fish *Parachondrostoma arrigonis*, *Cybium*, 32 (3), 211-215.

Kalous, L. ve Knytl, M., 2011, Karyotype diversity of the offspring resulting from reproduction experiment between diploid male and triploid female of silver Prussian carp, *Carassius gibelio* (Cyprinidae, Actinopterygii), *Folia Zoologica*, 60 (2), 115-122.

Kannan, T. P. ve Zilfalil, B. A., 2009, Cytogenetics: past, present and future, *The Malaysian Journal of Medical Sciences: MJMS*, 16 (2), 4-9.

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.

Kaya, F., 2009, Göksu Nehri'nde yaşayan bazı ekonomik balıkların karyolojilerinin incelenmesi, Doktora Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin*, 118.

Khosravanizadeh, A., Pourkazemi, M. 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.

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.

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*, 71.

Kılıç Demirok, N. ve Ünlü, E., 2001, Karyotypes of cyprinid fish *Capoeta trutta* and *Capoeta capoeta umbla* (Cyprinidae) from the Tigris River, *Turkish Journal of Zoology*, 25, 389-393.

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

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.

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

Klug, W., Cummings, M., Spencer, C. ve Palladino, M., 2011, Concepts of genetic (Tenth edition), *Benjamin Cummings*, p. 895.

Knoch, T. A., 2002, Approaching the three-dimensional organization of the human genome: structural-, scaling-and dynamic properties in the simulation of interphase chromosomes and cell nuclei, long-range correlations in complete genomes, in vivo quantification of the chromat, *Mannheim (Germany), TAK Press*, p. 282.

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

Kobayasi, H., Kawashima, Y. ve Takeuchi, N., 1970, Comparative chromosome studies in the genus *Carassius*, especially with a finding of polyploidy in the ginbuna (*C. auratus langsdorfii*) (Teleostei: Cyprinidae), *Japanese Journal of Ichthyology*, 17, 153-160.

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.

Köle, M. M., Ataol, M. ve Erkal, T., 2016, Eber ve Akşehir Gölleri'nde 1990 – 2016 yılları arasında gerçekleşen alansal değişimler. *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*. *13-14 Ekim 2016, Ankara***:** p.859-872.

Kumar, R., Baisvar, V. S., Kushwaha, B., Waikhom, G., Thoidingjam, L. ve Singh, S. S., 2019, Cytogenetic studies in *Glossogobius giuris* (Hamilton, 1822) hhrough NOR-staining and FISH, *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 1-6.

Kuru, M., 1980, A new fish species from Lake Van (Cyprinidae)(Description), *Hacettepe Bulletin of Natural Science and Engineering: a bulletin published by Hacettepe University, Faculty of Science*, 9, 97-102.

Kuru, M., 2004, Türkiye içsu balıklarının son sistematik durumu, *GÜ Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24 (3), 1-21.

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).

Lawce, H. J., 2017, Chromosome stains, In: The AGT cytogenetics laboratory manual, Eds: Arsham, M. S., Barch, M. J. ve Lawce, H. J.: *Fourth edition. | Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons Inc*, p. 231-299.

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.

Lieder, U., 1954, Chromosomenstudien an Knochenfischen. II. Über die Chromosomenzahl and Morphologie der Plötze (*Leuciscus rutilus* L.) und einiger ihrer Bastarde mit anderen Cypriniden, *Z. Fischerei Hilfswiss*, 3, 479-488.

Liu, L., 1980, The karyotype of the grass-carp, *Ctenopharyngodon idella*, *Acta Zoologica Sinica*, 26 (2), 126-131.

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.

Luger, K., Mäder, A. W., Richmond, R. K., Sargent, D. F. ve Richmond, T. J., 1997, Crystal structure of the nucleosome core particle at 2.8 Å resolution, *Nature*, 389 (6648), 251-260.

Macgregor, H. C. ve Varley, J. M., 1983, Working with animal chromosomes (second edition), *Wiley*, p. 1-250.

Mangıt, F., Korkmaz, M., Sü, U. ve Yerli, S. V., 2017, Actual status of Eber Lake in terms of fish community structure, *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research (LimnoFis)*, 3 (2), 101-106.

Mangıt, F. ve Yerli, S., 2018, Systematic evaluation of the genus *Alburnus* (Cyprinidae) with description of a new species, *Hydrobiologia*, 807 (1), 297-312.

Martins, C. ve Galetti, P. M., 2001, Organization of 5S rDNA in species of the fish *Leporinus*: two different genomic locations are characterized by distinct nontranscribed spacers, *Genome*, 44, 903-910.

Matsukuma, S. ve Utakoji, T., 1977, Non-histone protein associated with centromeric heterochromatin in the mouse chromosome, *Experimental Cell Research*, 105, 217-222.

Mayden, R. L., Chen, W.-J., Bart, H. L., Doosey, M. H., Simons, A. M., Tang, K. L., Wood, R. M., Agnew, M. K., Yang, L. ve Hirt, M. V., 2009, Reconstructing the phylogenetic relationships of the earth's most diverse clade of freshwater fishes—order Cypriniformes (Actinopterygii: Ostariophysi): a case study using multiple nuclear loci and the mitochondrial genome, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 51, 500-514.

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.

McGhee, J. D. ve Felsenfeld, G., 1980, Nucleosome structure, *Annual Review of Biochemistry*, 49, 1115-1156.

Meszaros, B. ve Kato, I., 1976, A halak evolucio´ja a kariolo´gia tükreben, *Acta Biol Debrecina*, 13, 255-274.

Monteiro, R., Carvalho, C. ve Collares-Pereira, M. J., 2009, Karyotype and genome size of *Iberochondrostoma almacai* (Teleostei, Cyprinidae) and comparison with the sister-species I. lusitanicum, *Genetics and Molecular Biology*, 32 (2), 268-275.

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.

Naran, D., 1997, Cytogenetic studies of *Pseudobarbus* and selected *Barbus* (Pisces: Cyprinidae) of southern Africa, MSc. Thesis, *Rhodes University, Grahamstow*.

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.

Nasri, M., Keivany, Y. ve Dorafshan, S., 2015, Karyological analysis of *Cyprinion macrostomum* Heckel, 1843, from Godarkhosh River, Ilam Province, Iran, *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 14 (3), 786-796.

Nazari, S., Pourkazemi, M. ve Porto, R., 2009, 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., 2016, Fishes of the world, *Fifth edition.* | *Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, 2016*, p. 651.

Netto, M. R. d. C. B., Pauls, E. ve de Mello Affonso, P. R. A., 2007, A standard protocol for obtaining fish chromosomes under post-mortem conditions, *Micron*, 38, 214-217.

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.

Nishibuchi, G. ve Déjardin, J., 2017, The molecular basis of the organization of repetitive DNA-containing constitutive heterochromatin in mammals, *Chromosome Research*, 25 (1), 77-87.

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.

O'Connor, C., 2008, Karyotyping for chromosomal abnormalities, *Nature Education*, 1, 27.

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

Ojima, Y., Hitotsumachi, S. ve Makino, S., 1966, Cytogenetic studies in lower vertebrates. I, *Proceedings of the Japan Academy*, 42 (1), 62-66.

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.

Ojima, Y. ve Takai, A., 1981, A karyotype study of Colored-Carp (*Cyprinus carpio*), *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 57 (1), 7-12.

Özuluğ, M. ve Freyhof, J., 2007, Rediagnosis of four species of *Alburnus* from Turkey and description of two new species (Teleostei: Cyprinidae), *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 18 (3), 233-246.

Özuluğ, M. ve Freyhof, J., 2008a, *Alburnus demiri*, a new species of bleak from Western Anatolia, Turkey (Teleostei: Cyprinidae), *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 18 (4), 307-312.

Özuluğ, M., Geiger, M. F. ve Freyhof, J., 2018, *Alburnus goekhani*, a new species of bleak from the Anatolian Black Sea basin (Teleostei: Leuciscidae), *Zootaxa*, 4425 (1), 29-40.

Özyurt, İ. ve Tanatmış, M., 2011, Akşehir (Konya-Afyon) ve Eber (Afyon) gölleri havzalarının Ephemeroptera (Insecta) limnofaunası, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8 (1), 29-39.

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

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, PhD Thesis, *Gazi University Institute of Science, Ankara*, 69.

Pekol, S. ve Arslan, O., 2014, *Squalius cephalus* (L., 1758)'un Nor fenotipi ve sucul ortam ekotoksikolojik çalışmalar açısından değerlendirilmesi (Kastamonu Beyler Barajı Populasyonu), *Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 2, 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.

Pereira, C., Neto, A. ve Collares-Pereira, M. J., 2009, Cytogenetic survey of species of two distinct genera of Iberian nases (Cyprinidae, Leuciscinae) that hybridize extensively in nature. I. Evidence of a similar and conserved chromosome pattern with some few species-specific markers at macro-structural level, *Genetica*, 137, 285-291.

Pergament, D. ve Fiddler, M., 1998, The Location of the centromere, *The Genetics of Cancer, New Yorks*.

Pfitzner, W., 1882, Über den feineren bau der bei der zelltheilung auftretenden fadenförmigen differnzierung des zellkerns, *Morphologisches Jahrbuch*, 7, 289-311.

Phillips, R. ve Rab, P., 2001, Chromosome evolution in the Salmonidae (Pisces): an update, *Biological Reviews*, 76 (1), 1-25.

Politz, J. C. R., Scalzo, D. ve Groudine, M., 2013, Something silent this way forms: the functional organization of the repressive nuclear compartment, *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 29, 241-270.

Pouralı, D. S., Bazyar, L. A. ve Hasanzadeh, K. B., 2006, A karyological study of *Barbus capito*, *Barbus mursa* and two populations of *Capoeta capoeta* from Northern Iran, *Iranian Journal of Natural Resources*, 58 (4), 831-842.

Pourkazemi, M., Nazari, S. ve Bakhsh, A. S., 2010, Karyotype analysis in white bream (*Blicca bjoerkna transcaucasica*) from north coast of Iran, *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9 (3), 454-463.

Ráb, 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. ve Collares-Pereira, M., 1995, Chromosomes of european cyprinid fishes (Cyprinidae, Cypriniformes), *Folia Zoologica*, 44, 193-214.

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.

Ráb, P., Rábová, M., Pereira, C. S., Collares-Pereira, M. J. ve Pelikánová, Š., 2008, Chromosome studies of European cyprinid fishes: interspecific homology of leuciscine cytotaxonomic marker—the largest subtelocentric chromosome pair as revealed by cross-species painting, *Chromosome Research*, 16, 863-873.

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.

Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V. ve Jackson, R. B., 2013, Campell biyoloji (dokuzuncu baskıdan çeviri), *Palme Yayıncılık*, p. 1-1263.

Rodrigues, E. ve Collares-Pereira, M. J., 1996, NOR polymorphism in the Iberian species *Chondrostoma lusitanicum* (Pisces: Cyprinidae), *Genetica*, 98 (1), 59-63.

Rossi, A. R., Milana, V., Hett, A. K. ve Tancioni, L., 2012, Molecular cytogenetic analysis of the Appenine endemic cyprinid fish *Squalius lucumonis* and

three other Italian leuciscines using chromosome banding and FISH with rDNA probes, *Genetica*, 140 (10-12), 469-476.

Rudek, Z., 1974, Karyological investigations of two forms of *Vimba vimba* (Linnaeus 1758) occurring in Poland, *Folia Biologica*, 22 (2), 211-215.

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

Sağsöz, S., 1991, Sitogenetik, *Atatürk Üniversitesi Yayınları No:703*, p. 1-178.

Saitoh, K., Sado, T., Mayden, R., Hanzawa, N., Nakamura, K., Nishida, M. ve Miya, M., 2006, Mitogenomic evolution and interrelationships of the Cypriniformes (Actinopterygii: Ostariophysi): the first evidence toward resolution of higher-level relationships of the world's largest freshwater fish clade based on 59 whole mitogenome sequences, *Journal of Molecular Evolution*, 63, 826-841.

Saitoh, K., Sado, T., Doosey, M. H., Bart Jr, H. L., Inoue, J. G., Nishida, M., Mayden, R. L. ve Miya, M., 2011, Evidence from mitochondrial genomics supports the lower Mesozoic of South Asia as the time and place of basal divergence of cypriniform fishes (Actinopterygii: Ostariophysi), *Zoological Journal of the Linnean Society*, 161, 633-662.

Schmid, M., Ziegler, C., Steinlein, C., Nanda, I. ve Schartl, M., 2006, Cytogenetics of the bleak (*Alburnus alburnus*), with special emphasis on the B chromosomes, *Chromosome Research*, 14 (3), 231-242.

Schulz-Schaeffer, J., 2012, Cytogenetics: plants, animals, humans, *Springer-Verlag New York Heidelberg Berlin*, p. 1-445.

Şen, F., Paruğ, Ş. Ş. ve Elp, M., 2015, İnci kefali'nin (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814) dünü, bugünü ve geleceği üzerine projeksiyonlar, *YYU J AGR SCI*, 25 (3), 347-356.

Shams, F., Dyer, F., Thompson, R., Duncan, R. P., Thiem, J. D., Majtánová, Z. ve Ezaz, T., 2019, Karyotypes and sex chromosomes in two australian native freshwater fishes, Golden Perch (*Macquaria ambigua*) and Murray Cod (*Maccullochella peelii*)(Percichthyidae), *International Journal of Molecular Sciences*, 20 (17), 4244.

Sheval, E. V. ve Polyakov, V. Y., 2006, Visualization of the chromosome scaffold and intermediates of loop domain compaction in extracted mitotic cells, *Cell Biology International*, 30 (12), 1028-1040.

Shiue, C.-N., Arabi, A. ve Wright, A. P., 2010, Nucleolar organization, growth control and cancer, *Epigenetics*, 5 (3), 200-205.

Singh, R., 2003, Plant cytogenetic (2nd. Ed.), *CRC Press., Boca Raton, London, New York, Washington DC*, p. 463.

Sofradzija, A., 1975, Basic data about the chromosome complement of *Rhodeus sericeus amarus* (Bloch 1782), Cyprinidae, Pisces, *Bulletin Scientifique. Cons. Acad. Sci. et Arts RSFY A*, 20, 1-2.

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.

Sofradzija, A., Berberovic, L. ve Hadziselimovic, R., 1978, [Hromosomske garniture karaša (*Carassius carassius*) i babuške (*Carassius auratus gibelio*)] chromosome sets of *Carassius carassius* and *Carassius auratus gibelio*, *Ichthyologia*, 10 (1), 135-148.

Steindachner, F., 1863, Ueber eine neue *Alburnus*-Art aus Syrien, *Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien*, 48 193-194.

Steindachner, F., 1897, Bericht über die von Dr. Escherich in der Umgebung von Angora gesammelten Fische und Reptilien, *Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien Mathematisch-Naturwissenschaftliche*, 64, 685-699.

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

Thankam, F. G., Boosani, C. S., Dilisio, M. F. ve Agrawal, D. K., 2019, Epigenetic mechanisms and implications in tendon inflammation, *International Journal of Molecular Medicine*, 43, 3-14.

Topaktaş, M. ve Rencüzoğulları, E., 2010, Sitogenetik (2. Baskı), *Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti., Ankara*, p. 1-176.

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.

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., 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. 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.

Valić, D., Kapetanović, D., Zanella, D., Mrakovčić, M., Teskeredžić, E., Besendorfer, V., Rábová, M. ve Ráb, P., 2010, The karyotype and NOR phenotype of *Telestes ukliva* (Cyprinidae), *Folia Zoologica*, 59 (2), 169-173.

Vasil'yev, V., 1980, Chromosome numbers in fish-like vertebrates and fish, *Journal of Ichthyology*, 20 (3), 1-38.

Vasilev, V. ve Vasileva, E., 1985, [Золотой карась, *Carassius carassius* - диплоидный или тетраплоидный вид?] Does *Carassius carassius* belong to the diploid or tetraploid species?, *Doklady Akademii nauk SSSR*, 283 (1), 228-230.

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), 627-634.

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.

Waldeyer, W., 1888, Über Karyokineze und ihre Beziehung zu den Befruchtungsvorgängen, *Arch. f. Mikr. Anat.*, 32 (1).

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.

Watson, J. D. ve Crick, F. H., 1953, Molecular structure of nucleic acids, *Nature*, 171 (4356), 737-738.

Winfield, I. J. ve Nelson, J. S., 2012, Cyprinid fishes: systematics, biology and exploitation, *Springer Science & Business Media (e-book)***:** 1-667.

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

Woodcock, C. L. ve Ghosh, R. P., 2010, Chromatin higher-order structure and dynamics, *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2, a000596.

Worton, R. G. ve Duff, C., 1979, Karyotyping, In: Methods in enzymology, Eds: *Elsevier*, p. 322-344.

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.

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.

Zaleśna, A., Florek, M., Rybacki, M. ve Ogielska, M., 2017, Variability of NOR patterns in European water frogs of different genome composition and ploidy level, *Comparative Cytogenetics*, 11 (2), 249-266.

Zatsepina, O., Polyakov, V. Y. ve Chentsov, Y. S., 1983, Chromonema and chromomere, *Chromosoma*, 88 (2), 91-97.

Zhang, R. ve Adams, P. D., 2007, Heterochromatin and its relationship to cell senescence and cancer therapy, *Cell Cycle*, 6 (7), 784-789.

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

Ziegler, C., Lamatsch, D., Steinlein, C., Engel, W., Schartl, M. ve Schmid, M., 2003, The giant B chromosome of the cyprinid fish *Alburnus alburnus* harbours a retrotransposon-derived repetitive DNA sequence, *Chromosome Research*, 11 (1), 23-35.

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	**:**	Zafer Alpaslan
Uyruğu	**:**	Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Ilgın / 19.01.1993
Telefon	**:**	
Faks	**:**	
e-mail	**:**	zfralpaslan@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Selçuklu Bosna Hersek Lisesi / Konya	2011
Üniversite	:	Necmettin Erbakan Üniversitesi / Konya	2017
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü	2020
Doktora	:		

UZMANLIK ALANI: Memeli Hayvanların Karyolojisi, Balıklarda Karyoloji

YABANCI DİLLER: İngilizce

YÜKSEK LİSANS DERSLERİ: Omurgalılarda Hareket Mekanizasyonu, Deney İçin Hayvanların Kullanımı, Hayvanlarda Göç Organizasyonu, Omurgasız Hayvanların Endokrinolojisi, Memeli Hayvanlarda Sitogenetik, Memeli Hayvanların Biyolojisi ve Ekolojisi, Genotiplendirme, Bilimsel Araştırma Teknikleri ve Yayın Etiği, Zehirli Hayvanlar ve Zehirleri

SEMİNER: Türkiye'deki Sazangiller (Cyprinidae) Familyası

YAYINLAR VE BİLDİRİLER

1-) Arslan, A. ve **Alpaslan, Z.**, 2018, Karyological characteristics of Pike, *Esox lucius* (Esociformes) in Anatolia. 1st International Symposium on Graduate Research in Science Focus on Entrepreneurship and Innovation (ISGRS 2018), October 4-6, 2018, İstanbul: p.123. (**Poster Presentation**)

2-) Arslan, A., **Alpaslan, Z.** ve Doori, A. S. J., 2019, Karyological review of belonging to the some cyprinid genera (*Alburnus*, *Squalius*, *Phoxinus*, *Barbus*, *Capoeta* and *Chondrostoma*) species in Turkey and other countries I. International Turkic World Congress on Science and Engineering, 17-18 June 2019, Niğde - Turkey**:** p.153-161. (**Oral Presentation**)

3-) Arslan, A., **Alpaslan, Z.** ve Doori, A. S. J., 2019, Karyological review of belonging to the some cyprinid genera (*Alburnoides*, *Acanthobrama*, *Blicca*, *Carasobarbus*, *Pseudophoxinus*, *Tinca* and *Vimba*) species in Turkey and other countries II. International Turkic World Congress on Science and Engineering, 17-18 June 2019, Niğde - Turkey**:** p.264. (**Poster Presentation**)

4-) Arslan, A., Doori, A. S. J. ve **Alpaslan, Z.**, 2019, Karyological review of belonging to the some cyprinid genera (*Cyprinus*, *Carassius*, *Ctenopharyngodon* ve *Garra*) species in Turkey and other countries III. International Turkic World Congress on Science and Engineering, 17-18 June 2019, Niğde - Turkey**:** p.146-152. (**Oral Presentation**)

5-) Arslan, A., Doori, A. S. J. ve **Alpaslan, Z.**, 2019, Karyological review of belonging to the some cyprinid genera (*Leucaspius*, *Leuciscus*, *Luciobarbus*, *Petroleuciscus*, *Pseudorasbora*, *Rhodeus*, *Rutilus* ve *Scardinius*) species in Turkey and other countries IV. International Turkic World Congress on Science and Engineering, 17-18 June 2019, Niğde - Turkey**:** p.263. (**Poster Presentation**)